АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО

Брой 6

юли 2024 г.



Издателство на ТУ-София

ISSN: 2682-9584

МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ „АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО”

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ
ПРЕДСЕДАТЕЛ:
доц. д-р инж. Ренета Димитрова – Р-л кат. АДП
НАУЧЕН СЕКРЕТАР:
доц. д-р инж. Стилиян Николов – Декан МФ
ЧЛЕНОВЕ:
проф. дн Иво Малаков - АДП, ТУ-София
проф. д-р Панчо Томов - АДП, ТУ-София
проф. д-р Младен Милушев - АДП, ТУ-София
проф. д-р Пламен Петров - АДП, ТУ-София
доц. д-р Ваня Георгиева - АДП, ТУ-София
доц. д-р Татяна Андонова-Вакарелска - ТКС, ТУ-София
доц. д-р Михаела Топалова - ИПФ, ТУ-София

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ
ПРЕДСЕДАТЕЛ: проф. дн инж. Иво Малаков
ЧЛЕНОВЕ:
проф. дн Иван Кралов - ТУ - София
проф. д-р Любомир Димитров - ТУ - София
проф. д-р Тодор Нешков - ТУ - София
проф. д-р Димитър Дамянов - ТУ - София
проф. д-р Стефан Къртунов - ТУ - Габрово
проф. дн Васил Костадинов - РУ "Ангел Кънчев"
проф. дн Христо Шехтов - ЛТУ
проф. д-р Роман Захариев - БАН
проф. д-р Сийка Демирова - ТУ - Варна
проф. д-р Властимир Николич - Нишки университет
проф. д-р Хоакин Франциско Рока Гонзалез - Политехнически университет - Картаген
проф. д-р Шабан Буза - Университет Прищина
проф. д-р Раме Ликай - Университет Прищина
проф. д-р Уве Фюсел - ТУ - Дрезден
проф. д-р Каха Деметрашвили - ТУ - Тбилиси
проф. д-р Петр Лоуда - ТУ - Либерец
проф. д-р Симеон Симеонов - ТУ - Брно
проф. д-р Ненад Павлович - Нишки университет
проф. д-р Виктор Гавриловски - Университет Скопие
проф. д-р Александър Марковски - Университет Битоля
проф. д-р Александър Михайлов - Донецки университет
проф. д-р Николай Стоименов - БАН
доц. д-р Селахатин Косуналп - Йоркски университет
доц. дн Марина Черпинска - ТУ - Рига
доц. д-р Дан Стан - ТУ - Ключ-Напока
доц. д-р Овидиу Петру Стан - ТУ - Ключ-Напока
доц. д-р Милош Симонович - Нишки университет
доц. д-р Катерина Чернякова - Държавен изследователски институт Вилнюс
доц. д-р Игор Врублевский - Беларуски държавен университет

СЕКРЕТАРИАТ
гл. ас. д-р Слав Димитров - АДП, ТУ-София
гл. ас. д-р Велизар Захаринов - АДП, ТУ-София
гл. ас. д-р Боян Бахчеванов - АДП, ТУ-София
ас. д-р Димитър Тотев - АДП, ТУ-София

Тридесет и трета международна научно-техническа конференция „Автоматизация на дискретното производство” (АДП 2024) се провежда от 27 юни до 30 юни 2024 г. в УСОБ на ТУ-София, база „Лазур“ - Созопол в рамките на Дните на науката на ТУ-София.

За конференцията са депозирани и приети от програмния комитет 39 доклада от 71 автора, работещи в областта на автоматизацията на дискретните производствени процеси.

Представените доклади са в девет научни направления както следва:

1. Теоретични проблеми на автоматизацията на дискретното производство – 1 бр.
2. Технологии и машини за автоматизираното дискретно производство – 1 бр.
3. Автоматизиране потока на детайлите – 5 бр.
4. Промишлени роботи и роботизирани комплекси – 4 бр.
5. Автоматизация на монтажа – 2 бр.
6. Мехатроника – 12 бр.
7. Системи за управление в дискретното производство – 3 бр.
8. Иновации и инженеринг на автоматизираното дискретно производство – 9 бр.
9. CAD/CAM/CAE системи и виртуално инженерство – 1 бр.

Организационният комитет благодари на всички участници в конференцията за своевременното депозиране на научните доклади и спазването на изискванията за тяхното оформяне.

Организационният комитет благодари на НИС при ТУ-София и на фирмите „ВАНИКО” ООД – Благоевград и “КМС Инженеринг” ООД – Пловдив за финансовото подпомагане провеждането на конференцията.

Предпечатната подготовка на докладите от XXXIII МНТК “Автоматизация на дискретното производство” (АДП 2024) и списанието е извършена от доц. д-р инж. Ренета Димитрова.

За контакти:

катедра АДП на МФ при ТУ – София, бул. “Кл. Охридски” №8
тел.: (02) 965-38-46, 0895 590 330, e-mail: adp-konf@tu-sofia.bg

ISSN 2682-9584

СЪДЪРЖАНИЕ:

I.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 1 "ТЕОРЕТИЧНИ ПРОБЛЕМИ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО"

Afrim Gjelaj, Besart Berisha, Xhevahir Bajrami, Rifat Krasniqi, Haxhi Dacaj, Drilon Beqiri, *DISCRETE MANUFACTURING AND SURFACE ROUGHNESS BY TURNING OPERATION*..... *3*

II.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 2 "ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО

Granit Arifaj, Ramë Likaj, Besart Berisha, Afrim Gjelaj, Haxhi Dacaj, *PRODUCT DESIGN AND MEASURING PRODUCTION PRODUCTIVITY WITH CONVENTIONAL AND CNC MACHINES* *8*

III.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 3 "АВТОМАТИЗИРАНЕ ПОТОКА НА ДЕТАЙЛИТЕ"

Пенко Митев, Милчо Ташев, *РАЗРАБОТКА НА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА ЗА КАШОНИ* *13*

Пенко Митев, *ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА ОРИЕНТИРАНЕ И ОТСИЧАНЕ НА МЕТАЛНИ ВТУЛКИ*..... *17*

Пенко Митев, *СИСТЕМА ЗА АВТОМАТИЧНО ТЕГЛЕНЕ НА МИДИ*..... *22*

Пенко Митев, *ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА ОРИЕНТИРАНЕ НА ПЛАСТМАСОВИ КАПАЧКИ*..... *26*

Ренета Димитрова, *ОЦЕНКА НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА МОДЕРНИЗАЦИЯ НА АВТОМАТИЗИРАНА МЕХАТРОННА СИСТЕМА ЗА ЗАТВАРЯНЕ НА СЪДОВЕ С ВИНТОВИ КАПАЧКИ*..... *31*

IV.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 4 "ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ И РОБОТИЗИРАНИ КОМПЛЕКСИ"

Чавдар Костадинов, Иванка Пеева, *ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ХВАЩАЧИ ЗА НЕТВЪРДИ МАТЕРИАЛИ* *37*

Lum Rexha, Arbnor Pajaziti, Xhevahir Bajrami, Shaban Buza, *ANALYSIS OF WELDING ROBOTIC ARM PERFORMANCE WITH SIX DEGREES OF FREEDOM* *41*

Станислав Цолов, Ренета Димитрова, Стилиян Николов, *ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОЧНОСТТА НА ПОЗИЦИОНИРАНЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАН РОБОТ С ПАРАЛЕЛНА КИНЕМАТИКА* *45*

Васил Цветков, Нина Вълчкова, Роман Захариев, *ТИПОВЕ СЕНЗОРИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЯ В РОБОТИКАТА*..... *49*

V.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 5 "АВТОМАТИЗАЦИЯ НА МОНТАЖА

Shaban Buza, Festim Bushi, Arbnor Pajaziti, Ahmet Shala, *OPTIMIZING OPERATIONAL PARAMETERS FOR ENHANCED C-PROFILE PRODUCTION ON THE PINNACLELGS X10 MACHINE*..... *55*

Паскал Атанасов, Боян Бахчеванов, *ИЗРАБОТВАНЕ НА ПРОТОТИП НА АВТОМАТИЧЕН, БЕЗКОНТАКТЕН КОНТЕЙНЕР ЗА СЪБИРАНЕ НА ОТПАДЪЦИ*..... *63*

VI.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 6 "МЕХАТРОНИКА"

Veronika Ivanova, Ani Boneva, Dimitar Karastoyanov, *A MECHATRONIC DEVICE FOR LOCAL RADIATION TREATMENT OF TUMOR FORMATIONS* *67*

Xhevahir Bajrami, Rame Likaj, Fisnik Tishukaj, Erjon Shala, Rifat Krasniqi, *DESIGN, MODELING AND CONTROL OF THE STABILIZED INVERTED PENDULUM*..... *75*

Kiril Kambushev, *RESEARCH OF A PID CONTROLLER BUILT WITH NEURAL NETWORKS, AND POSSIBILITIES OF APPLICATION IN UAV CONTROL SYSTEMS* *83*

Radostina Calovska, Stefan Biliderov, *SIMULATION AND MODELING OF A UAV MISSION WHEN PERFORMING A FLIGHT IN AN URBANIZED AREA*..... *87*

Bedri Dragusha, Fatlinda Berisha, Drilon Meha, *A COMPARISON BETWEEN CONVENTIONAL AND COMPUTER-ASSISTED MODELLING APPROACHES FOR ESTIMATING THE THERMAL ENERGY DEMAND OF PUBLIC BUILDINGS* *91*

Татяна Андонова-Вакарелска, Изабела Радкова, Милчо Ташев, *АВТОМАТИЗИРАН МЕХАТРОНЕН КОМПЛЕКС ЗА ОБРАБОТКА НА МАЛКИ ДЕТАЙЛИ ОТ МАСИВНО ДЪРВО*..... *97*

ISSN 2682-9584

Стефан Къртунов, Петър Рачев, *РЕЦИКЛИРАНЕ НА МЕХАТРОННИ ИЗДЕЛИЯ. ПРИМЕРЕН МОДЕЛ ЗА РЕЦИКЛИРАНЕ НА ТИПОВО ИЗДЕЛИЕ – ПРАХОСМУКАЧКА* *103*

Стефан Къртунов, Диана Изворска, *ПРОИЗВОДСТВО НА СВЕТОВОДИ И ВЪЛНОВОДИ В МЕХАТРОНИКАТА. ПРИМЕР ЗА КОНСТРУКТИВНА ЕДИНИЦА ЗА СГЛОБЯВАНЕ - СВЪРЗВАНЕ ВЪРХУ ЧИП НА ВЪЛНОВОД И СФЕРИЧНА ЛЕЩА*..... *106*

Martin Kambushev, *COMPARISON OF FLIGHT CHARACTERISTICS OF TRICOPTER AND QUADROCOPTER*..... *111*

Chen Tongyang, *THE APPLICATION OF 5G TECHNOLOGY IN THE INDUSTRIAL INTERNET* *116*

Ренета Димитрова, Слав Димитров, Алдин Хаджиев, *ПРОЕКТИРАНЕ И ПРОГРАМИРАНЕ НА ШЕСТКРАК ХОБИ РОБОТ* *119*

Valentin Penev, Nikolay Zlatov, Rumen Ivanov, Gary Rowlands, *DETAILED DESIGN CONSIDERATION FOR AUTONOMOUS PLATFORM WITH VISUAL TRACKING*..... *124*

VII.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 7 “СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ В ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО”

Кристиян Димитров, *КИБЕР ФИЗИЧНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВЪДНИ ФЕРМИ*..... *129*

Rosen Spirov, Emil Petrov, *PERSPECTIVES FOR DETERMINING THE PARAMETERS AND MOTION OF DYNAMIC OBJECTS WITH TVMS AND FPGA* *135*

Alexandur Vukov, Miglena Paneva, *CLASSIFICATION OF GROUND ROPEWAYS LINES*..... *139*

Слав Димитров, Боян Бахчеванов, Димитър Тотев, *ПРОЕКТИРАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКО УПРАВЛЕНИЕ, ПНЕВМАТИЧНА СИСТЕМА И ПРОГРАМЕН КОД ЗА СИСТЕМА ЗА РАЗДРОБЯВАНЕ НА СУХИ ПОДПРАВКИ* *143*

VIII.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 8 “ИНОВАЦИИ И ИНЖЕНЕРИНГ НА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО”

Veneta Yosifova, *REVIEW AND ANALYSIS OF AUTOMATION IN COUNTING AND WEIGHTING STOCK-FARM ANIMALS*..... *148*

Иван Христозов, Веселина Гагъмова, Иван Чакъров, Чавдар Костадинов, Кристина Крумова, Росен Ангелов, *ПРОЦЕДУРИ, МЕТОДИ, ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ ЗА РАЗУЗНАВАНЕ В КИБЕРПРОСТРАНСТВОТО* *153*

Daniela Minkovska, DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MULTIMEDIA LEARNING SYSTEM USING OERs ON CLOUD-BASED TECHNOLOGIES..... 159

Daniela Minkovska, DESIGNING A MULTIMEDIA VIDEO CONTENT MANAGEMENT SYSTEM USING A DAM SYSTEM 164

Joanna Alexieva, Pancho Tomov, *APPLICATION AND VERIFICATION OF THE IMPROVEMENT SYSTEM FOR DECISION-MAKING IN CRISIS CONDITIONS* *169*

Панчо Томов, *ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА ИНОВАЦИОННОТО И ПРОГРАМИРАНО ОСТАРЯВАНЕ ВЪРХУ ВИСОКО АВТОМАТИЗИРАНИТЕ ПРОИЗВОДСТВЕНИ СИСТЕМИ* *173*

Miglena Paneva, Peter Panev, *OVERVIEW AND ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND SYSTEMS FOR 3D PRINTING INCLUDING 3D MATERIALS FOR FDM PRINTERS RESISTANT TO ELEVATED TEMPERATURES* *180*

Rosen Spirov, Emil Petrov, Vanja Ivanova, *IDENTIFICATION OF THE ENERGY CHARACTERISTICS OF BUILDING ENCLOSURE ELEMENTS THROUGH FPGA AND THERMAL IMAGING TECHNOLOGIES FOR INNOVATIVE DIGITAL MANAGEMENT AND ENHANCING EFFICIENCY* *184*

Susmeet Mitra, Suryansh Indram, Jane Olive Sharon, *BRAIN TUMOR DETECTION USING ROBUST APPROACH*..... *191*

IX.ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 9 “CAD/CAM СИСТЕМИ”

Хасан Хасансабри, *СИСТЕМАТИЗИРАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ ЗА ЦЕЛИТЕ НА АВТОМАТИЗИРАНОТО ТЕХНИЧЕСКО ДОКУМЕНТИРАНЕ НА АВТОМАТИЧНИ ПЛЪЗГАЩИ ВРАТИ*..... *198*

ISSN 2682-9584

DISCRETE MANUFACTURING AND SURFACE ROUGHNESS BY TURNING OPERATION

Afrim Gjelaj
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: afrim.gjelaj@uni-pr.edu

Besart Berisha
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: besart.berisha@uni-pr.edu

Xhevahir Bajrami
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: xhevahir.bajrami@uni-pr.edu

Rifat Krasniqi
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: rifat.krasniqi@uni-pr.edu

Haxhi Dacaj
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: haxhi.dacaj@uni-pr.edu

Drilon Beqiri
Faculty of Mechanical and Computer Engineering University of Mitrovica
Mitrovica, Kosova
e-mail: drilon.beqiri@umib.net

Abstract: Discrete systems in manufacturing processes are being used more and more frequently every day. Discrete manufacturing involves standard workpieces and components via CNC machine tools to achieve the goal of production according to market demands. A discrete system in the machining process enables the best choice for solving a problem with respect to the production process. In our work a model is developed for the case of CNC lathe machine tools using discrete space for transverse and longitudinal turning.

The evolutionary process of the tool path regarding the number of cuts and determining the workspace for the turning operation through discrete systems is presented step by step. The model was analyzed within a MATLAB environment for the evolution of NC code programming for each number of cuts (cut - ij), idle time, tool selection, number of passes, etc. The surface roughness (Ra) varied as a function of the depth of cut (a), cutting speed (v) and the feed rate (f) as main machining parameters.

Keywords: discrete manufacturing, CNC turning, machining, MATLAB, surface roughness

I. INTRODUCTION

By- and co-products, as well as variable ingredients, are involved in the automated production process. Discrete manufacturing, on the other hand, uses standard workpieces and their parts. Proportional expression and technological analyses are employed in manufacturing processes to accomplish the production aim. This means that in order to generate workpieces that meet market demands, different ideas must be analyzed together during a machining process for process manufacturing to occur.

The optimal option is made possible via discrete production. Additionally, discrete systems are already employed in a wide range of manufacturing processes [1, 5]. The manufacturing process features a production system that allows for the least amount of processing disruptions within a given production run. Many distinct items are produced using this production approach in little squares that go through various production processes. Each of these individual squares in the following represents a workpiece of the end process; discrete manufacturing uses a production method based on workpieces and their squares.

Typically, the two areas that make up the physical layout of discrete production systems are the machining area and the assembly area [2].

II. DISCRETE SYSTEM APPLICATION IN THE MACHINING DOMAIN

A. Discrete system

Discrete system models are frequently used due to their compatibility with digital computers. Using the experimental method, one can directly obtain a discrete model of such systems. The current generation of simulation models for rotating workpieces is based on two basic models: discrete models and solid models. When analyzing the behavior of each individual cut in the context of the longitudinal and transverse machining operations, discrete models offer insightful analysis. In the example case study, the cutting tool and number of cuts are used to describe the path length [3, 9].

In order to replicate the machining process, we need to know how many cuts there are—cut1, cut2, cut3,..., cut (n+1). The tool path length and the number of cuts required from the beginning to the end of the machining process are determined by designing a solid model for rotating workpieces. The surface roughness of duraluminum is also examined in this work. Surface roughness is analyzed both theoretically and practically using Minitab software, taking into account the three primary machining parameters of feed rate, depth of cut, and cutting speed.

Since the machining parameters—spindle speed, feed rate, and depths of cut—are changeable, figuring out the surface roughness mode required artificial intelligence. One of the more significant technological factors in the machining process is Artificial Intelligence, which has a direct impact on both tool life and surface roughness during machining [10]. Given that the workpiece's material is duraluminum, the surface roughness in this instance is examined in relation to the primary machining parameters.

B. Proposed Model of Discrete systems and algorithm

Many machine-related issues could be resolved by a turning operation by using a discrete system.

ISSN 2682-9584

In this instance, the cutting tool is positioned to accomplish a two-axis machining operation depending on the geometry of the workpiece (i.e., axis Z for the workpiece's length and axis X for its diameter). Figure 1 depicts the separate system workspace for the turning action.

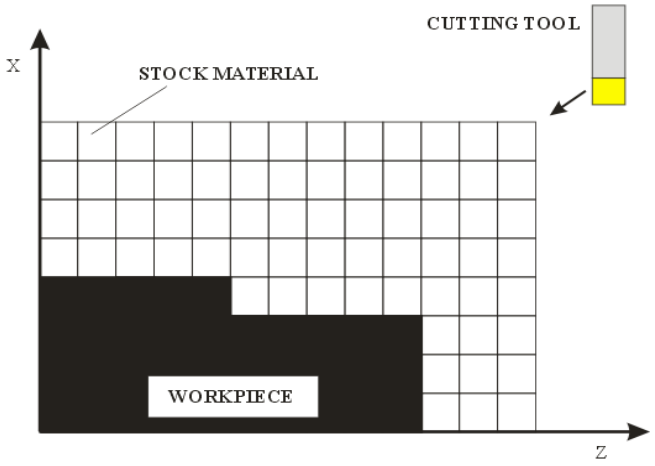


Fig. 1. Workspace model for discrete systems

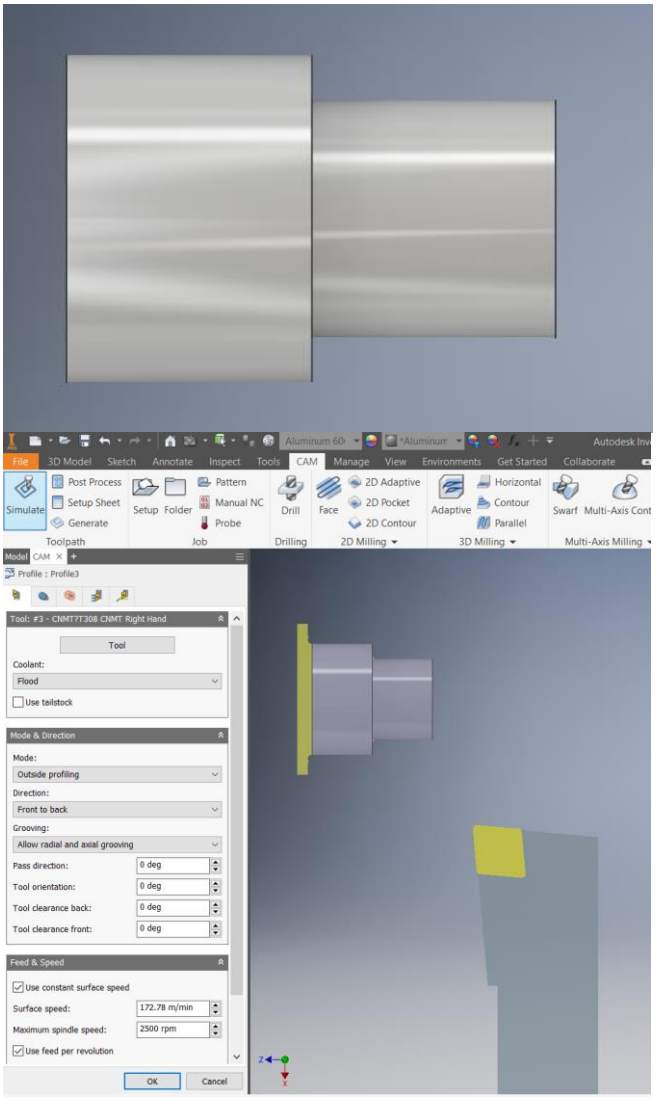


Fig. 2. Turning operation and setup machining parameter.

Algorithm for discrete manufacturing is showed in figure 2, which includes the complete geometry of the workpiece after machining, material of workpiece is duralumin.

The market is greatly impacted by the automated programming of CNC machine tools, which simultaneously delivers the highest machining quality and streamlines industry operations. Furthermore, certain issues can be resolved without the need for human intervention thanks to artificial intelligence's automatic programming of CNC machine tools.

Additionally, Autodesk Inventor and CAM HSM software is used in the technological process design for the turning operations. As seen in Figure 2, the workpiece's geometry dictates the design process from the raw material, choising the cutting tool until to the finished workpieces.

Calculation of cutting speed is depended from spindle speed and diameter of workpiece (number of revolution n = 2500 min-1 and diameter of workpiece d = 22 mm) through expression as follow:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = 172.78\ [m/min] \qquad (1)$$

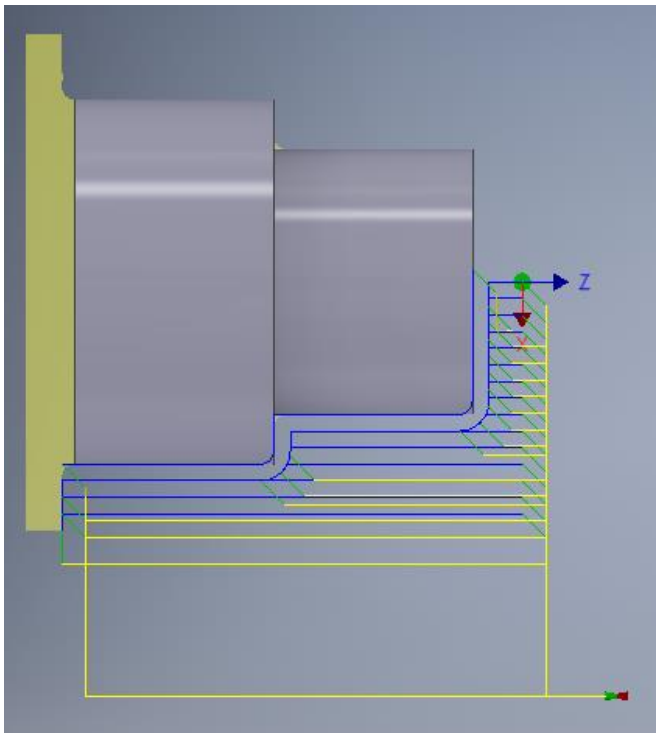


Fig. 3. Tool path length

Tool path length and NC CODE is showed for the workpiece as figure 3.

NC CODE_TURNING OPERATION

N10 G90 G94 G18

N15 G54

N16 M8

N17 G95

N19 G0 X50. Z5

ISSN 2682-9584

N21 LIMS=S2500

N22 G0 Z1.414

N23 X31.795

N24 G1 X30.828 F0.127

N25 X28. Z0

……

N131 X24.828 Z-26.386

N133 G0 X50.

N134 Z5

N135 G97 S1100 M3

N136 M9

N137 G53 X0.

N138 G53 Z0

N139 M30

In addition to the tool path length and NC code programming, this work's tool selection examines surface roughness (Rz) and automated turning operation programming using a discrete system. We measured the surface roughness during the machining process using the following metrics: Ra, which stands for arithmetic mean roughness value; Rz, which stands for highest height of the roughness profile; and Rq, which stands for root mean square profile roughness value. But the sole goal of our research was to determine Rz, which was contingent upon the primary machining parameters. In MINITAB settings, the impacts of the primary machining parameters on surface roughness were examined, and Taguchi techniques were used to achieve optimization.

An elitist strategy-based Matlab and Minitab software program is used to search for the best turning cutting circumstances. The cutting conditions are represented by the discrete system made up of random keys and are determined by a time scale. An experimental investigation into the surface roughness and main machining parameters progression throughout the turning process is presented in this article.

The angle between the sides is 90 degrees because the adjacent side slope is the opposite reciprocal. Generally, the more convenient method for expressing locations in an image is to use pixel coordinates. In this coordinate system, the image is treated as a grid of discrete elements arranged from top to bottom and from left to right, as shown in the following step (Figure 6).

Because the slope of the neighboring side is the opposite of the reciprocal, the angle between the sides is 90 degrees. In general, using pixel coordinates is a more convenient way to express places inside a picture. As seen in the next phase (Figure 6), the image is represented in this coordinate system as a grid of discrete elements ordered from left to right and from top to bottom. Figure 7 presents the discrete space longitudinally for the turning operation.

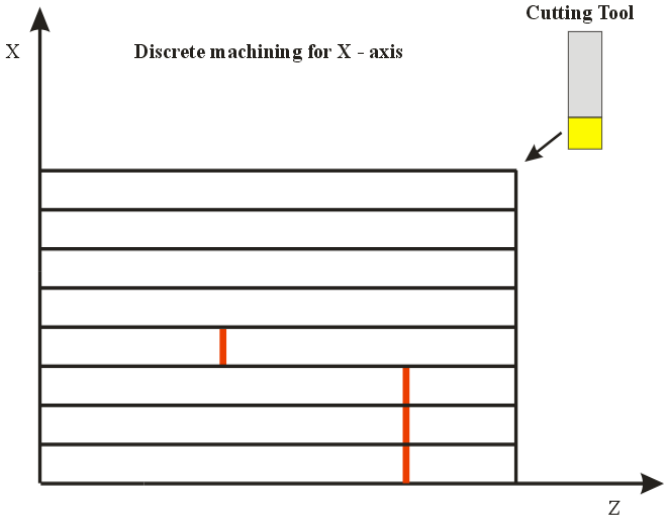


Fig. 4. Tool path of discrete spaces for traverse machining

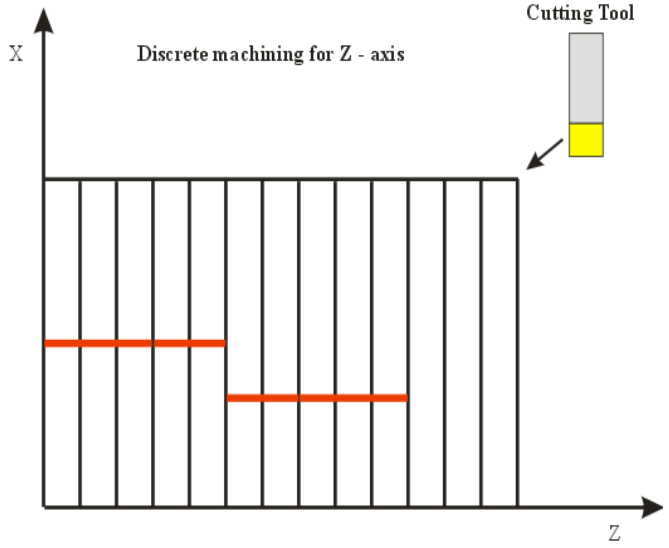


Fig. 5. Tool path of the discrete spaces for longitudinal turning

In square coordinates, the first component, z, or the row, grows downward, and the second, x, or the column, increases to the right. The squares' coordinates are whole numbers ranging from 1 to the length of the row or column. There is an identical match between the coordinates of the squares and the coordinates used by MATLAB for the matrix subscription.

C. Discrete workspace system by lathe process

The evolutionary process for the number of cuts and the determination of the workspace for the turning operation through discrete systems is presented in Figure 8. Also the algorithm is shown in table. 1. This model is realized within a MATLAB environment based on the NC code for each number of cuts (ij), idle time, tool selection, number of passes, etc.

The evaluation process of the discrete machining using Matlab, based on the algorithm above, it is showed the image as in figure 6.

ISSN 2682-9584

TABLE 1 ALGORITHM

Algorithm _ Description of the longitudinal or traverse machining
Input number of cut for longitudinal or traverse machining, feed length, new start, collision, end point Determining the workspace size of workpieces by turning operation for (i,j) = number of cuttings current cutting = cuts(i,j) Direction of cut horizontal or vertical (current cut, number of cut (cut 1, cut2,…,cut_(ij))) Collision; Depth of cut (a); Feed rate constant (f = constant); Cutting speed constant (v = constant) Tool path length PL Whole cutting based on the number of cuts. Evaluation of working process by machining process End process

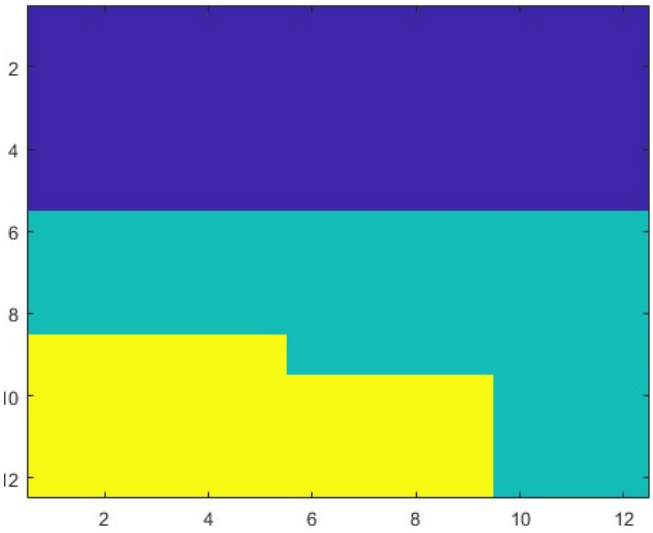


Fig. 6. Achieved result of the discrete machining after employed the algorithm

III. SURFACE ROUGHNESS RZ FOR DURALUMINIUM

In addition to the tool path length and NC code programming, this work's tool selection examines surface roughness (Rz) and automated turning operation programming using a discrete system. We measured the surface roughness during the machining process using the following metrics: Ra, which stands for arithmetic mean roughness value; Rz, which stands for highest height of the roughness profile; and Rq, which stands for root mean square profile roughness value. But the sole goal of our research was to determine Rz, which was contingent upon the primary machining parameters. In MINITAB settings, the impacts of the primary machining parameters on surface roughness were examined, and Taguchi techniques were used to achieve optimization.

Results of surface roughness are shown in figure follow.

Surface Plot of Feed rate vs Depth of cut vs Surface Roughness Rz, is shown in figure 7.

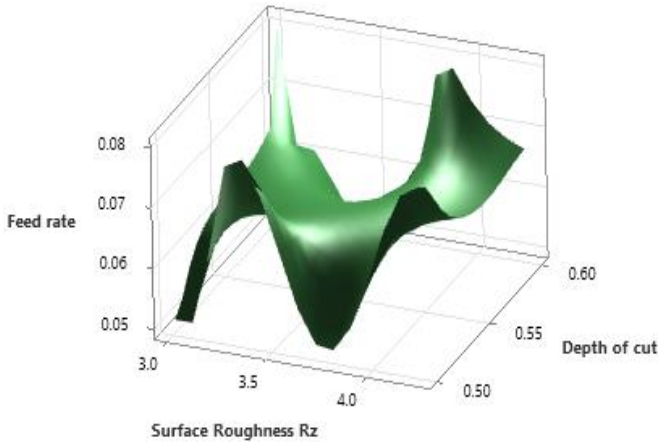


Fig. 7. Surface Roughness Rz vs Feed rate and Depth of cut

Surface Plot of Cutting speed vs Surface Roughness Rz vs Depth of cut, is obtained as in figure 8.

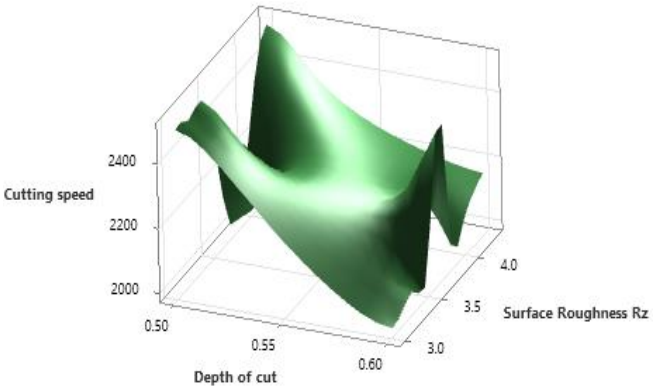


Fig. 8. Surface Roughness Rz vs cutting speed and Depth of cut

Probability Plot of Surface Roughness Rz, it is showed in figure 9.

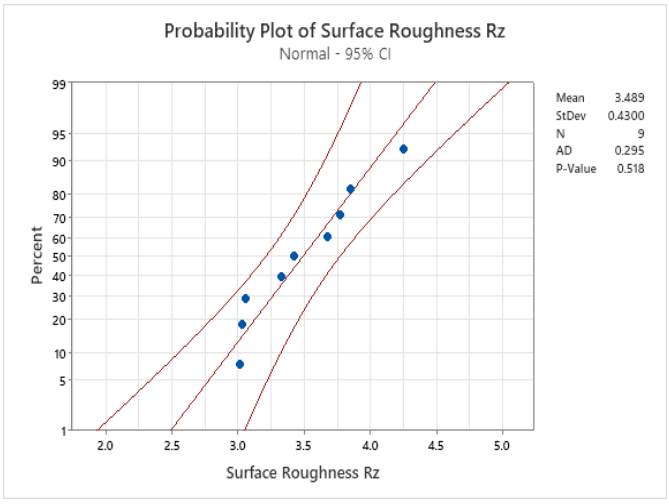


Fig. 9. Probability of Surface Roughness Rz

ISSN 2682-9584

IV. Conclusion

Significant advancements in the creation of efficient machine tools for discrete machining with respect to automated and intelligent CNC programming have been made in recent years. The goal of the research presented in this paper was to create a model for tool path length in relation to turning operation. Additionally, a model is created for the scenario in which discrete machining is used for longitudinal and transverse processes in CNC lathe machine tools. The key machining parameters are threatened, and good findings and diagrams are obtained by using the discrete system (DS) to analyze surface roughness Rz and solve CNC machine tool programming problems.

Duraluminum was the material utilized to study the effects of using the Taguchi method to aid in the machining for turning operations.

The model's evolution of NC code programming for each number of cuts (cut - ij), idle time, tool selection, number of passes, etc. was examined in MATLAB software.

Additionally, the surface roughness Rz results are examined, and 95% of the results are obtained.

References

[1] Ali Oral and M. Cemal Cakir: Automated cutting tool selection and cutting tool sequence optimisation for rotational parts, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 20, pp. 127-141, 2004.

[2] Afrim Gjelaj, Joze Balic and Mirko Ficko. Intelligent optimal tool selections for CNC programming of machine tools. Transactions of FAMENA, vol. 37, pp. 31-40, 2013.

[3] Morad Behandish, Saigopal Nelaturi, Chaman Singh Verma & Mats Allard, Automated process planning for turning: a feature-free approach, Production & Manufacturing Research, vol. 7:1, pp. 415-432, 2019.

[4] Wasim Ahmed Khan et al. “Virtual Manufacturing” Springer – Verlag London Limited, ISBN 978-0-85729-185-1, 2011.

[5] Heinz Tschatsch, “Praxis der Zerspantechnik” Vieweg Praxiswiessen, Book, 2007.

[6] Gjelaj, A., Berisha, B., Sitek, W. (2022). An Experimental Based Approach Using Artificial Intelligence Algorithm for Determining the Surface Roughness by Milling Process. International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, vol. 13A5B, pp. 1-11, 2022.

[7] M. Young, The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

[8] Joze Balic, Miha Kovacic, Bostjan Vaupotic. Intelligent programming of CNC turning operations using genetic algorithm. Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 17, pp. 331–340, 2006.

[9] Afrim Gjelaj, Berisha Besart, and Fidan Smaili. "Optimization of turning process and cutting force using multiobjective genetic algorithm." Universal Journal of Mechanical Engineering, vol. 7, pp. 64-70, 2019.

[10] Ali Khan, M., Jaffery, S. H. I., Khan, M., Younas, M., Butt, S. I., Ahmad, R., and Warsi, S. S.: Statistical analysis of energy consumption, tool wear and surface roughness in machining of Titanium alloy (Ti-6Al-4V) under dry, wet and cryogenic conditions, Mech. Sci., vol. 10, pp. 561–573, 2019.

ISSN 2682-9584

PRODUCT DESIGN AND MEASURING PRODUCTION PRODUCTIVITY WITH CONVENTIONAL AND CNC MACHINES

Granit Arifaj
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: afrim.gjelaj@uni-pr.edu

Ramë Likaj
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: rame.likaj@uni-pr.edu

Besart Berisha
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: besart.berisha@uni-pr.edu

Afrim Gjelaj
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: afrim.gjelaj@uni-pr.edu

Haxhi Dacaj
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosova
e-mail: haxhi.dacaj@uni-pr.edu

Abstract: This study delves into the integration of design software, notably SolidWorks, and CNC machine programming techniques to enhance design optimization, cost estimation, and productivity in industrial manufacturing. Through a comprehensive comparison between conventional machining and CNC machining, our research highlights the superior accuracy and productivity offered by CNC technology, marking a significant advancement in manufacturing processes. The core of this investigation lies in the potential for increasing production efficiency, ensuring the delivery of high-quality products, and embracing modern technological innovations within the industry.

By leveraging detailed analyses and practical evaluations, the study demonstrates how CNC technology not only streamlines manufacturing processes but also contributes to a more sustainable and economically viable production environment. The findings underscore the importance of adopting advanced manufacturing technologies to remain competitive in the rapidly evolving industrial sector. This work aims to serve as a valuable resource for manufacturers considering the transition to CNC machining, offering insights into the tangible benefits and operational improvements achievable through such technological advancements.

Keywords: CNC Machining, Product Design, Advanced Manufacturing, Productivity Measurement, Manufacturing Costs

I. INTRODUCTION

Product Design and Measurement of Productivity Important Elements of the Manufacturing Sector. This study examines the benefits and developments in the use of computer numerical control (CNC) and traditional machinery in product manufacture. While CNC machines offer cutting-edge, automated technology, conventional machines have historically served as symbols of conventional material processing techniques [1, 5].

Our study intends to evaluate the effects of CNC machinery use on manufacturing productivity in comparison to traditional ways. CNC machinery is equipped with computerized programming and defined numerical control. Benefits of CNC processing includes more versatility in producing a wider range of goods, reduced processing times, and improved precision.

We have determined the impact that CNC technology has on productivity enhancement and product manufacture through data analysis and processing outcome measurements. Manufacturing organizations will find this research valuable in making well-informed judgments when selecting processing technologies [2].

II. PRODUCT DESIGN AND PRODUCTION OF PRODUCT WITH MANUAL MACHINES AND CNC MACHINES

A. 3D modeling

Today, 3D modeling is a crucial step for the development of a successful project. In this process, creating a product model is essential. In a few simple steps:

- Initial Sketching: Begin by creating an initial sketch of the product in two dimensions. Use various sketching tools to define the shapes and initial details of the product.
- Extrusion: Use extrusion commands to convert the sketch into a 3D model by adding height to the sketch. This step helps in creating the volume of the product.
- Details and Finishing: Add further details, including colors, cuts, and textures to make your model more similar to the actual product.
- Simulation (if applicable): If necessary for your theme, use simulation commands to test the product's performance under different conditions. Proposed Model of Discrete systems and algorithm.

Completing these steps will result in a 3D model of your product in SolidWorks. This model will serve as a reliable and realistic representation of your product and will assist in understanding and effectively presenting it.

Preparing documentation and technical drawings in SolidWorks is a crucial process to ensure that the product is understood and produced accurately and efficiently. This documentation is often part of the product file and is important for effective communication between engineers, designers, and manufacturers.

ISSN 2682-9584

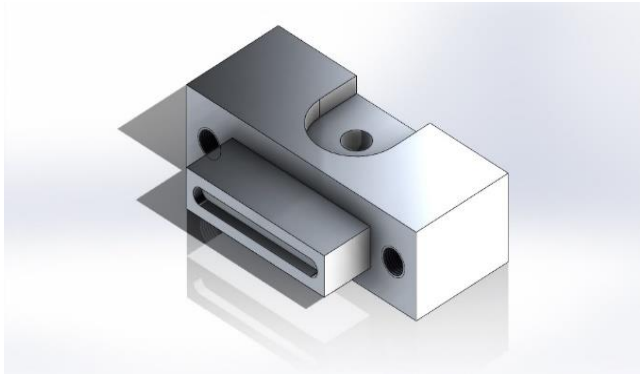


Fig. 1. 3D Model in SolidWorks

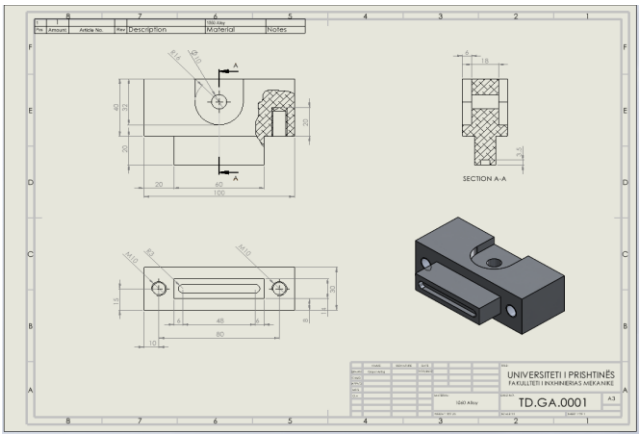


Fig. 2. Drawing in 2D in Solidworks

We have completed the processing with conventional machines in the workshop of the Faculty of Mechanical Engineering in Pristina.

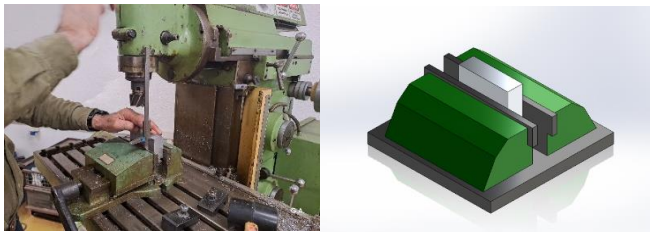


Fig. 3. Production process in manual milling machine

B. Setup A

Operation 1: Milling

Pass 1: Rough milling along length *L=30 mm*

Number of rotations:	n = 1500 rpm/min
Feed rate:	f = 0.1 mm/rpm
Depth:	a = 20 mm
Number of passes:	i = 2

Main time for the longitudinal rough milling process:

$$T_{m_1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{30 \cdot 2}{1500 \cdot 0{,}1} = 0{,}4 \text{ min} \quad (1)$$

Auxiliary time for Pass 1 in rough milling:

$$T_{a_1} = 1\ min$$

Operation 2: Frezimi

Passes 1: Rough milling to length L=100 mm

Number of rotations:	n = 1500 rrotullim/min
Feed rate:	f = 0.1 mm/rrotullim
Depth:	a = 8 mm
Number of passes:	i = 2

Main time for the longitudinal rough milling process:

$$T_{m_2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{100 \cdot 2}{1500 \cdot 0{,}1} = 1{,}3\ min \quad (2)$$

Auxiliary time for Pass 1 in rough milling:

$$T_{a_2} = 1\ min$$

After calculation of all operations, we have presented below calculation of the main time for processing the part with manual machines.

The main time for processing the entire part is:

$$T_m = T_{m1} + T_{m2} + \cdots + T_{m8} = 8.32\ min \quad (3)$$

The auxiliary time for processing the entire part is:

$$T_a = T_{a1} + T_{a2} + \cdots + T_{a22} = 12.5\ min \quad (4)$$

The time during which the machine operates, also known as the operating time, is:

$$T_{ot} = T_k + T_a = 8.32 + 12.5 = 20.85\ min \quad (5)$$

During the determination of the time standard, the time for physical needs and rest, as well as the service time, are given in % of the operating time and are taken from (4 to 18%) of Tot, depending on the circumstances and the technical-organizational conditions under which the respective enterprise operates:

$$T_{sh} + T_{nf} = (4 \div 18)\%\ e\ T_{ot} = 11\%\ e\ T_{ot} = 11\%\ e\ 20.85 = 2.29\ min \approx 2.5\ min \quad (6)$$

In conclusion, the time rate for a part is expressed by the formula:

$$T_p = T_m + T_a + T_{sh} + T_{nf} = 8.32 + 12.5 + 2.5 = 23.32\ \ min \quad (7)$$

If we have production in series up to 10 pieces, then we have:

$$T_m = 10 \cdot 23.32 = 233.2\ min \approx 3.8\ orë \quad (8)$$

III. CALCULATION OF THE COST FOR PROCESSING THE PART WITH MANUAL MACHINES

We have conducted the calculation of production costs with the help of Excel software, where we created an automatic calculator for calculating material costs and production costs. This calculator was designed to help us monitor and control production costs effectively.

ISSN 2682-9584

With its help, we have been able to calculate the cost per machine hour, as well as the cost of labor. This included their hourly rates and other expenses related to their work.

The cost to produce one part is 3.19 euros. In figure 4 we have presented the calculation of cost in excel sheet.

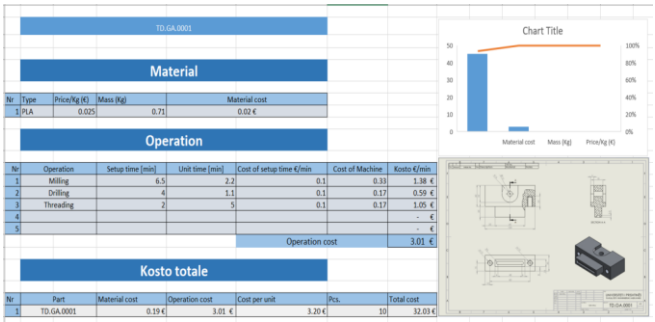


Fig. 4. Table for calculation of costs in Excel for manual machines

IV. CNC MANUFACTURING PROCESS

The CNC (Computer Numerical Control) manufacturing process is a material processing technique that uses a computer to control the movement of machines and tools to create various parts and precisely manufactured products. This process is common in the engineering and manufacturing industry and has several advantages:

- High Precision: CNC allows for the machining of parts with high precision, reducing potential human errors.
- Processing of Various Materials: CNC machines are capable of processing a wide range of materials, including metals, plastics, wood, and more.
- Consistent Results: Besides precision, CNC manufacturing ensures that all parts have the same specifications and quality.
- Efficiency and Speed: CNC machines are often faster and more efficient than manual processing, allowing for mass production of products in a shorter time.

Possibility of Complexity: CNC allows the production of various and complex parts, including those with intricate shapes and fine details.

The calculation of the time required for machining a part with the CNC machine was done using the NCViewer software and the G-codes generated by SolidWorks CAM, which served to optimize and plan the production with high efficiency. In this case, the machining time for a single part was calculated as 11 minutes.

To understand how long it will take to produce 10 identical parts, we will use the machining time of one part (11 minutes) and multiply it by the number of parts (10). Therefore, to produce 10 identical parts with the CNC machine, it will take 110 minutes or 1 hour and 50 minutes.

The machine used for this job is a 4-axis milling machine, which offers a higher degree of flexibility and potentially greater capabilities for machining parts with high complexity. This is a significant advantage, as the use of 4 axes allows for achieving details comparable to those machined with multi-axis machines, but with a shorter machining time.

G-Code is an encoded system for communicating with CNC machines. It is used to define the movements and operations that the machines will perform during the machining process. G-Code is created through CAM (Computer-Aided Manufacturing) software and contains the necessary commands to move machining tools through the material, specifying their speeds and feeds, and to control other aspects of the machining process.

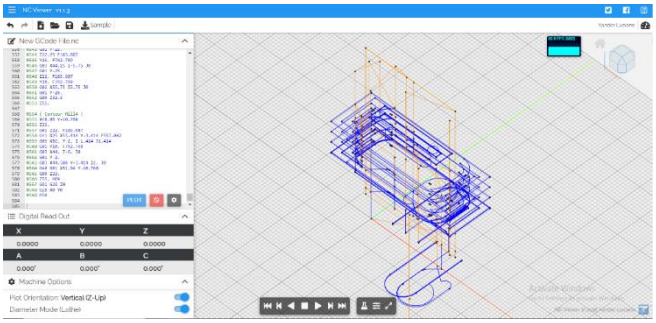


Fig. 5. Software NC Viewer



Fig. 6. The CNC machine used for machining the part

This code impacts the precision and accuracy of machining, specifying the movements and positions of the tool in the machine. While it is used to automate the machining process, it ensures that operations are accurate and coordinated. The generation of G-Code is a hybrid of CAM software and a reflection of the toolpaths that have been prepared for machining the detail.

ISSN 2682-9584

This helps in creating an accurate program that CNC machines can follow to produce details with precision.

```
(TD.GA)
( PROGRAM NUMBER=0001 )
( MACHINE=MILL nil)
( CONTROLLER=FANUC TYPE )
( MATERIAL=6061-T6 )
( THICKNESS=25.4 )
( STATION  TOOL TYPE  DIAMETER  CORNER RADIUS  DESCRIPTION              )
( -------  ---------  --------  -------------  -------------------- )
(  005     ENDMILL      020.00                          20MM CRB 2FL 38 LOC  )
(  014     CENTER DRILL 010.00                          10MM X 90DEG CRB SPOT DRILL)
(  015     DRILL        010.00                          10.0mm JOBBER DRILL)
(  003     ENDMILL      012.00                          12MM CRB 2FL 25 LOC  )
(  001     ENDMILL      006.00                          6MM CRB 2FL 19 LOC  )
(  016     CENTER DRILL 014.00                          14MM X 60DEG HSS CENTERDRILL)
(  017     DRILL        008.70                          8.7mm JOBBER DRILL)
(  018     TAP          010.00                          M10.0 X 1.5 TAP)
```

Fig. 7. Determination of working instruments

```
O0001
N1 G21
N2 (20MM CRB 2FL 38 LOC)
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0
N4 T05 M06
N5 S3323 M03

N6 ( Rough Mill1 )
N7 G90 G54 G00 X44.25 Y25.
N8 G43 Z2.5 H05 M08
N9 G01 Z-7.75 F185.687
N10 G17 Y-16. F742.749
N11 G03 X55.75 I5.75 J0
N12 G01 Y25.
N13 Z-8. F185.687
N14 Y-16. F742.749
N15 G02 X44.25 I-5.75 J0
N16 G01 Y25.
N17 Z-7.75 F185.687
N18 Y-16. F742.749
N19 G03 X55.75 I5.75 J0
N20 G01 Y25.
N21 Z-8. F185.687
N22 Y-16. F742.749
N23 G02 X44.25 I-5.75 J0
N24 G01 Y25.
N25 G00 Z2.5
N26 Z25.
```

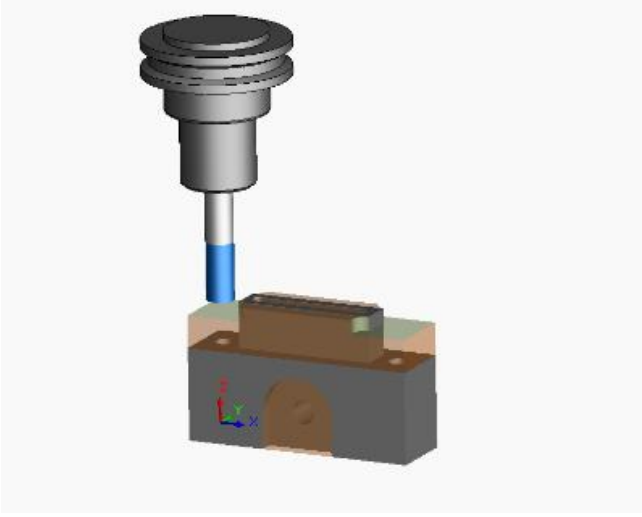


Fig. 8. Generation of G-codes in SolidWorks CAM

This demonstrates that the use of specialized software and advanced machines can lead to a significant increase in productivity and an improvement in performance in CNC machining. In this way, enterprises can enhance the quality, precision, and efficiency of their production, boosting competitiveness and successfully achieving their goals.



Fig. 9. Photo collage during CNC machining

V. CALCULATION OF THE COST FOR PROCESSING THE PART WITH CNC MACHINES

Additionally, for the cost calculation of CNC machining, we used Excel software, where we developed an automatic calculator for calculating the cost of materials and the cost of production. This calculator included the calculation of the cost per machine hour and the wages of employees. Furthermore, we included the time for preparing G-codes as an auxiliary factor. This has helped us to make cost calculations more accurately and to better prepare for CNC machining work.

The cost to produce one part is 1.82 euros.

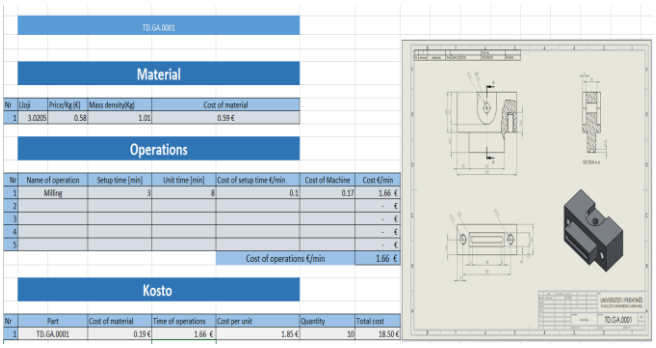


Fig. 10. Table for cost calculation in Excel for CNC machine

ISSN 2682-9584

VI. PRODUCTIVITY CALCULATION FOR CONVENTIONAL MACHINES AND CNC MACHINES

For calculating productivity, formulas will be used that express it as the ratio of the quantity produced (Q) to the labor input expended (L).

$$P = \frac{Q}{L} \tag{9}$$

P - Productivity

Q - Quantity

L - Labor expended

TABLE 1 PRODUCTIVITY CALCULATION FOR CONVENTIONAL MACHINES

Table for conventional methods	
Q – pieces	10
L - hours	3,8

$$P = \frac{Q}{L} = \frac{10}{3{,}8} = 2{,}63\ pieces/hours$$

TABLE 2 PPRODUCTIVITY CALCULATION FOR CNC MACHINES

Table for CNC machines	
Q – pieces	10
L - hours	1,83

$$P = \frac{Q}{L} = \frac{10}{1{,}83} = 5{,}46\ pieces/hours$$

The difference in productivity between the two types of machines, conventional and CNC, is very significant in the context of manufacturing processes. In this case, the productivity for the conventional machine is 2.63 pieces per hour, while the productivity for the CNC machine is 5.46 pieces per hour.

This data indicates that the CNC machine is more efficient and productive compared to the conventional machine. It produces more pieces in the same working time. The difference in productivity impacts the efficiency of production, cost, and the time used to create a certain quantity of products.

VII. CONCLUSIONS

In conclusion, this study has guided us through an in-depth exploration of the design and manufacturing processes of parts. The advancement of technology and specialized software, such as SolidWorks and SolidWorksCAM, has enabled the use of CNC machines for the advanced and efficient processing of products. Initially, we discussed the product design process with SolidWorks, utilizing 3D technology to create sophisticated and detailed designs. We then focused on generating G-codes with SolidWorksCAM, a crucial step for processing with CNC machines. This process offers a high level of precision and aids in creating efficient machining paths. We assessed the role of calculating time and production costs in both methods, with conventional and CNC machines. This allowed us to compare their efficiency.

The results clearly show that CNC machines are much more productive, offer higher quality finishes, and reduce costs. In conclusion, this study has confirmed that CNC technology has transformed the manufacturing process. The use of specialized software and productivity measurement are essential for achieving production success. In a world where quality and efficiency are keys to success, the use of CNC machines has become a significant change in the manufacturing and design industries.

REFERENCES

[1] ‘‘Dizajnimi/projektimi i produkteve’’, Prof. dr. Ramë Likaj, Prishtinë (2013)

[2] ‘‘Rezultatet e afarizmit të ndërmarrjes’’Pjesa 2, Prof. Dr. Ramë Likaj, Prishtinë (2013)

[3] “TEKNOLOGJIA II” Msc. Fazlli Sermaxhaj Prishtinë 2017

[4] “Projektimi i proceseve teknologjike”, Nexhat Qehaja, Prishtinë 2018.

[5] Sixth edition ‘‘Operations Management’’, Nigel Slack, Stuart Chambers, Robert Johnston, (2010)

[6] Gjelaj, A., Berisha, B., Sitek, W. (2022). An Experimental Based Approach Using Artificial Intelligence Algorithm for Determining the Surface Roughness by Milling Process. International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, vol. 13A5B, pp. 1-11, 2022.

[7] M. Young, The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

[8] Joze Balic, Miha Kovacic, Bostjan Vaupotic. Intelligent programming of CNC turning operations using genetic algorithm. Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 17, pp. 331–340, 2006.

[9] Afrim Gjelaj, Berisha Besart, and Fidan Smaili. "Optimization of turning process and cutting force using multiobjective genetic algorithm." Universal Journal of Mechanical Engineering, vol. 7, pp. 64-70, 2019.

[10] Ali Khan, M., Jaffery, S. H. I., Khan, M., Younas, M., Butt, S. I., Ahmad, R., and Warsi, S. S.: Statistical analysis of energy consumption, tool wear and surface roughness in machining of Titanium alloy (Ti-6Al-4V) under dry, wet and cryogenic conditions, Mech. Sci., vol. 10, pp. 561–573, 2019.

[11] Granit Arifaj, Ramë Likaj & Besart Berisha (2024). Streamlining Design Workflow: Converting AutoCAD to SolidWorks, Utilizing SolidCAM, and Cost Analysis Integration. Proceedings of the Joint International Conference: 10th Textile Conference and 4th Conference on Engineering and Entrepreneurship. Conference paper, pp 77–85.

ISSN 2682-9584

РАЗРАБОТКА НА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА ЗА КАШОНИ

Пенко Митев
Технически Университет София
Филиал Пловдив
Пловдив, България
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

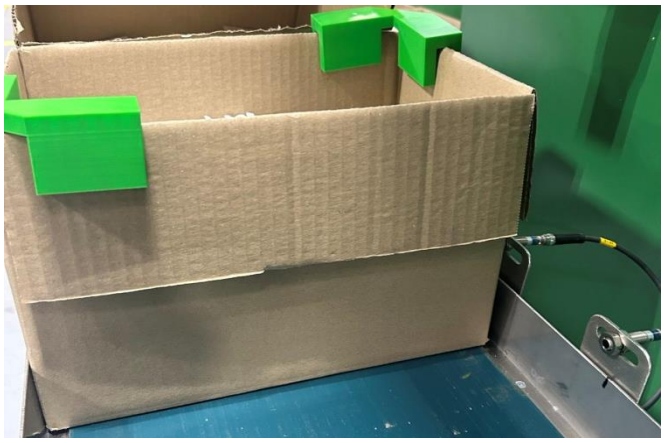
Милчо Ташев
Технически Университет София
Филиал Пловдив
Пловдив, България
e-mail: m_tashev @tu-plovdiv.bg

Резюме:Този доклад е посветен на процеса по конструиране, проектиране, изработка и внедряване на транспортна система за кашони, част от автоматична производствена машина. Работи с празни, активен и пълни кашони като налице е автоматична смяна.

Ключови думи: конвейер, транспортна система, кашони

I. Въведение

Докладът е посветен на процеса на конструиране, проектиране и експериментално изследване на транспортна система за кашони. Необходимите функции са – съхранение на празни кашони, поддържане на активен кашон на позиция за пълнене на детайли и складиране на няколко броя пълни кашони, с готова продукция. Целта е да се осигури автономност на процеса, без да е необходимо прякото участие на оператор през малки интервали от време. Детайлът е неметален, но не попада в обхвата на полимерните изделия, за които има редица изисквания към качеството, особено при производство по технология на шприцване [1,2].



Фиг. 1. Кашон

Кашоните са показани на фиг. 1. Устройство се предвижда да бъде част от автоматична машина за лазерно маркиране на детайли. Маркират се два типа детайли. Производителността на единия процес е 2000 [бр/час], а на другия – 1700 [бр/час].

Едно от основните предизвикателства е да се преодолеят проблемите, свързани със събирането на два кашона един до друг и разделянето им на разстояние поради необходимостта от следене със сензори.

Ако са един до друг, сензорите нямат да ги отчетат като два отделни, а има вероятност да бъдат разпознати като един единствен, а това ще обърка логиката на програмируемия контролер на маркиращата машина, който е отговорен за управлението и на конвейера за кашони. Маркираните детайли са от пластмаса, което означава, че масата на един пълен кашон не е особено висока – около 3 [kg].

II. Анализ на проблема

С оглед на необходимостта от интегриране на системата към автоматична машина за маркиране на детайли, анализът стартира с детайлите, които ще се поместват в кашоните. При един цикъл на машината, ако всички детайли са годни, 6 бр (5 бр за другия модел маркиран детайл) от тях се насочват към кашона.

Кашонът е с габаритни размери 280 [mm] x 200 [mm] x H140 [mm] и вместимост около 3500 бр детайли. Производителността на машината е около 2000 [бр. / h]. Ако се приеме, че всички детайли са годни, един кашон е достатъчен за 1 час и 45 минути автономна работа. Въпреки това, за да се избегне пряката зависимост от оператор и спомагателно непрекъснато време от изчакването му да премахне готовия кашон, е поставена задача за проектиране на система за автоматичен мениджмънт на кашоните.

Необходимо е да се реши проблемът със събирането на кашоните един до друг. Първоначално е помислено върху вариант, при който операторът ги поставя на разстояние един от друг. Този вариант е отхвърлен, защото не е известно колко време ще се движат кашоните върху лентата и дали не биха могли да се настигнат при определени условия.

На по-късен етап от началото на проекта е получена информация за смяна на доставчика на кашони. Новите кашони имат меки прегради, които се използват за затварянето им. Съоръжението не може да работи с тях и е необходимо да се измисли нов подход към решаване на този проблем.

III. Проектиране на системата

Проектирането на системата започва с адресиране на изискването за пълна автономност в рамките на 8 часа. Предвид горното изчисление е взето решение да се направи буфер за празни кашони от 4 бр, 1бр активен кашони и 4бр готови кашони. Това позволява машината да работи непрекъснато.

ISSN 2682-9584

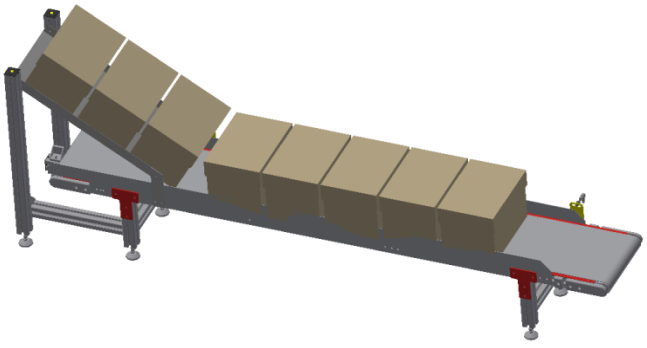
Във връзка с дългите интервали на автоматична работа без необходимост от смяна на кашона, е пресметната линейна скорост от 170 [mm/sec] като е използван ел. двигател с редуктор, с честота на въртене: 1400 [min-1]. Червячният редуктор (показан на фиг.3) е с предавателно отношение i=20, а диаметърът на задвижващите ролки е Ф46 [mm].

Отчитайки минималната маса на празните кашони е взето решение те да се зареждат под ъгъл, върху специално предвидена наклонена повърхност. Това е с цел създаване на разделение между активния кашон и първия празен, което се използва за правилно отчитане от предвидените сензори. Предвиждат се 3бр сензори със следното предназначение: наличие на първи празен кашон, наличие на активен кашон, препълване на пълни кашони (готова продукция) [3,4,5]. Сензорите са поставени на планки с канали, които позволяват изменение на позицията им в рамките на ± 10 mm.

Транспортната лента е с ширина B=280 [mm], съобразено с размерите на кашона. Предвидената хлабина е няколко милиметра, което позволява движение на кашона, но не и прекалено свободното му поведение, избягват се възможности за усукване по време на движение и др.

В края на сектора за пълни кашони е поставена преграда, която пречи на кашоните да паднат извън лентата и позволява приплъзване на лентата под тях. Изградена е от конструкция от алуминиеви структурни профили. Това е важно изискване, защото не може да се разчита на оператора да вземе пълните кашони навреме. Възможно е те да достигнат края на лентата и да паднат от нея. Поставянето на преграда е отлично решение, което позволява кашоните да приплъзват по лентата (предвид минималната маса, те не я натоварват допълнително при това си действие).

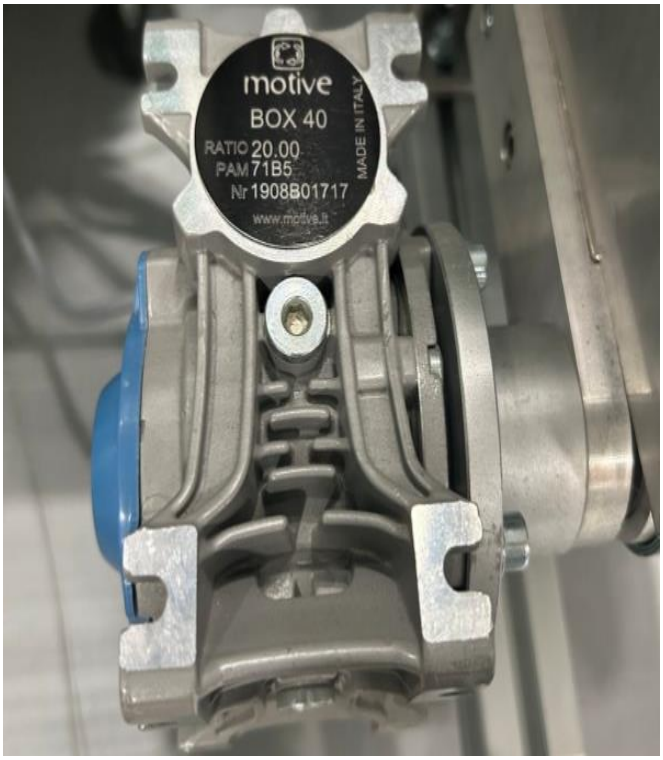
Цялата конструкция е поставена на регулируеми пети, които позволяват регулация в рамките на ± 20 [mm] по височина [6]. Това е важно изискване поради системните разминавания и разлики между конструкцията на проекта на CAD и реалното изпълнение.



Фиг. 2. 3D модел на транспортната система

Проектираното решение (3D изглед) е показано на фиг.2. Стремежът е да се спазят всички предварителни изисквания и системата да работи спрямо очакванията на инвеститора с предвидените за това кашони.

Наклоненият участък не е предмет на първоначалната конструкция и е добавен по-късно когато е отчетено, че е подходящо решение за разделяне на кашоните (създаване на разделение между тях).



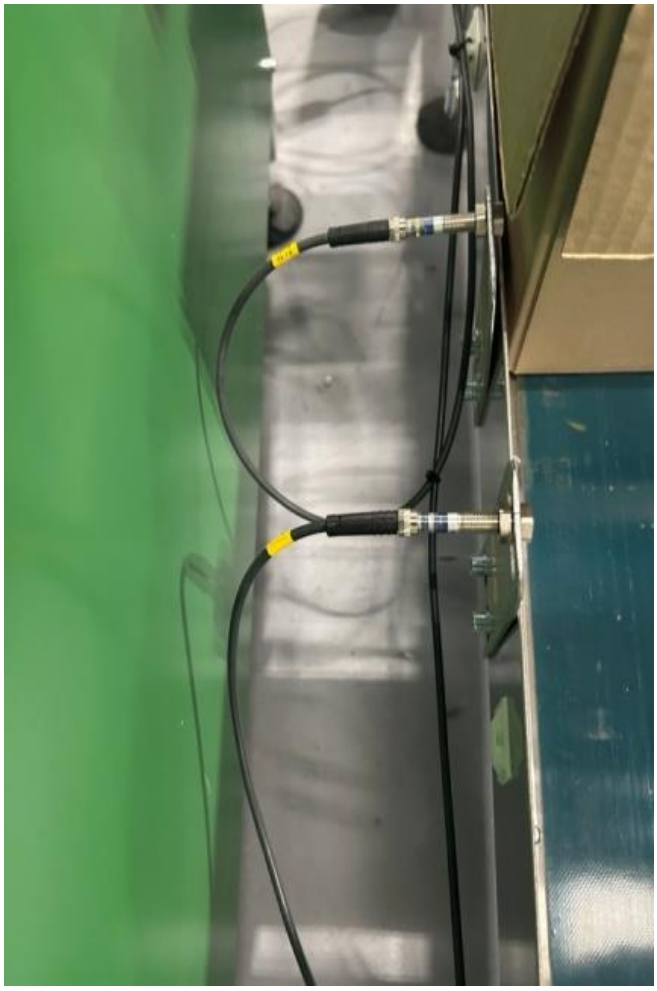
Фиг. 3. Мотор-редуктор на системата



Фиг. 4. Реален изглед на транспортна система

С цел безопасност и тяхното оцеляване, сензорите са поставени от вътрешната страна на конвейера, за да не могат да бъдат случайно ударени от логистични операции в близост до машината, извършвани от обслужващия персонал на съоръжението и други съоръжения в близост до него. Този тип решения са важни, защото увеличават общата надеждност на съоръжението. В практиката има редица случаи, в които се използват скъпоструващи сензори или други електронни устройства на неподходящи места, които се повреждат поради липса на защита.

ISSN 2682-9584



Фиг. 5. Разположение на сензори

IV. Експериментално изследване

Системата е проектирана за кашони, които нямат сгъваеми части, а са твърди паралелепипеди. Същевременно, след началото на проекта доставчикът на кашоните е сменен и старите не са възможни за доставка. За да се реши проблемът, от предприятието на крайния инвеститор, където е внедрена разработката, е предложено решение с 3D-принтирани държачи за сгъваемите части на кашона, които ги държат. Решението работи и по този начин транспортната система е адаптирана към актуалните възможности за доставка на материали и консумативи.

ТАБЛИЦА 1 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЛИНЕЙНАТА СКОРОСТ

Скорост [mm/sec]	**Резултат**
50	Прекалено ниска скорост
70	Прекалено ниска скорост
100	Все още ниска скорост
170	Номинална скорост на механичната система във връзка с предавателното число
200	Ненадеждно движение на кашоните
250	Ненадеждно движение на кашоните

В Таблица 1 са представени резултати от експерименталното изследване на оптималната скорост на движение. Тестът е проведен при различни стойности, което е възможно посредством инсталацията на честотен инвертор, който може да изменя подаваната честота на електрическия ток към мотора.

Механичната система осигурява номинална скорост от около 170 [mm/sec] и без наличието на по-горе споменатото електронно устройство. Изчисленията могат да се направят чрез уравнение (1), (2), (3)

$$n_{изх} = \frac{n_{вх}}{i} = \frac{1400}{20} = 70\ [min^{-1}] \quad (1)$$

Видно от уравнение (1), поради наличието на редуктор, изходните обороти са 70. Следващият етап от изчислението е да се определи какво е линейното преместване на лентата при едно завъртане на ролката, което зависи от нейния диаметър, дефиниран като Ф46 [mm].

$$S = \pi D = 3{,}14159.46 = 144{,}51\ [mm] \quad (2)$$

В уравнение (2) се изчислява линейното преместване на лентата за един оборот на завъртане на ролките.

$$V = \frac{Sn_{изх}}{60} = \frac{144{,}51.70}{60} = 168{,}6\ [mm/sec] \quad (3)$$

В уравнение (3) е получена окончателната скорост след като е извършено умножение с nизх, като стойността е закръглена до 170 [mm / sec] и съответно е представена с тази стойност в Таблица 1. Това е скоростта при тези механични параметри. Възможностите за изменение на скоростта по чисто механичен път са свързани с:

- Промяна на предавателното число (i) на редуктора (нов редуктор).
- Промяна на номиналните обороти на ел. двигателя.
- Промяна на диаметъра на ролките.

V. Заключение

Подходите при проектирането на посочената система са универсално приложими за други типове кашони, с други размери и други цели на автоматизацията. Добро решение е ако може да се помисли за универсална система, на която да могат да се регулират бордовете. Това ще позволи срещу известна допълнителна инвестиция в повече материали да се постигне универсална система. Икономии в себестойността ще се постигнат от редукцията на разнообразието на детайли, поддържаното многообразие от компоненти като складове наличности и др.

Решението с 3D-принтирани държачи за преградите на кашоните дава възможност да се работи с новия модел кашони при инвеститора, което е спасително решение, защото това обстоятелство не е съобщено в началото на проекта.

ISSN 2682-9584

Тази технология позволява бързо прототипиране, но понякога решенията остават за по-дълго и са трайно ефективни.

Конструирането на такъв тип транспортни системи изисква да е предварително известна оптималната(или зададената) скорост, за да се извършат изчисленията от уравнения (1), (2), (3) и да се избере редуктор. Важно е да се преработят и да се изведе i, което е търсеният резултат при избор на редуктор. Обикновено няма разлика в цената на редуктора във връзка с избраното предавателно число. Имат значение складови наличности и сроковете на доставка. Производителите имат на своите страници конфигуратори, които изчисляват дали предавката е оптимална по редица параметри.

При използването на сензори в такъв тип транспортни системи, те трябват да са защитени от различни фактори: от самите товари, от външни въздействия (удари), така че да не се нарушава тяхната работоспособност. Има редица решения за безконтактно откриване на обекти, включително ултразвукови сензори, които елиминират проблемите с цветове, форма, разнообразие на продуктите и др.

Не е ограничено до конструирането на транспортни системи, но във връзка с разминаванията между проектите в CAD среда и реалната изработка, дължащо се на редица фактори, включително толеранси и отклонения от форма на участващите детайли, се препоръчва да се предвиждат възможности за регулиране на позиции, височини, бордове и др. Това позволява правилно адаптиране на устройствата към цялостното съоръжение, без да се налагат допълнителни преработки. Все пак, възможностите за регулация трябва да са балансирани и оптимални, защото всяка възможност за регулация и настройка може да се превърне и в предпоставка и за разстройка, която да изведе съоръжението от работоспособност и то да дефектира.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите изказват благодарност на фирма КМС ИНЖЕНЕРИНГ ООД за предоставената техническа и логистична подкрепа.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Mitev V., I. Malakov; Analysis of the quality of polymer parts for automatic assembly. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060012. https://doi.org/10.1063/5.0195873

[2] Mitev P., I. Malakov; Development of a system for automatic feeding and orientation of cylindrical parts. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060017. https://doi.org/10.1063/5.0195879

[3] Boothroyd G., Assembly Automation and Product Design ISBN 1-57444-643-6

[4] Hesse S.,Rationalisation of small workpiece feeding. Orientating, sorting, checking and feeding . 2000 by Festo AG & Co

[5] Bootroyd G., C.R. Poli, L.E Murch (1978) Handbook of Feeding and Orienting Techniques for small parts

[6] Totev D., R. Dimitrova, S. Dimitrov, Main steps in the process of upgrade of existing systems for automation and control of industrial and manufacturing processes in order to fulfill the requirements of the concept "industry 4.0". AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060007. https://doi.org/10.1063/5.0195885

DEVELOPMENT OF A TRANSPORTATION SYSTEM FOR TRAYS

Penko Mitev
Technical University of Sofia
branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Milcho Tashev
Technical University of Sofia
branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria
e-mail: m_tashev@tu-plovdiv.bg

Abstract: This paper is dedicated to the process of design, calculations, production and integration of a transportation system for trays, part of an automatic production machine. The system works with empty, active and full trays and there is automatic change.

Key words: conveyor belt, transportation system, trays.

ISSN 2682-9584

ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА ОРИЕНТИРАНЕ И ОТСИЧАНЕ НА МЕТАЛНИ ВТУЛКИ

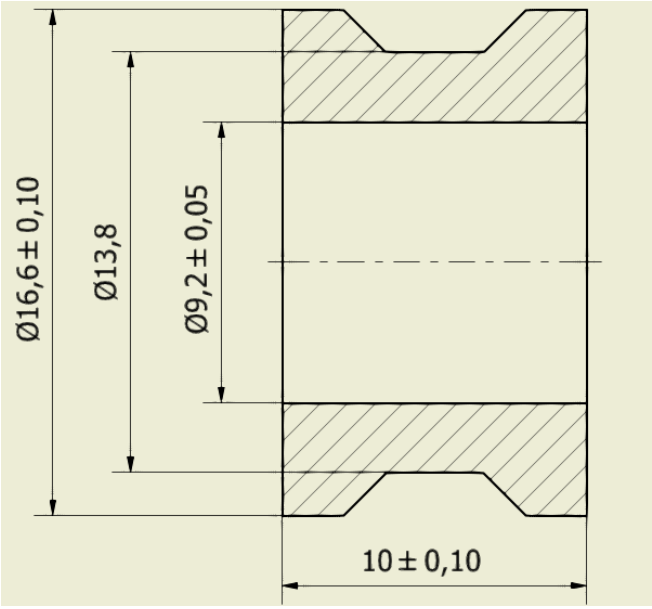
Пенко Митев
Технически Университет София,
филиал Пловдив
Пловдив, България
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Резюме:Този доклад е посветен на процеса по конструиране, проектиране, изработка и внедряване на система за ориентиране на метални втулки посредством вибробункер. Разгледани са предизвикателствата на ориентирането, направен е анализ на пригодността на детайла за автоматично ориентиране.

Ключови думи: система за ориентиране, вибробункер, втулка

I. Въведение

Докладът е посветен на процеса на конструиране, проектиране, пресмятане и експериментално изследване на система за ориентиране и отсичане на метални втулки показани на Фиг.1 Детайлът е от метал, т.е не попада в обхвата на полимерните изделия, за които има редица изисквания към качеството, особено при производство по технология на шприцване [1]. Възможно е да се използва стъпално елеваторно устройство, но разработката му усложнява прекалено конструкцията и използването на вибробункер е по-адекватното решение [2].



Фиг. 1. Втулка

Втулките са показани на фиг. 1. Детайлът е симетричен, което облекчава работата по автоматичното му ориентиране. Задачата се свежда до отстраняване на изправените устойчиви състояния, защото търсената ориентация на изхода е легнали на диаметър Ф16,6mm.

Общият процес, в който участва втулката се нарича на английски език “overmoulding”, което значи шприцване върху даден детайл. В конкретния случай, втулката се залага в шприцформа и около нея ще бъде шприцвана пластмаса, за да формира крайното изделие. Подобен процес съществува и при сходни изделия, но вместо втулки, при тях се залагат магнити и намират приложение в автомобилната промишленост, за управление на контролните сигнали по лоста за пътепоказателите, дългите светлини и клаксона на автомобила при някои марки.

Обект на доклада е проектирането и изработката на система за ориентиране и отсичане на втулката, след което същата трябва да се вземе с хващач от промишлен робот. Извън обхвата на доклада е цялото изделие, след шприцването. То попада в обхвата на проблемите с качеството на процеса на шприцване, на които трябва да се обърне внимание [1].

II. Оценка пригодността на детайла за автоматично ориентиране

За оценка на степента на пригодност на детайлите за автоматично ориентиране е използвана методиката за количествена оценка на технологичността на конструкцията, разработена в катедра "Автоматизация на дискретното производство". Получените резултати от прилагане на метода са показани в Таблица 1.

ТАБЛИЦА 1 ПРИГОДНОСТ НА ДЕТАЙЛА ЗА АВТ. ОРИЕНТИРАНЕ

Степен N	**Характеристика**	**Код**
Степен I	Изместен център на тежестта , метални	*2 000 000*
Степен II	Несвързващи се	*000 000*
Степен III	Прътови, феромагнитни	*10 000*
Степен IV	Две и повече манипулационни бази, разположени симетрично	*3 000*
Степен V	Две равнини на симетрия	*500*
Степен VI	С централен гладък проходен отвор	*20*
Степен VII	Без допълнителни признаци	*0*
	Кодов номер на детайла	*2 013 520*

Общата сума от показателите е равна на 13, което поставя детайла като средно сложен.

В Таблица 2 е показана оценката на детайла спрямо предложена система за кодиране.

ISSN 2682-9584

ТАБЛИЦА 2 ОЦЕНКА НА ДЕТАЙЛА ПО СИСТЕМА ЗА КОДИРАНЕ

№	Параметър	Стойност	Означение
1	Форма	Цилиндрични	*1*
2	Разположение	Почти симетрични	*2*
3	Материал	Метални	*M*
4	Маса	Нормални	*3*
5	Брой УС	Брой УС	*2*
6	Цвят	Едноцветни	*M*
7	Доп. геометр. характеристики	Наличие на отвори	*2*
8	Контролни маркери	Без доп. информация	*3*
9	Категория детайли	Други	*8*
10	Индустрия	Автомобилна	*3*
11	Сложност на ориентирането	Лесни	*1*
12	Конструктивни мерки във връзка с ориентирането	Отлично конструиран детайл	*4*
13	Склонност да се заплитат	Незаплитащи се	*1*
14	Външен дизайн	Неотговорни	*1*
15	Влияние на електростатика	Без влияние	*1*
Кодов номер на детайла: **1 2 M 3 2 M 2 3 8 3 1 4 1 1 1**			

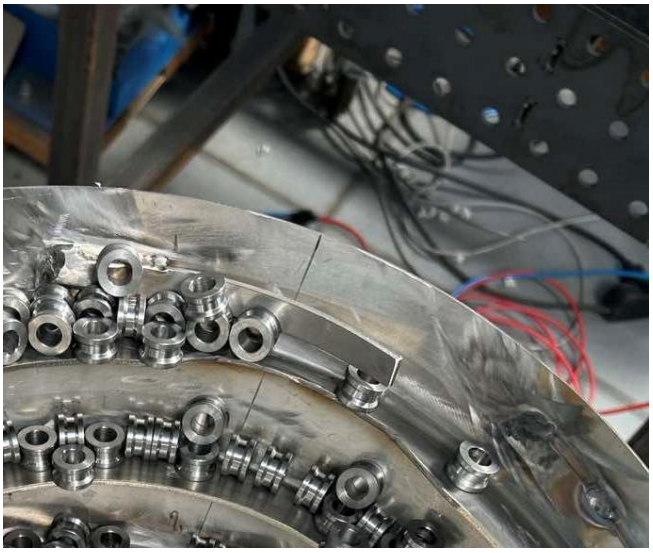
На база резултатите от Таблица 2 могат да се изведат следните твърдения за основните предимства на детайла:

- Детайлът е симетричен
- Устойчивите състояния са само две
- Не се заплита
- Неотговорен е

III. ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМАТА

Системата е базирана върху виброзадвижване Ф250 mm с посока „по часовниковата стрелка” (ПЧС) и конусна чиния Ф420 mm, изработена от неръждаема стомана. Отчита се масата на втулките, всеки детайл тежи 9 грама. При зареждане на 200-300 втулки едновременно, това води до съответно 1,8 кг и 2,7 кг разлика в масата на горната маса на вибробункера (включваща и чинията). Това обстоятелство може да се компенсира чрез стандартен метод с обратна връзка към управлението на вибробункера, но необходимостта от това ще се изследва по време на експерименталните изследвания. Първата стъпка е да се проектират ориентиращи елементи, които да осигуряват правилната ориентация на детайлите. Търсената производителност е 20 детайла / мин. Използва се огъната пластина, по която изправените детайли загубват баланс и падат обратно към чашата на вибробункера. На това място пътеката е стеснена, за да се улесни падането.

Теоретично е възможно да се търсят решения за оформяне на пластината по такъв начин, че тя да е играе ролята на активно ориентиращо устройство, т.е да преориентира изправените втулки до легнало състояние. Това не е лесна задача и е взето решение да не се прави, защото е предвидено, че производителността ще надхвърли многократно изискванията, дори без това активно ориентиране.



Фиг. 2. Чаша на вибробункера

Чашата на вибробункера е показана на фиг.2. Ориентиращият елемент от тип пластина е дублиран още веднъж, за да се осигури, че няма да има пропуснати детайли. Това обстоятелство е показано на фиг. 3. Теоретично е направена преценка, че първият ориентиращ елемент позволява малка част от детайлите да го прескочат и да се завъртят, като продължат движението си в изправено състояние. Благоприятното е, че се движат поединично и вторият ориентиращ елемент гарантирано ги филтрира [3,4,5].



Фиг. 3. Допълнителен ориентиращ елемент от тип пластина

Следващият етап е да се оформи изход. Направена е преценка той да е с дължина около 100 mm и да му се направи страничен борд. Изходът е наклонен под общ ъгъл 10° и е показан на фиг. 4.

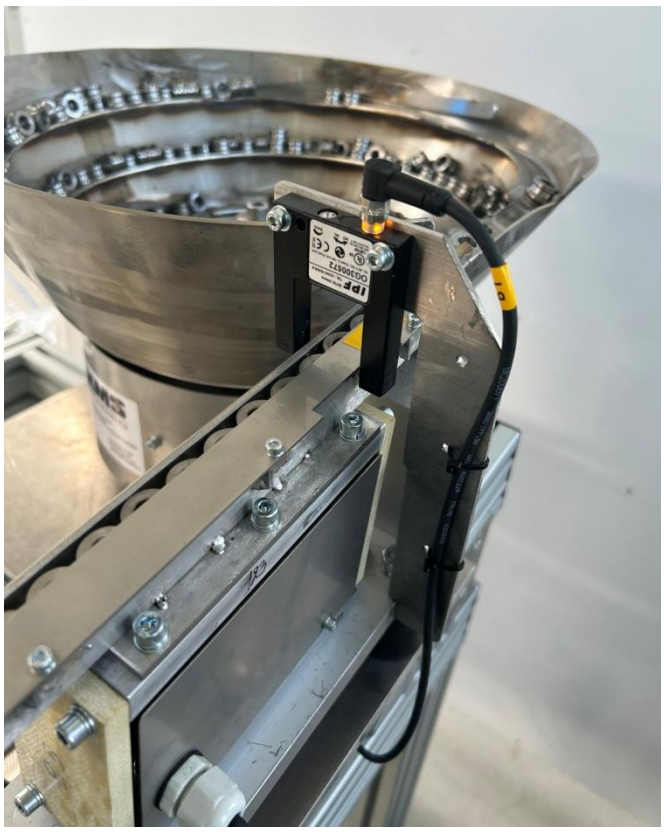
ISSN 2682-9584

Предвиден е този наклон, който по-късно ще се използва за механичното присъединяване и предаване на детайлите към линеен вибрационен транспортьор (ЛВТ). Наклонът ще спомогне влизането на детайлите в отсекателя и ще осигури правилната работа на устройството.



Фиг. 4. Оформяне на изход на вибробункера

На фиг. 5 е показан преходът между изхода на вибробункера и линейния вибрационен транспортьор (ЛВТ). Той играе ролята на технологичен задел с готови ориентирани детайли. В края на линейния участък е поставен сензор от тип „вилица”, който служи за сензор за максимум. Когато сигналът се задържи повече от 2 [s], вибробункерът се спира.



Фиг. 5. Преход между вибробункер и ЛВТ

Линейният участък е проектиран от неръждаеми детайли, които са прецизно изрязани посредством технология на лазерно рязане, след което детайлите са заварени. Поставен е капак, който ограничава възможността за надскачане между детайлите. Целият линеен вибрационен транспортьор е наклонен под ъгъл 10°, същият ъгъл, под който е наклонен и изходният линеен участък на вибробункера. На фиг. 6 е показан и предният край на ЛВТ. Първите две втулки се избутват от напора в специалното гнездо на отсекателя. Общо технологичният задел по цялата дължина на шината е около 25 бр. На всеки цикъл се взимат по 2бр, а цикловото време е около 5 сек.



Фиг. 6. Оформление на ЛВТ отпред

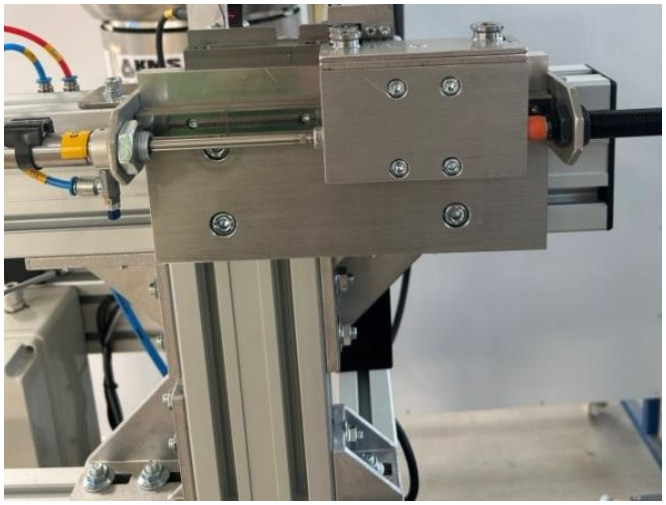
На фиг. 7 е показан и отсекателят на системата. Той е изграден от пневматичен цилиндър, чийто ход е ограничен от демпфер. Това позволява настройка на точната позиция. Междуосовото разстояние между двете гнезда е съобразено с изискване на клиента, защото втулките трябва да се вземат от промишлен робот с готов, изработен предварително за целта хващач.

На пневматичния цилиндър са поставени 2 бр магнитни сензори за отчитане на позицията на буталото.

Освен това е инсталиран и лазерен оптичен сензор, чрез който се определя събитието на влязла в гнездото втулка, което е сигнал за готовност за отсичане.

На фиг. 8 са показани електронните управления за вибрациите на двете вибрационни устройства – ВБЗУ и ЛВТ. Настройката е безстепенна и отразява подаваното напрежение към системата.

ISSN 2682-9584



Фиг. 7. Отсекател



Фиг. 8. Електронни управления за ВБЗУ и ЛВТ

Цялостната система в завършен вид е показана на фиг. 9. Системата работи с електрическо захранване 230 [VAC], 1ф и пневматично захранване с входен диаметър на тръбопровода – Ф8 [mm].



Фиг. 9. Финализиран вид на системата

IV. Експериментално изследване

При направеното първоначално експериментално изследване на производителността е отчетена стойност: 36 [бр. Детайли] / 20 [sec]. Това означава теоретична производителност около 108 [бр. / min] [6].

ТАБЛИЦА 3 РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ

Опит №	**Брой ориентирани детайли**
1	100
2	110
3	105
4	92
5	104
	Средно: 102 [бр. / min]

Експерименталното изследване потвърждава, че има излишък от производителност, което изключва нуждата от по-сложна форма на ориентиращите елементи от тип „пластина”.

Допълнително е направено изследване на влиянието на количеството заредени детайли в чинията предвид металния им характер. Действително, при зареждане на допълнителни 200-300 бр, масата се увеличава с описаните в глава „Проектиране на системата” стойности и амплитудата намалява.

След известен период на работа, втулките намаляват и амплитудата отново се повишава, без да се променят никакви настройки по електронните управления. В конкретния случай това не е от значение, защото ориентирането е сравнително опростено и работи и с по-големи колебания в амплитудата, което не налага необходимостта от поставяне на сензор за обратна връзка, който да компенсира този тип разлики.

ISSN 2682-9584

V. Заключение

Подходите при проектирането на посочената система са универсално приложими за други типове детайли, които трябва да се ориентират автоматично [7,8].

Конструкцията на детайла е от изключително значение за работата на системите за автоматично ориентиране и захранване. В конкретния случай детайлът е симетричен и лесен за ориентиране. Налице е висока производителност и системата надвишава потребностите на автоматичния процес. По практическо правило, системата за ориентиране следва да е поне 20% по-бърза от основния процес.

При детайли от метал влиянието върху горната маса при пълен и празен вибробункер са значителни и при по-деликатни детайли това може да създаде затруднения. В тези случаи се препоръчва използване на сензор за обратна връзка на амплитудата.

Благодарности

Авторът изказва благодарност на фирма КМС ИНЖЕНЕРИНГ ООД за предоставената техническа и логистична подкрепа.

Използвана литература

[1] Mitev V., I. Malakov; Analysis of the quality of polymer parts for automatic assembly. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060012. https://doi.org/10.1063/5.0195873

[2] Mitev P., I. Malakov; Development of a system for automatic feeding and orientation of cylindrical parts. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060017. https://doi.org/10.1063/5.0195879

[3] Boothroyd G., Assembly Automation and Product Design ISBN 1-57444-643-6

[4] Hesse S.,Rationalisation of small workpiece feeding. Orientating, sorting, checking and feeding . 2000 by Festo AG & Co

[5] Bootroyd G., C.R. Poli, L.E Murch (1978) Handbook of Feeding and Orienting Techniques for small parts

[6] Totev D., R. Dimitrova, S. Dimitrov; Main steps in the process of upgrade of existing systems for automation and control of industrial and manufacturing processes in order to fulfill the requirements of the concept "industry 4.0". AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060007. https://doi.org/10.1063/5.0195885

[7] Malakov I., V.Zaharinov. Choosing an Optimal Size Range of the Product “Pipe Clamp”.(Book Chapter). In: Matoušek R., Kůdela J. (eds) Recent Advances in Soft Computing and Cybernetics., ISSN: 14349922, Springer, Cham., Volume 403, 2021, Pages 197-213,DOI: 10.1007/978-3-030-61659-5_17

[8] Malakov I., V. Zaharinov. Interactive Software System for Multicriteria Choosing of the Structural Variant of Complex Technical Systems. Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium, ISBN 978-3-901509-91-9, ISSN 2304-1382, Editor B[ranko] Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria 2012, pp. 0199-0204.

DEVELOPMENT OF A FEEDING SYSTEM FOR METAL SLEEVES

Penko Mitev
Technical University of Sofia
branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Abstract: This paper is dedicated to the process of design, calculations, production and integration of a feeding system for metal sleeves using a vibratory bowl feeder. Reviewed are the challenges related to the orientation, also made is an analysis of the suitability of the parts for automatic feeding.

Key words: feeding system, vibratory bowl feeder, sleeves

ISSN 2682-9584

СИСТЕМА ЗА АВТОМАТИЧНО ТЕГЛЕНЕ НА МИДИ

Пенко Митев
Технически Университет София
Филиал Пловдив
Пловдив, България
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Резюме:Този доклад е посветен на процеса по конструиране, проектиране, изработка и внедряване на система за автоматично теглене на миди в разфасовки от 250 [g], 500 [g], 1 [kg].

Ключови думи: система за теглене, автоматично теглене

I. Въведение

В този доклад се разглеждат проблемите на конструирането, проектирането и производството на система за автоматично теглене на миди в разфасовки от 250 [g], 500 [g], 1 [kg]. Изискването за точност е до 5 [g].

Мидите са продукт, който е много деликатен. Поради естеството им (храна), трябва да се използват правилните материали за производство на съоръжението. Допълнително, те съдържат в себе си голямо количество вода, която може да изтече при по-продължителна работа с тях.

Системата за теглене е част от автоматична линия за опаковка на миди. Изискването е да се теглят гореспоменатите разфасовки като накрая се опаковат в мрежа от тип „гаца", подобно на опаковката на плодове и зеленчуци за целите на големите вериги хипермаркети. Съществена разлика спрямо тези продукти е изискването гацата да е възможно най-стегната и опаковката да е фиксирана. Това се прави с цел противодействие на изтичането и загиването на мидите. Те трябва да оцелеят по-дълго, след което се замразяват и транспортират посредством автомобилен и въздушен транспорт до крайните си пазари, на които се реализират.

При тегленето най-общо е важно да се избере правилният тип тензометричен сензор, който да издържа на необходимото натоварване.

$$m_N > (m_1 + m_2)SF \quad (1)$$

В уравнение (1) е предложен начин на избор на тензометричен сензор. m_1 е масата на най-голямата разфасовка (в случая 1 kg). m_2 е масата на системата (неръждаем контейнер, други участващи детайли). SF е коефициент на безопасност, който следва да се избере със стойност от поне 2. Това е необходимо, защото системата все пак има и динамични натоварвания от падането на мидите върху неръждаемия контейнер. Тези удари водят до моментно, фалшиво повишаване на отчитаната маса, които след това се филтрират от съответните алгоритми. Друг фактор, който е от динамичен характер е наличието на вода в мидите.

По време на тегленето, тя участва в масата, но същевременно изтича извън механичната система.

II. Анализ на проблема

При този продукт е изключително нецелесъобразно да се прави оценка на пригодността за автоматична манипулация. Описаният по-горе деликатен характер на „детайла" не позволява оценката му по известните методики [1,2].

В допълнение, цялостната околна среда е с голямо съдържание на морска вода, която циркулира. Това е неблагоприятно за всички инженерни и в частност конструктивни решения, които трябва да се вземат във връзка с проектираната система.

Високите нива на влажността увреждат детайли от въглеродни стомани, както и някои детайли от по-масово разпространените на пазара неръждаеми стомани, като например AISI304(1.4301).

Част от факторите, които оказват влияние на точността на претегляне са:

- Неясен брой миди, които ще паднат от ръба на ЛВТ, след като се спре сигналът
- Неясно количество вода.
- Залъгването на системата от т.нар impact (удар) от самото падане на мидите.

Всички предпоставки и конструктивни съображения трябва да бъдат поставени под значително съмнение. Това е така, защото продуктът е прекалено деликатен и значително дистанциран от класическите машиностроителни продукти или продукти от по-популярните области на промишлеността.

Всяко взето решение за избор на материал трябва също да се проверява още веднъж. Цялото мислене на конструктора в проекти като тези се преобръща, защото всички първоначални решения обикновено са „грешни", т.е неподходящи за тази работна среда. Това не е класическият случай на мехатронна система за монтаж, която е поставена в промишлена сграда, снабдена с правилните работни условия (темперирана, наличие на правилна влажност и др.). Наличието на висока влажност на въздуха в резултат от циркулирането на морска вода във ваните, в които се държат мидите преди тяхното опаковане е пагубно за голяма част от материалите. Ето защо трябва да се търсят материали с висока корозионна устойчивост.

ISSN 2682-9584

Много от стандартните компоненти като например пневматични цилиндри не предлагат толкова богата гама от размери, както обикновените им изпълнения. Всички тези предизвикателства ще окажат влияние върху процеса на проектиране и върху цялостната надеждност на крайното изделие.

III. ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМАТА

Системата е проектирана върху рама от неръждаеми профили, които имат регулируеми по височина крака. Много важно за правилната работа на тензометрите (теглещите елементи) е системата да е правилно нивелирана (от механична гледна точка) и правилно заземена електрически. Използват се неръждаеми тензометри, предвид влиянието на морската вода навсякъде.

Предвидени са две линейни вибрационни устройства за грубо дозиране и едно за фино. Всички те делят общ кош, в който се изсипват мидите. На коша са разположени настройваеми шибъри, който позволяват да се увеличава или намалява ефективната височина на отвора (процепа), което регулира индивидуално и подаваното количество миди към теглещите устройства. Това е ефективен начин да се дозира и да се избегне предозиране или падане на миди от едно линейно устройство към друго.

Във връзка с опасната работна среда е проектиран специален пневматичен вибрационен задвижващ елемент, който работи със сгъстен въздух. Това е направено с цел безопасност, защото класическият електромагнит може да не издържи на условията [3].

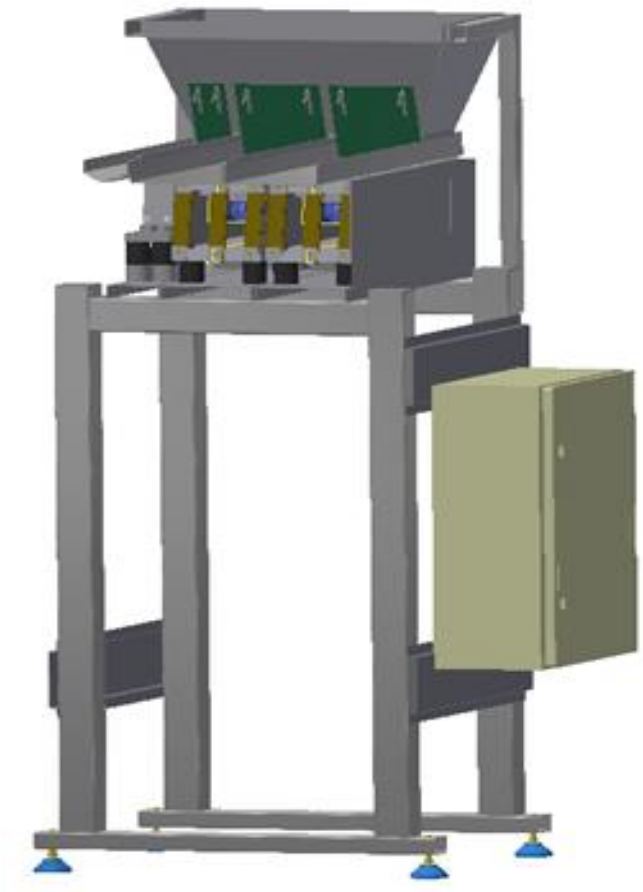
На фиг.1 е показан 3D модел на проектираната система за дозиране.

Устройството за теглене е показано на фиг. 2. То е на самостоятелна конструкция от профили с оглед на това, че не трябва по никакъв начин да има връзка с механичната конструкция на дозиращите устройства, които вибрират и тези вибрации ще се предадат и това ще доведе до грешки в измерването (тегленето). Освен тензометричните сензори, съдържателят е снабден и с клапа, която се отваря с цел да се изсипе съдържанието. Тя се задвижва от пневматичен цилиндър. За тензометричен сензор е избран LAUMAS FCK 5 kg.

За тензометричен сензор е избран FCK 5 kg, производство на италианската фирма LAUMAS Elettronica SRL, като реално се предвижда се използват 2бр такива сензори, по един във всеки от двата края на теглещото устройство. И двата са от тип „на срязване” (от англ „shear beam”).

Основните параметри на сензора са:

- Комбинирана грешка 0,02 [%]
- Неръждаема конструкция
- IP68 клас на защита
- Номинален товар 5 [kg]
- Изходен сигнал 2 [mV/V] ± 1[%]
- Деформация при номинален товар: 0,4 [mm]
- Дължина на кабела: 3 [m]



Фиг. 1. 3D модел на проектираната система



Фиг. 2. Реално изработена система

ISSN 2682-9584



Фиг. 3. Тензометричен сензор от тип „на срязване

Управлението на тензометричните сензори е модел W200 на LAUMAS и е показано на фиг. 4.



Фиг. 4. Управление за тензометрични сензори

Основните параметри са:

- Свързване на до 4бр теглилки успоредно
- 3 входни (IN) и 3 изходни (OUT) релета, които са свободно програмируеми на база достигната стойност на претегляното количество;
- RS232 / RS485 интерфейси за комуникация;
- Захранващо напрежение 24VDC;
- Възможност за извършване на цикли по зареждане и разреждане без необходимост от външен програмируем контролер.
- (Опционално) Други комуникационни протоколи като PROFINET на SIEMENS и Ethernet/IP.
- Клас на защита: IP67

IV. Експериментално изследване

ТАБЛИЦА 1 Точност на теглене

Опит №	Претеглено количество [g]:	Време за претегляне [s]:
1	499	3,0
2	505	2,5
3	510	2,7
4	502	2,5
5	503	2,4

Резултатите от експериментите са показани в Таблица 1. Номиналното претегляно количество е 500 [g] Целта е да се постигне дефинираната в ТЗ точност от 1 [g] Основното предизвикателство в тази разработка е настройката на теглещата система и по-конкретно на контролния ѝ блок. Участват множество параметри, които трябва да се оптимизират, за да се постигне точността [4,5]. Проведени са множество експерименти, които са довели до резултати за точните стойности на старт и стоп на всяка от виброшините за грубо и фино дозиране, така че да има повторяемост на процеса.

Принципът на работа на устройството може да бъде разгледан на следната страница:

https://www.youtube.com/watch?v=H8-A1t1kMeY.

ТАБЛИЦА 2 Точни моменти на спиране на устройствата

Доза	Шина 1 - грубо	Шина 2 - грубо	Шина 3 - фино
250 [g]	100	190	250
500 [g]	400	450	500
1 [kg]	800	950	1000

В Таблица 2 са представени стойностите на окончателните настройки в управлението на тензометричните датчици. Тези стойности се задават по комуникация RS485 от програмируемия контролер на цялата линия, във връзка с избраната доза в текущия момент. В правилната настройка участват множество параметри. Трябва да се отбележи, че един от основните е разстоянието между ръба откъдето падат мидите, до дъното на контейнера, на който са поставени тензометричните сензори. Това е така, защото времето за падане също трябва да се отчете, както и внезапният „удар”, който повишава стойността на претегленото количество моментно, след което тя се успокоява.

V. Заключение

Подходите при проектирането на посочената система са универсално приложими за проектиране на други системи за автоматизирано теглене – на крепежи, на пластмасови детайли, на други елементи. Автоматичното теглене е процес, при който могат да се извършват няколко функции:

- дозиране на компоненти – позволява бързо дозиране на компоненти за по-нататъчна обработка като например опаковка
- контролна функция – ако детайлите са отделени по друг начин, например чрез броене, контролирането на тяхната маса е начин за проверка на процеса

Изборът на тензометрични сензори зависи от типа приложение. Освен „на срязване” има и така наречените „единичен товар”, които използват един сензор, който е в центъра на товара. Това понижава точността и е възможно да доведе до грешки. Дори класическите кантари за хора използват по няколко тензометрични сензора, свързани паралелно.

ISSN 2682-9584

Тегленето е процес, при който детайлите падат от дадено зареждащо устройство към най-общо съдържател, който е снабден с тензометрични сензори. Участващи параметри са времето за падане, реализираният механичен удар, конструкцията на клапата за затваряне/отваряне (т.е изсипване на съдържанието) и др.

При отворено състояние на клапата, показанията за претеглената маса са неточни. Това е така, защото системата се калибрира (тарира) при затворено състояние. Добра практика е след всяко затваряне на клапата (при възможност), да се извършва тариране. Това гарантира точни резултати и невъзможност да се натрупа допълнителна грешка с течение на работата.

При „детайли" от типа на мидите има наличие на вода, която участва по време на тегленето, но в последствие изтича. Следва да се предвидят алгоритмични компенсации, които да отстраняват този проблем и да подобряват точността на претегляните дози / опаковки.

Благодарности

Авторът изказва благодарност на фирма КМС ИНЖЕНЕРИНГ ООД за предоставената техническа и логистична подкрепа.

Използвана литература

[1] Mitev V., Ivo Malakov; Analysis of the quality of polymer parts for automatic assembly. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060012. https://doi.org/10.1063/5.0195873

[2] Mitev P., I. Malakov; Development of a system for automatic feeding and orientation of cylindrical parts. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060017. https://doi.org/10.1063/5.0195879

[3] Totev D., Reneta Dimitrova, Slav Dimitrov; Main steps in the process of upgrade of existing systems for automation and control of industrial and manufacturing processes in order to fulfill the requirements of the concept "industry 4.0". AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060007. https://doi.org/10.1063/5.0195885

[4] Malakov I., V.Zaharinov. Choosing an Optimal Size Range of the Product "Pipe Clamp".(Book Chapter). In: Matoušek R., Kůdela J. (eds) Recent Advances in Soft Computing and Cybernetics., ISSN: 14349922, Springer, Cham., Volume 403, 2021, Pages 197-213,DOI: 10.1007/978-3-030-61659-5_17

[5] Malakov I., V. Zaharinov. Interactive Software System for Multicriteria Choosing of the Structural Variant of Complex Technical Systems. Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium, ISBN 978-3-901509-91-9, ISSN 2304-1382, Editor B[ranko] Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria 2012, pp. 0199-0204.

[6] Ogunbiyi, Olalekan & Mohammed, Oloruntoba & Adesina, Lambe. (2023). Development of an Automated Estimating Electronic Weighing Scale. ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD). 6. 59-66. 10.53982/ajerd.2023.0601.08-j.

SYSTEM FOR AUTOMATIC WEIGHING OF CLAMS

Penko Mitev
Technical University of Sofia
branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Abstract: This paper is dedicated to the process of design, calculations, production and integration of a system for automatic weighing of clams in packages of 250 [g], 500 [g], 1 [kg].

Key words: weighing system, automatic weighing

ISSN 2682-9584

ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА ОРИЕНТИРАНЕ НА ПЛАСТМАСОВИ КАПАЧКИ

Пенко Митев
Технически Университет София
Филиал Пловдив
Пловдив, България
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Резюме:Този доклад е посветен на процеса по конструиране, проектиране, изработка и внедряване на система за ориентиране на неметални посредством вибробункер. Разгледани са предизвикателствата на ориентирането, направен е анализ на пригодността на детайла за автоматично ориентиране.

Ключови думи: система за ориентиране, вибробункер, капачки

I. Въведение

На фиг. 1 е показан детайлът, обект на настоящия доклад. Изработен е от пластмаса, и попада в обхвата на полимерните изделия, за които има редица изисквания към качеството поради технология на производство - шприцване [1,2].

Детайлът има множество вътрешни асиметрични характеристики, които умишлено не са показани на чертежа, за да служи той за обща представа и информация за габаритните размери.



Фиг. 1. Капачка

Първоначална практическа оценка показва, че детайлът е средно сложен и все пак може да се ориентира автоматично. Могат да се използват стандартни техники за автоматични ориентиране за капачки [3,5].

Детайлът представлява дюза за спрей и се използва в медицинската техника. Това изисква по-задълбочен предварителен анализ, изследвания и подготовка. Необходимо е в проектната документация да се заложи изпълнение на устройството за ориентиране от материал неръждаема стомана AISI 316 / AISI 316L за всички повърхнини, които са в контакт с детайла.

Необходимо е да се направят предварителни изчисления за необходимия брой детайли, които да работят с едно зареждане на ориентиращото устройство.

Оптималното количество е предпоставка за правилна работа. Препълването води до влошаване на производителността и до редица проблеми по отношение правилната работа на ориентиращите елементи.

Обикновено те са настроени така, че да пропускат определено количество детайли, които преминават през тях, но дистанцирани, един след друг. Събирането на множество детайли един до друг е предпоставка за задръствания и спиране на системата. Тези ефекти влияят пряко върху общата надеждност на системата.

II. Оценка пригодността на детайла за автоматично ориентиране

За оценка на степента на пригодност на детайлите за автоматично ориентиране е използвана методиката за количествена оценка на технологичността на конструкцията,разработена в катедра "Автоматизация на дискретното производство". Получените резултати от прилагане на метода са показани в Таблица 1.

ТАБЛИЦА 1 ПРИГОДНОСТ НА ДЕТАЙЛА ЗА АВТ. ОРИЕНТИРАНЕ

Степен N	**Характеристика**	**Код**
Степен I	Известен център на тежестта , неметални	*3 000 000*
Степен II	Свързващи се по механичен път	*600 000*
Степен III	Прътови, немагнитни	*20 000*
Степен IV	Две и повече манипулационни бази, разположени симетрично	*3 000*
Степен V	Две равнини на симетрия	*500*
Степен VI	С централен гладък проходен отвор	*20*
Степен VII	Без допълнителни признаци	*0*
Кодов номер на детайла		*3 623 320*

Общата сума от показателите е равна на 19, което оценя автоматизацията от средна сложност. Необходимо е да се разработи системата за ориентиране и да се извърши експериментална проверка.

Основните практически проблеми, върху които трябва да се работи са в две направления: постигане на нужната производителност и достатъчна надеждност на съоръжението.

По отношение на производителността, тя зависи пряко от броя устойчиви състояния, както и от свойството на детайлите да се заплитат или да влизат един в друг.

ISSN 2682-9584

Качеството на детайлите е от първостепенно значение и всякакви отклонения свързани с процеса на шприцване задължително ще доведат до проблеми с производителността [1], спирания на системата, задръстване и обща нужда от намеса на обслужващ персонал. Така се губи автономността на системата.

Надеждността, от гледна точка на анализа отново се свежда до качеството на детайлите. В случай на прекалено значителни отклонения от предвидените толеранси, проектираните ориентиращи елементи на системата ще доведат до заклинване на детайлите и спирания свързани с това. За да се изгради една надеждна система, на първо място трябва да се оцени въпросът отново с качеството на детайлите. Ориентиращите елементи трябва да са надеждно проектирани и изследвани при различни параметри и настройки на механичната система на вибробункера. В Таблица 2 са показани резултатите от приложена система за кодиране на детайла по различни признаци, като за всеки признак се получава цифрова или буквена стойност. Съвкупността от всички знаци генерира уникалният код на детайла спрямо системата.

ТАБЛИЦА 2 ОЦЕНКА НА ДЕТАЙЛА ПО СИСТЕМА ЗА КОДИРАНЕ

№	Параметър	Стойност	Означение
1	Форма	Конусна	*2*
2	Разположение	Несиметрични	*3*
3	Материал	Пластмаса	*P*
4	Маса	Леки	*2*
5	Брой УС	Брой УС	*2*
6	Цвят	Едноцветни	*M*
7	Доп. геометр. характеристики	Наличие на отвори	*2*
8	Контролни маркери	Без доп. информация	*3*
9	Категория детайли	Капачки	*5*
10	Индустрия	Медицина	*1*
11	Сложност на ориентирането	Средни	*2*
12	Конструктивни мерки във връзка с ориентирането	Без конструктивни мерки спомагащи ориентирането	*1*
13	Склонност да се заплитат	Заплитащи се	*2*
14	Външен дизайн	Неотговорни	*1*
15	Влияние на електростатика	Нормално влияние	*2*
Кодов номер на детайла: 2 3 P 2 2 M 2 3 5 1 2 1 2 1 2			

III. ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМАТА

Системата е базирана върху виброзадвижване Ф400 mm с посока „обратно на часовниковата стрелка” (ОЧС) и конусна чиния Ф550 mm, изработена от неръждаема стомана.

Детайлите са неметални, което означава, че не се очаква прекалено голяма разлика в масата при пълно зареждане с капачки и когато вибробункерът се изпразни и е необходимо ново зареждане.



Фиг. 2. Чаша на вибробункера

Чашата на вибробункера е показана на фиг.2. Първата стъпка е да се проектират ориентиращи елементи, които да осигуряват правилната ориентация на детайлите. Търсената производителност е 30 [детайла / min]. Първият ориентиращ елемент е показан на фиг. 3.



Фиг. 3. Първи ориентиращ елемент

Оформен е като дъга, която кара детайлите да се разделят като понякога това премахва свързали се по механичен път съгласен Степен II детайли [3].

Следващият ориентиращ елемент е група от освобождения (изрязвания в пътя), които целят да премахнат детайлите, които не се движат на дъното си. Това е стандартен подход при ориентиране на капачки.

След това следва ориентиращ елемент от тип „пластина”, който е повдигнат нагоре. Това е входната точка към участък с по-прецизно водене, в който детайлът е ограничен.

На участъка от фиг.4 детайлите се движат с по-прецизно водене, ограничени са от няколко страни. Целта е на имат по-строго дефинирано положение преди да достигнат изхода. Въпреки този подход, на по-късен етап, в експерименталното изследване е установено, че това не е достатъчно и има един финален ориентиращ елемент от тип „пневматични дюзи”, показани на фиг. 5.

ISSN 2682-9584



Фиг. 4. Участък с по-прецизно водене



Фиг. 5. Пневматични дюзи

Тези дюзи отговарят за извеждането на все пак достигнали по неправилен начин капачки и тяхното връщане в основата на чашата, за да не попаднат във външния път.

Финалният етап е да се оформи външен път (външна периферия), по която капачките да се придвижат и да се транспортират към следващо устройство [4,5]. Пътят е изграден от цилиндрични неръждаеми профили, които са заварени на специално конструирани държачи, с оформени в тях гнезда, на които лягат цилиндричните водачи.



Фиг. 6. Оформяне на изход на вибробункера

При така реализираната система има изискване за постоянно пневматично захранване. То трябва да бъде постоянно, регулирано и гарантирано, защото дюзите се явяват ориентиращ елемент. Вибробункерът не трябва да работи без те да са включени. Стандартните пневмо-подготвящи групи предоставят различни модули, които могат да обезпечат правилната работа на системата. При такъв тип проекти задължителни елементи са ръчен кран, вентил ВКЛ/ИЗКЛ (ако е инсталиран програмируем контролер), сензор за наличие на налягане. Използването на тези компоненти гарантира висока надеждност на автоматизацията.

Друг важен фактор при интегрирането на вибробункери са възможностите за точна настройка на позицията. В реализацията на системата, обект на настоящия доклад, са налице гумени тампони, които предотвратяват предаването на вибрациите към други устройства, които участват в проекта. Те са закрепени към алуминиева плоча, в която са изработени проходни отвори, които се навиват във вътрешната резба на тампоните. Посредством винтове с външен шестостен е реализирана възможност за настройка по височина спрямо втора плоча, което позволява прецизно регулиране след като системата се инсталира финално. Това е важна възможност, защото в практиката винаги се откриват разлики спрямо предварителните преценки и CAD проекти. Такъв тип грешки и неточности се отстраняват с възможности за регулация. Важен фактор е да не се преминава границата на разумното, т.е да не се предоставят прекалено големи възможности за регулация, защото наблюдението върху различни проекти показва, че много често възможностите за регулиране се използват погрешно от специалистите по поддръжка при инвеститорите. Много често се практикува и подходът „проба-грешка”, без да се прави анализ за причинно-следствените връзки.

Етапът на проектиране и изработка на системата включва и преценки за надеждността на системата и нейната устойчивост срещу бъдещите ѝ оператори. Използването, например, на тънки медни тръбички за дюзи в редица случай не е добро решение поради това, че се огъват лесно. Това позволява на всеки оператор, който се опитва да почисти дадено задръстване, да размести дюзата и да лиши вибробункера от един от ориентиращите му елементи.

IV. Експериментално изследване

Получената производителност е около 21 [детайла / min]. Това надвишава текущия процес, който е с производителност 5 капачки/мин. [6]. Резултатите са представени в Таблица 3.

ТАБЛИЦА 3 РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА

Опит №	Брой ориентирани детайли
1	20
2	20
3	24
4	21
5	20
Средно: 21 [бр. / min]	

ISSN 2682-9584

Един от основните критерии за правилната работа на едно съоръжение, което включва вибробункер е производителността, която то постига. Основният критерий е това, в комбинация с правилната ориентация и отсъствието на грешки. Не е налице 100% безпроблемно ориентиране, защото то зависи основно и от качеството на детайлите. Изследването на производителността е препоръчително да се прави при различно времетраене, както и при различни режими. Основните фактори, с които може да се експериментира:

- Количество на заредените детайли в чашата;
- Скорост на движение [mm/sec] на детайлите (амплитуда), в следствие от регулиране на подаваното напрежение [V];

ТАБЛИЦА 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЛИНЕЙНАТА СКОРОСТ

U [V]	Скорост на движение [mm/sec]	Резултат
50	20	Ниска скорост, отсъства производителност
80	25	Ниска скорост, отсъства производителност
120	40	Оптимална производителност
150	60	Ниска производителност поради високата амплитуда, детайлите падат
200	-	Ниска производителност поради високата амплитуда, детайлите падат
Средно: 21 бр / мин		

Реализиран е друг опит със системата, при който е изменено подаваното напрежение и е измерена линейната скорост на движение на детайлите във вибробункера. Резултатите са представени в Таблица 3. От тях е видно, че връзката между напрежение и скорост на движение е почти линейна, но не трябва да се пренебрегва резултантната амплитуда и поведението на конкретните детайли. Много често срещата грешка е, че увеличаването на амплитудата неминуемо води до повишаване на производителността. Това е невярно твърдение и води до влошаване работата на вибробункерите.

V. Заключение

Подходите при проектирането на посочената система са универсално приложими за други типове детайли, които трябва да се ориентират автоматично [7,8].

Правилният избор на устройство, подходи, конструкция на ориентиращи елементи изисква опит в различни проекти за ориентиране.

Ориентирането, въпреки наличието на CAD системи, все още е до голяма степен граничещо с изкуство. Процесът на разработка на такива устройства е базиран на много опити, оптимизации, което е времеемко. Динамичните симулации в CAD/CAE среда са ограничени и не могат да бъдат напълно надежден подход за предварително конструиране на 100% на едно такова устройство.

Когато се използват ориентиращи елементи от тип пневматични дюзи е важно да се осигури достатъчен дебит и да се контролира, че към дюзите наистина се подава пневматично захранване, защото в противен случай ориентиращото устройство се лишава от част от функционалността си.

Увеличаването на напрежението (амплитудата) не води непременно до повишаване на производителността. При всяка система има различни оптимални настройки, които трябва да се открият посредством експерименти.

Благодарности

Авторът изказва благодарност на фирма КМС ИНЖЕНЕРИНГ ООД за предоставената техническа и логистична подкрепа.

Използвана литература

[1] Mitev V., I. Malakov; Analysis of the quality of polymer parts for automatic assembly. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060012. https://doi.org/10.1063/5.0195873

[2] Mitev P., I. Malakov; Development of a system for automatic feeding and orientation of cylindrical parts. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060017. https://doi.org/10.1063/5.0195879

[3] Boothroyd G., Assembly Automation and Product Design ISBN 1-57444-643-6

[4] Hesse S.,Rationalisation of small workpiece feeding. Orientating, sorting, checking and feeding . 2000 by Festo AG & Co

[5] Bootroyd G., C.R. Poli, L.E Murch (1978) Handbook of Feeding and Orienting Techniques for small parts

[6] D. Totev, R. Dimitrova, S. Dimitrov; Main steps in the process of upgrade of existing systems for automation and control of industrial and manufacturing processes in order to fulfill the requirements of the concept "industry 4.0". AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060007. https://doi.org/10.1063/5.0195885

[7] Malakov, I., V.Zaharinov. Choosing an Optimal Size Range of the Product “Pipe Clamp”.(Book Chapter). In: Matoušek R., Kůdela J. (eds) Recent Advances in Soft Computing and Cybernetics., ISSN: 14349922, Springer, Cham., Volume 403, 2021, Pages 197-213,DOI: 10.1007/978-3-030-61659-5_17

[8] Malakov I., V. Zaharinov. Interactive Software System for Multicriteria Choosing of the Structural Variant of Complex Technical Systems. Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium, ISBN 978-3-901509-91-9, ISSN 2304-1382, Editor B[ranko] Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria 2012, pp. 0199-0204.

ISSN 2682-9584

DEVELOPMENT OF A FEEDING SYSTEM FOR PLASTIC CAPS

Penko Mitev
Technical University of Sofia
branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria
penkomitev@tu-plovdiv.bg

Abstract: This paper is dedicated to the process of design, calculations, production and integration of a feeding system for plastic caps using a vibratory bowl feeder. Reviewed are the challenges related to the orientation, also made is an analysis of the suitability of the parts for automatic feeding.

Key words: feeding system, vibratory bowl feeder, caps

ISSN 2682-9584

ОЦЕНКА НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА МОДЕРНИЗАЦИЯ НА АВТОМАТИЗИРАНА МЕХАТРОННА СИСТЕМА ЗА ЗАТВАРЯНЕ НА СЪДОВЕ С ВИНТОВИ КАПАЧКИ

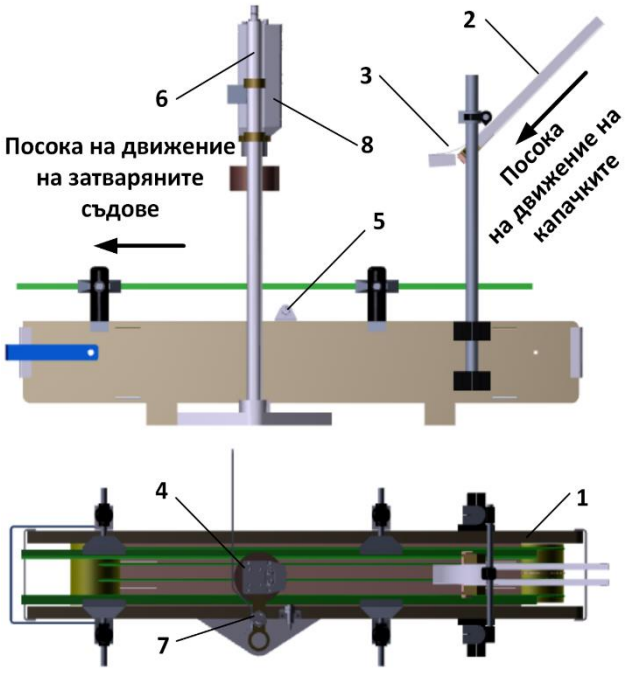
Ренета Димитрова
Технически Университет - София
София, България
e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Резюме: Целта на настоящата разработка е да се оценят възможностите за модернизация на съществуваща автоматизирана мехатронна система за затваряне на съдове с винтови капачки. За постигане на целта ще се използва съществуваща методика за модернизация на АМС, чрез която ще се определи състоянието на системата, възможностите за модернизация, ще се генерират варианти и ще се избере оптимален вариант.

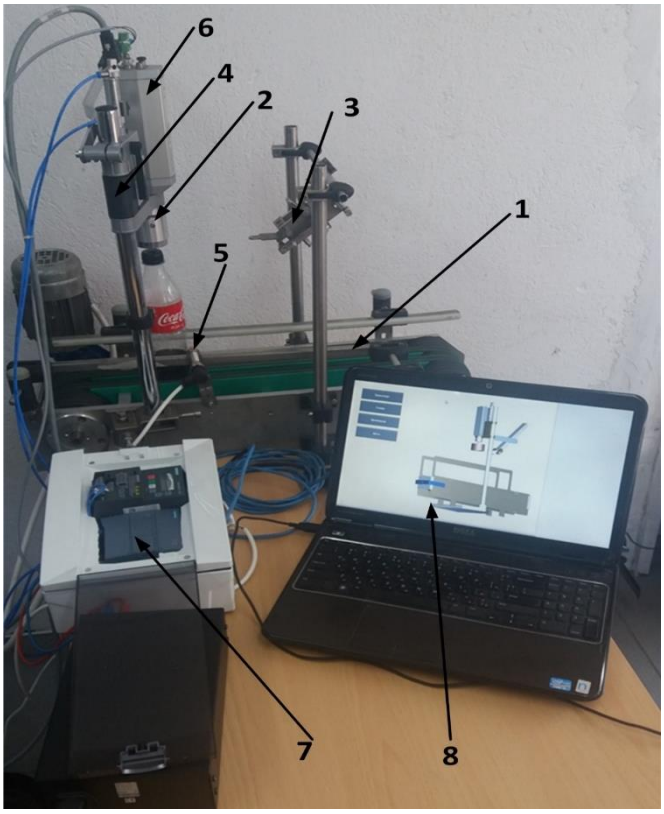
Ключови думи: модернизация, оценка, мехатронна система, автоматизация, оптимален вариант.

I. Увод

Общият вид на съществуващата АМС за затваряне на съдове с винтови капачки е показан на фиг.1. Неговите основни компоненти са: ЛТ (поз.1); затваряща глава (поз.2); МС (поз.3); модул за вертикално движение (поз.4); сензор за позиция (поз.5); двигател за задвижване на затварящата глава (поз.6); програмируем контролер (поз.7) - PLC SIMATIC S7-1200; система за управление (поз.8) - включва програма „NS3" за управление на серво двигател и записване на данните с S7 "TIA portal" за управление на АМС [1,7].



Фиг. 1. 3D модел на съществуващо положение на АМС [1]



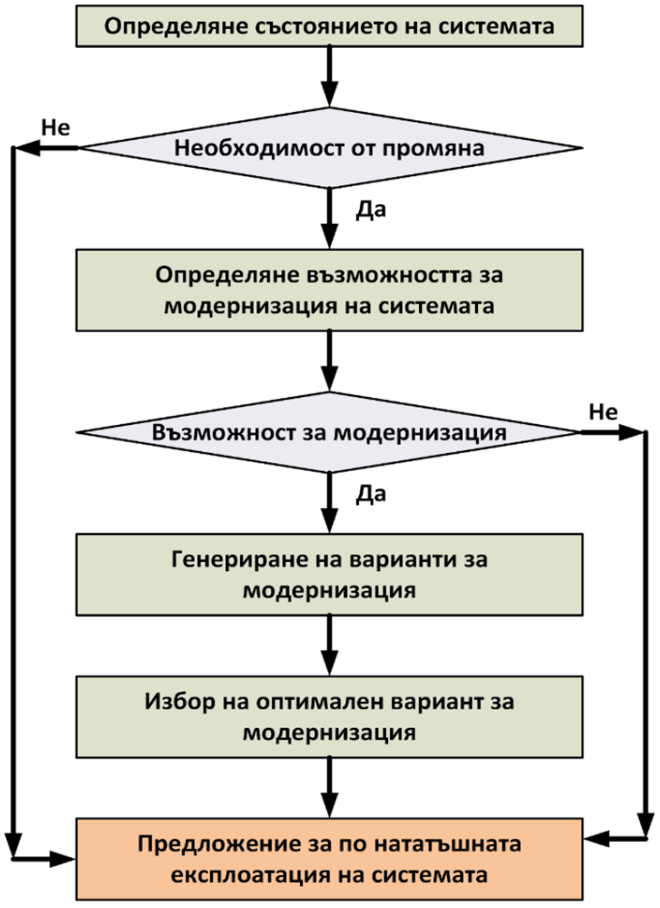
Фиг. 2. Съществуващо положение на АМС [1]

Технологичния процес започва със стартиране на АМС, при което затварянният съд се придвижва от ЛТ (поз.1). Преминава през позицията за поставяне на капачка (поз.3) на МС (поз.2) и се транспортира до модула за завиване (поз.4). Сензорът за позиция (поз.5) подава сигнал към PLC, който спира движението на ЛТ. Затварянният съд с поставената върху отвора капачка се позиционират в позицията за завиване. PLC подава сигнал към пневматичния цилиндър (поз.6), който сваля затварящата глава към зоната на завиване. Движението продължава до достигане на упор (поз.7). PLC включва серво двигателя (поз.8), който завърта затварящата глава, и се осъществява завиването на капачката. Продължителността на завиването се контролира от въведеното в системата за управление време. След изтичане на зададеното време, PLC изключва серво двигателя с което процеса на завиване е приключва [1].

ISSN 2682-9584

PLC подава сигнал към пневматичния цилиндър, който връща затварящата глава в изходно положение. При това движение затварящата глава освобождава капачката, с което цикъла на затваряне приключва [1].

За оценка възможностите за модернизация на съществуващата АМС ще се използва разработена методика за модернизация на автоматизирани системи за дискретни производствени процеси [2-4].



Фиг. 3. Методика за модернизация на АМС [4]

Основните изисквания, на които трябва да отговаря АМС след модернизация са: възможност за използване на различни видове капачки; възможност за използване на различни затваряни съдове; възможност за управление на основните параметрите на процеса на затваряне; възможност за промяна начина на подаване на капачките в зоната на затваряне; мобилна и ремонтопригодна конструкция на АМС; минимални капиталовложения; модернизация на управлението, съгласно изискванията на Индустрия 4.0.

II. Оценка на възможностите за модернизация

A. *Оценка на състоянието на системата*

Съществуващата АМС произвежда готови изделия в хранително-вкусовата промишленост, а именно затваряне на един вид съдове с един тип винтови капачки, което определено е неин недостатък. В технологичния процес има възможност да се пренастройват единствено капацитета на съдовете от един вид и големината на капачките от същия тип.

Съществуващата АМС би могла да се модернизира за затваряне на различни типове капачки с използване на съществуващите структурни компоненти на системата и чрез разработване на нови затварящи глави и МС, което се повиши нейната степен на гъвкавост. Така вместо да се инвестира в 9 различни АМС за затваряне на съдове с различни типове капачки, технологичния процес може да се извършва на съществуващата АМС с минимални капиталовложения за модернизация. В момента АМС затваря само съдове с капачки с код Н1С0 според разработена класификация и кодираща система на различните видове капачки [5,6], а след модернизация би затваряла съдове с капачки с код Н0С0, Н0М0, Н2М0, Н2М0-01, Н2М0-02, Н3М0, К0С2 и К1С1.

Пазарната стойност на съществуващата АМС е показана в таблица 1, която може да се получи от продажбата на системата като цяло или на отделните нейни компоненти.

ТАБЛИЦА 1 ПАЗАРНАТА СТОЙНОСТ НА АМС

Структурен компонент	$К_i$ [лв.]	ΔК [лв.]
1 ЛТ	2700,38	4811,29
2 Затваряща глава I	458,12	
3 МС	416,00	
4 Модул за вертикално движение	302,56	
5 Модул за позиция	152,43	
6 PLC	781,8	

B. *Критерии за оценка на състоянието*

Отчитайки компонентите в съществуващата АМС, е определена „тежестта“ на всеки един тях. За тази цел се използва адитивния критерий - относително тегло на компонента Gi, определено по формулата:

$$G_i = \frac{G_{Si}+G_{Pi}+G_{Tci}+G_{Ci}+G_{Tsi}}{5} = 0{,}783 \quad (1)$$

където:

G_{Si} е относителната площ на i-тия компонент определена по:

$$G_{Si} = \frac{S_i}{S} = 0{,}215 \quad (2)$$

където:

S е площта на цялата система в [m^2];

S_i - площ на i-тия компонент на системата в [m^2].

ТАБЛИЦА 2 ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА G_{Si}

Структурен компонент	Si [m2]	S [m2]	Gsi
1 ЛТ	0,03600	0,45	0,08000
2 Затваряща глава I	0,05400		0,12000
3 МС	0,00450		0,01000
4 Модул за вертикално движение	0,00160		0,00356
5 Модул за позиция	0,00005		0,00011
6 PLC	0,00075		0,00167
	0,09690		**0,21533**

ISSN 2682-9584

G_{Pi} - относителна мощност на ***i***-тия компонент определена по:

$$G_{Pi} = \frac{P_i}{P} = 1 \qquad (3)$$

където:

P е инсталираната мощност на цялата система в [kW]

P_i - инсталирана мощност на ***i***-тия компонент на системата в [kW].

ТАБЛИЦА 3 ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА G_{Pi}

Структурен компонент	Pi [kW]	P [kW]	Gpi
1 ЛТ	0,09000	0,988	0,091093
2 Затваряща глава I	0,8		0,809717
3 МС	-		-
4 Модул за вертикално движение	-		-
5 Модул за позиция	0,05000		0,050607
6 PLC	0,04800		0,048583
	0,98800		**1**

G_{Tci} - относителна продължителност на работния цикъл на ***i***-тия компонента за едно изделие, определена по:

$$G_{Tci} = \frac{T_{ci}}{T_c} = 0{,}719 \qquad (4)$$

където:

T_c е продължителността на работния цикъл за едно изделие на цялата система в [min];

T_{ci} - продължителност на работния цикъл за едно изделие на ***i***-тия компонент на системата в [min].

ТАБЛИЦА 4 ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА G_{Tci}

Структурен компонент	Tci [min]	Tc [min]	Gtci
1 ЛТ	0,025	0,22593	0,110654
2 Затваряща глава I	0,04		0,177046
3 МС	0,016667		0,073771
4 Модул за вертикално движение	0,07		0,30983
5 Модул за позиция	0,00833		0,03687
6 PLC	0,0026		0,011508
	0,162597		**0,719679**

G_{Ci} - относителни разходи за поддръжка на ***i***-тия компонент определени по:

$$G_{Ci} = \frac{C_i}{C} = 1 \qquad (5)$$

където:

C са разходите за поддръжка на цялата система в [лв.];

C_i - разходи за поддръжка на i-тия компонент на системата в [лв.].

ТАБЛИЦА 5 ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА G_{Ci}

Структурен компонент	Ci [лв.]	C [лв.]	Gci
1 ЛТ	100,57	1226,03	0,082029
2 Затваряща глава I	17,87		0,014575
3 МС	232,11		0,189318
4 Модул за вертикално движение	57,12		0,046589
5 Модул за позиция	36,56		0,02982
6 PLC	781,8		0,637668
	1226,03		**1**

G_{Tsi} - относително време за пренастройка на i-тия компонент определено по:

$$G_{Tsi} = \frac{T_{si}}{T_s} = 0{,}978 \qquad (6)$$

където:

T_s е времето за пренастройване на цялата система в [min];

T_{si} - време за пренастройване на ***i***-тия компонент на системата в [min].

ТАБЛИЦА 6 ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА G_{Tsi}

Структурен компонент	Tsi [min]	Ts [min]	Gtsi
1 ЛТ	5	45	0,111111
2 Затваряща глава I	13		0,288889
3 МС	22		0,488889
4 Модул за вертикално движение	1		0,022222
5 Модул за позиция	3		0,066667
6 PLC			0
	44		0,977778

Определените по формула относителни тегла G_i на отделните компоненти, позволяват да се определи кои елементи на системата оказват най-съществено влияние върху работата ѝ. От направените по-горе изчисления е видно, че два от компонентите G_{Ci}=1 - относителни разходи за поддръжка и G_{Pi}=1- относителна мощност, оказват най-съществено влияние върху работата на съществуващата АМС. След тях са G_{Tsi}=0,978 - относително време за пренастройка, G_{Tci}=0,719 - относителна продължителност на работния цикъл и G_{Si}=0,215 - относителната площ.

III. РАЗРАБОТВАНЕ НА ВАРИАНТИ ЗА МОДЕРНИЗАЦИЯ

След оценка на състоянието на АМС, с използване на дефинираните по-горе критерии и вземане на решение за необходимост от усъвършенстване на нейната работата, са разработени различни варианти, за това усъвършенстване. Разработването на необходимите варианти преминава през следните стъпки:

A. Разделяне на компонентите на групи

Както се вижда от фигурата в група 1 попадат два компонента (2 и 3), в група 2 два компонента (4 и 6), а в група 3 два компонента (1 и 5).

ISSN 2682-9584



Фиг. 4. Разделяне компонентите на АМС в групи

B. Определяне на възможните модернизации

Възможностите за модернизация на отделните компоненти от групи 1 и 2 са:

възстановяване на ресурса на износените възли на компонента;

замяна на износените възли на компонента;

замяна на целия компонент с нов;

възстановяване на ресурса на износените възли и модернизация на компонента;

замяна на износените възли и модернизация на компонента;

замяна на целия компонент с нов и модернизация;

замяна на компонента с друг имащ по-добри характеристики.

C. Изясняване на връзките между компонентите

модернизацията на компонентите от група 1, няма да промени връзките им с останалите;

модернизацията на компонентите от група 2, няма да промени връзките им с останалите;

възможно е пренастройване на компонентите от група 3, с промените свързани с модернизацията на компонентите от другите две групи;

възможно е създаване на нови връзки между модернизираните и останалите компоненти, с цел подобряване функционалността на системата;

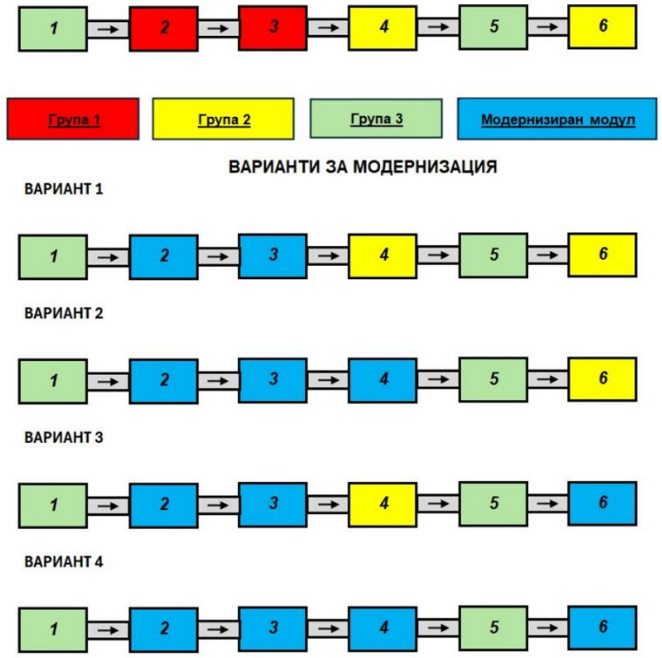
възможно е няколко компонента от групи 1 и 2 при модернизацията да бъдат заменени от нови, изпълняващи техните функции.

D. Разработване на компановки на модернизираната АМС

На фиг.5 са показани различни варианти за модернизиране на АМС за затваряне на съдове:

Вариант 1

При този вариант са модернизирани само компонентите на системата от първата група (2 и 3), без да се променят връзките между отделните компоненти. В този случай модернизирането на всеки един от тези компоненти може да се извърши по една от седемте възможности разгледани в стъпка 2.



Фиг. 5. Варианти за модернизация на АМС

Броят на всички подвариантите в зависимост от възможната модернизация на отделните компоненти за този вариант е:

$$Nv = 7 * 7 = 49$$

Вариант 2

При този вариант освен компонентите от първа група (2 и 3), са модернизирани и един компонент от втора група (4), без да се променят връзките между отделните компоненти. В този случай, аналогично на вариант 1, модернизирането на всеки един от тези компоненти може да се извърши по една от седемте възможности разгледани в стъпка 2. Броят на подвариантите за този вариант е:

$$Nv = 7 * 7 * 7 = 343$$

Вариант 3

При този вариант освен компонентите от първа група (2 и 3), са модернизирани и един компонент от втора група (6), без да се променят връзките между отделните компоненти. В този случай, аналогично на вариант 1, модернизирането на всеки един от тези компоненти може да се извърши по една от седемте възможности разгледани в стъпка 2. Броят на подвариантите за този вариант е:

$$Nv = 7 * 7 * 7 = 343$$

Вариант 4

При този вариант освен компонентите от първа група (2 и 3), са модернизирани и всички компоненти от втора група (4 и 6), без да се променят връзките между отделните компоненти. В този случай, аналогично на вариант 1, модернизирането на всеки един от тези компоненти може да се извърши по една от седемте възможности разгледани в стъпка 2. Броят на подвариантите за този вариант е:

$$Nv = 7 * 7* 7 * 7 = 2401$$

ISSN 2682-9584

Е. Избор на оптимален вариант

За вариант 1, броят на подвариантите без предварителна редукция е:

$$Nv = 7 * 7 = 49,$$

а след редукция на възможностите за модернизация на отделните компоненти, броят на подвариантите ще бъде:

$$Nv = 2 * 2 = 4.$$

За вариант 2, броят на подвариантите без предварителна редукция е:

$$Nv = 7 * 7* 7 = 343,$$

а след редукция на възможностите за модернизация на отделните компоненти, броят на подвариантите ще бъде:

$$Nv = 2 * 2* 2 = 8.$$

За вариант 3, броят на подвариантите без предварителна редукция е:

$$Nv = 7 * 7* 7 = 343,$$

а след редукция на възможностите за модернизация на отделните компоненти, броят на подвариантите ще бъде:

$$Nv = 2 * 2* 2 = 8.$$

За вариант 4, броят на подвариантите без предварителна редукция е:

$$Nv = 7 * 7* 7 * 7 = 2401,$$

а след редукция на възможностите за модернизация на отделните компоненти, броят на подвариантите ще бъде:

$$Nv = 1 * 3 * 3 * 1= 9.$$

Определящите за оптималния вариант критерии са:

- максимална производителност на системата (К1);
- минимална себестойност на произвежданата продукция (К2);
- максимална гъвкавост (възможност за пренастройване на системата) (К3);
- минимална цена за модернизацията на системата (К4).

Направената оценка на всички варианти за модернизиране на АМС за затваряне на съдове, показва че един от вариантите – вариант 4 има много по-добри показатели от останалите и този вариант ще се използва за модернизация на съществуващата АМС.

ТАБЛИЦА 7 ОЦЕНКА НА РАЗРАБОТЕНИТЕ ВАРИАНТИ

	$К_1$	**$К_2$**	**$К_3$**	**$К_4$**	**S_i**
V_1	6	5	3	9	4,7
V_2	7	6	6	8	6,5
V_3	8	7	7	7	7,3
V_4	9	7	9	6	8,5
$К_т$	**0,3**	**0,1**	**0,5**	**0,1**	

$S=\max\{S_4, i=1\div 4\}\rightarrow$оптимален вариант

ТАБЛИЦА 8 ПОДВАРИАНТИ НА ИЗБРАНИЯ ОПТИМАЛЕН ВАРИАНТ

Вариант 4	ЛТ	Затваряща глава									МС									Модул за вертикално движение	Модул за позиция	PLC
		H1C0	H0C0	H0M0	H2M0	H2M0-01	H2M0-02	H3M0	K0C2	K1C1	H1C0	H0C0	H0M0	H2M0	H2M0-01	H2M0-02	H3M0	K0C2	K1C1			
Подвариант 1	●	●									●									●	●	●
Подвариант 2	●		●									●								●	●	●
Подвариант 3	●			●									●							●	●	●
Подвариант 4	●				●									●						●	●	●
Подвариант 5	●					●									●					●	●	●
Подвариант 6	●						●									●				●	●	●
Подвариант 7	●							●									●			●	●	●
Подвариант 8	●								●									●		●	●	●
Подвариант 9	●									●									●	●	●	●

На тази основа са разработени 9 подварианта, показани в таблица 8 за модернизация на съществуващата АМС, която ще може да осъществява затваряне на 9 различни вида капачки.

IV. Изводи

В резултат на направената оценка на съществуващата АМС за затваряне на съдове с винтови капачки е определено текущото състояние на системата, определени са възможностите за модернизация, генерирани са варианти и е избран оптимален вариант, който ще бъде реализиран. Също така в резултат на разработените варианти ще се повиши гъвкавостта на модернизираната АМС, както и нейната производителност.

Използвана литература

[1] Dimitrov S., Investigation of the automated closure of screw cap vessels process, Dissertation, 2019.

[2] Bahchevanov B., R. Dimitrova, S. Nikolov, Criteria for evaluating the state of automated systems for the production of medicinal forms, XXIX MNTK "ADP - 2020", Sozopol, 29.06 - 02.07.2020, Magazine "Automation of the discrete production", issue 2/July 2020, ISSN: 2682-9584, (18-21).

[3] Bahchevanov B., Technological process in the operation of an automated system with vials, replacing ampoules, as primary packaging in the production of lyophilic dosage forms, XXX MNTK "ADP - 2021", Sozopol, 29.06 - 02.07.2021, Magazine "Automation of discrete production", issue 1/July 2021, ISSN: 2682-9584, (126-129).

[4] Bahchevanov B., Study of the possibilities for improving automated systems for the production of medicinal form, Dissertation, 2021.

[5] Dimitrov S., Classification of screw caps, XXVI MNTK "ADP-2017" Sozopol, Scientific notices of NTS on Mechanical Engineering, year XXV, June 2017, no. 2(217), June 2017, ISSN-1310-3946, (194-199), 2017.

[6] Bahchevanov B., Automated systems for the production of medicinal forms, XXVIII MNTK "ADP - 2019", Sozopol, 29.06 - 02.07.2019, Magazine "Automation of discrete production", issue 1/July 2019, ISSN: 2682-9584, (109-114).

[7] Dimitrov S., Conceptual model of a bench for researching the parameters of the process of automated closing of containers with screw caps, XXV MNTK "ADP-2016" Sozopol, Scientific notices of the National Technical University of Mechanical Engineering, year XXIV, no. 14(200), June 2016, ISSN-1310-3946, (210-215), 2016.

ISSN 2682-9584

ASSESSMENT OF OPPORTUNITIES FOR MODERNIZATION OF AUTOMATED MECHATRONIC SYSTEM FOR CLOSING SCREW CAP VESSELS

Reneta Dimitrova
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Abstract: The aim of the present development is to evaluate the possibilities of modernization of an existing automated mechatronic system for closing containers with screw caps. To achieve the goal, an existing methodology for the modernization of AMS will be used, through which the state of the system, the possibilities for modernization will be determined, variants will be generated, and the optimal variant will be selected.

Key words: modernization, evaluation, mechatronic system, automation, optimal option.

ISSN 2682-9584

ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ХВАЩАЧИ ЗА НЕТВЪРДИ МАТЕРИАЛИ

Чавдар Костадинов
ВА „Г. С. Раковски“
София, България
e-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Иванка Пеева
РУ „Ангел Кънчев“
Русе, България
e-mail: ipeeva@uni-ruse.bg

Резюме: Промишлените роботи се използват за все повече операции и манипулации, включително и с нетвърди материали. За определена група обекти на манипулиране много подходящи са иглените хващачи. Разгледани са типови конструкции иглени хващачи и са представени някои особености при тяхното проектиране.

Ключови думи: роботи, роботизирани системи, хващачи, иглени хващачи, проектиране.

I. Увод

Голяма част от манипулационните процеси съдържат в себе си елемента хващане. Под хващане се разбира манипулация, служеща за запазване на дефинирани състояния за пространственото разположение на обекта спрямо координатната система на хващача. Основен елемент от процеса хващане е задържането на обекта в захванато положение и липса на приплъзване при манипулиране.

Нетвърдите обекти са лесно деформируеми, променящи формата си дори под действие на собственото тегло. Такива са изделия от текстил, трикотаж, кожа, хартия, гума, порести синтетични и някои естествени материали.

При манипулиране на нетвърди материали, във всички случаи се налага да се обърне специално внимание на правилното задържане и освобождаване. Изборът на метод на хващане има важно значение за правилното манипулиране на нетвърди обекти, недопускащо техни нерегламентирани деформации, дефекти или промяна на свойства и технически параметри.

В процеса на производство на текстил и трикотаж, а също така и при производството на изделия от тези материали, иглите намират широко приложение. В текстилната, шивашката и други промишлености съществуват редица манипулации, при които се налага отделяне, групиране или пренасяне на предмети от нетвърди материали, където е възможно да се използва метода за хващане чрез пробождане с игли [1, 4].

За осъществяване на автоматизирано манипулиране хващачът трябва да осигурява надеждно захващане на предмета, при изискванията наложени от целта на манипулацията. Принципът на хващане трябва да осигурява неизменност на формата и положението на захванатия предмет спрямо хващача. Иглеият хващач трябва да отговаря на тези изисквания, неговите конструктивни елементи трябва да осигуряват наложените по този начин условия на работа.

Специфичните особености на всеки конкретен обект за манипулиране като: вид на материала, порестост, рехавост и др., налагат определени изисквания към конструкцията на иглените хващачи с оглед надеждно захващане и освобождаване на обектите.

В техническата и фирмена литература са известни малко примери за типови конструкции на иглени хващачи. Различните възможности за тяхното използване и решаването чрез тях на специфични проблеми за манипулиране с нетвърди обекти определят необходимостта от разработване на различни видове иглени хващачи.

Известният принцип на действие, основан на пробождането на обект под определен ъгъл с игли и неговото задържане под действие на възникващи сили на триене, е намерил приложение в различни конструкции на иглени хващачи [1, 2].

Като захващащи елементи се използват различни игли – прави или дъгообразни. За осигуряване на необходимата траектория на движение се използват механизми с постъпателно или въртеливо движение на държача им. В зависимост от планиметрията и еднородността на материала може да бъде използван различен брой игли. Една от особеностите на тези хващачи е изискването за едновременно задвижване на необходимия брой игли за конкретния обект.

II. Видове иглени хващачи

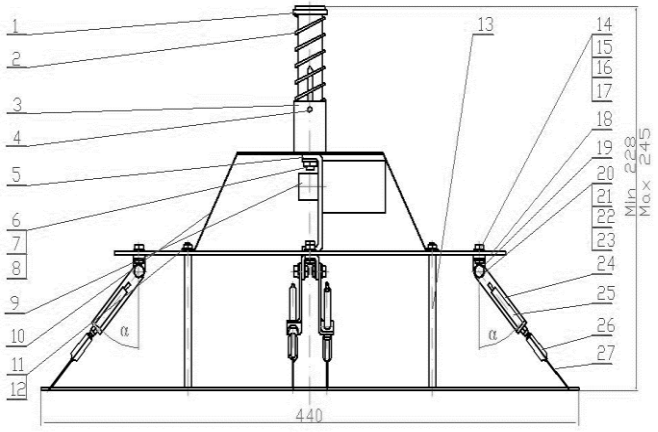
В статията са обобщени конструкциите на 4 вида иглени хващачи [1, 2, 3]. При три от тях се използват прави игли и в един дъгообразни игли, като някои от тях са подходящи за плоски детайли, а други за обемни обекти.

На фиг. 1 е показан универсален иглен хващач ХИ – 01, [1]. Чрез него могат да се захващат и пренасят в пространството различни нетвърди обекти от плат, кожа, текстил, изкуствени настилки и др., различаващи се по големината на полезната площ на манипулиране и порестост на материала.

Конструкцията позволява адаптиране към особеностите на обекта за манипулиране чрез подбиране на броя на иглите, необходимия ъгъл на пробождане, мястото на контакт на иглите с обекта и др. За осигуряване на непровисване на плоски изделия от плат, трикотаж и нетъкан текстил може да се увеличи броят на иглите за обхващане на характерни области от обекта за манипулиране.

ISSN 2682-9584

В тези случаи участъците с различна гъстота на плетката или нееднородност на материала е необходимо да бъдат поддържани или прободени допълнително, за да не се получи разтегляне или друг видим дефект след манипулирането.



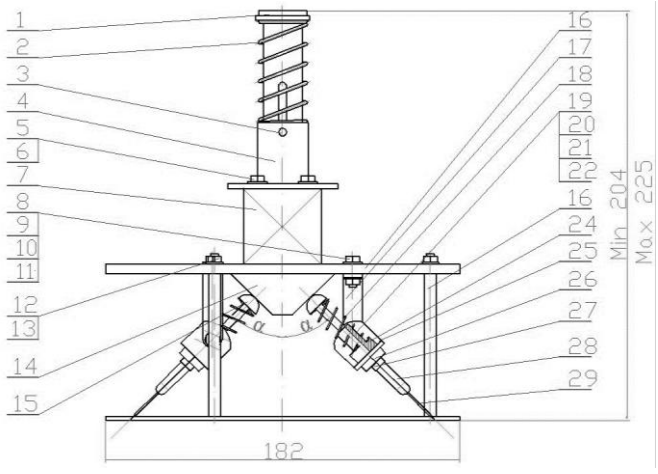
Фиг. 1. Хващач игленХИ – 01

Представеният игленхващач се състои от основа 18, към чиито присъединителни канали, чрез междинни опори 19 са закрепени 6 броя Г-образни планки 24, носещи пневматичните цилиндри 25. Към буталния прът на всеки цилиндър чрез иглодържач 26 е закрепена игла 27. Държачът позволява закрепване на игли с диаметър от 0,4 до 1,5 мм, което разширява неговите възможности за манипулиране на различни обекти.

Цилиндрите се захранват с въздух от общо разпределително тяло 9, присъединено чрез П-образна планка 5 към носещият елемент 10.

За надеждно освобождаване на захванатия обект е предвидено освобождаващо тяло 13, състоящо се от дистанционни шпилки и планка, която се избира според габаритите и профила на манипулираните обекти.

За присъединяване на хващача към робот ММ 5001 П се използва възел, състоящ се от стебло 1, щифт 3 и чаша 4. За компенсиране на грешката при позициониране на робота и за предпазване на иглите от счупване е предвидена пружина 2.



Фиг. 2. Хващач игленХИ – 02

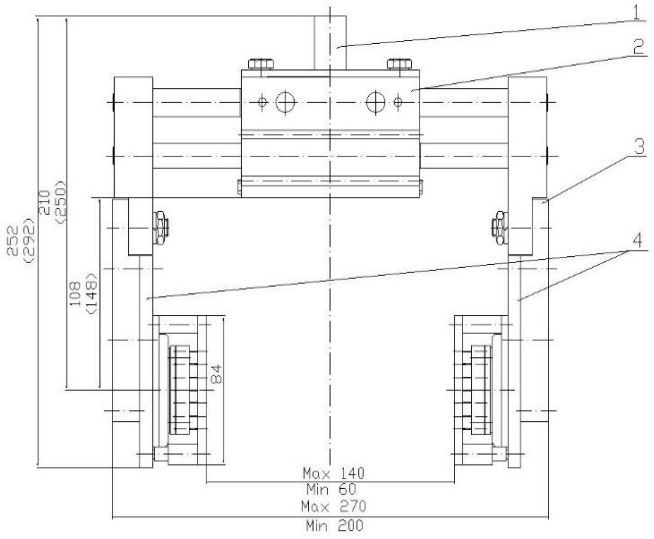
Разработен е друг универсален игленхващач ХИ – 02, чиято конструкция е показана на фиг. 2 [2]. Чрез него могат да се захващат и пренасят в пространството различни нетвърди обекти от плат, кожа, текстил, настилки и др., различаващи се по големината на полезната площ на манипулиране и порестост на материала.

Главна особеност на показаната конструкция на хващача е общото задвижване на всички игли. Представеният игленхващач се състои от основа 16, към чиито присъединителни канали, чрез опори 17 са закрепени 6 броя Г-образни планки 25, носещи водачи 24, през които преминават иглодържачи 28 с игли 29. Иглодържачите са подпружинени с пружина 18, отвеждаща иглата при движение на конуса 14 нагоре.

Иглодържачът позволява закрепване на игли с диаметър от 0,4 до 1,5 мм, което разширява неговите възможности за манипулиране на различни обекти. Може да се осигури различен ъгъл на окачване α на иглите и това позволява промяна на площта на обхващане в зависимост от спецификата на обекта. За надеждно освобождаване на захванатия обект е предвидено освобождаващо тяло 23, състоящо се от дистанционни шпилки и планка. За присъединяване на хващача към робот ММ 5001 П се използва унифициран възел, както и при ХИ-01.

Описаната конструкция на игленхващач ХИ-02 позволява манипулиране на обекти с площ на обхващане от 13200 мм^2 до 23800 мм^2 [1] при максимална дълбочина на пробождане 10 мм.

На фиг. 3 е представен комбиниран хващач за двустранно челюстно хващане, подходящ за работа с обемни прести изделия, произвеждани за бита [3]. Конструкцията се състои от три модула – паралелен и два иглени. За паралелен модул е избран хващач 2 на фирмата SMC – Япония серия MHL, който се захваща към промишлен робот чрез присъединителният фланец 1. Иглените модули 4 са закрепени към паралелния чрез сменяеми планки 3, което допринася за увеличаване възможностите на предлаганата конструкция за манипулиране с различни по големина обекти.



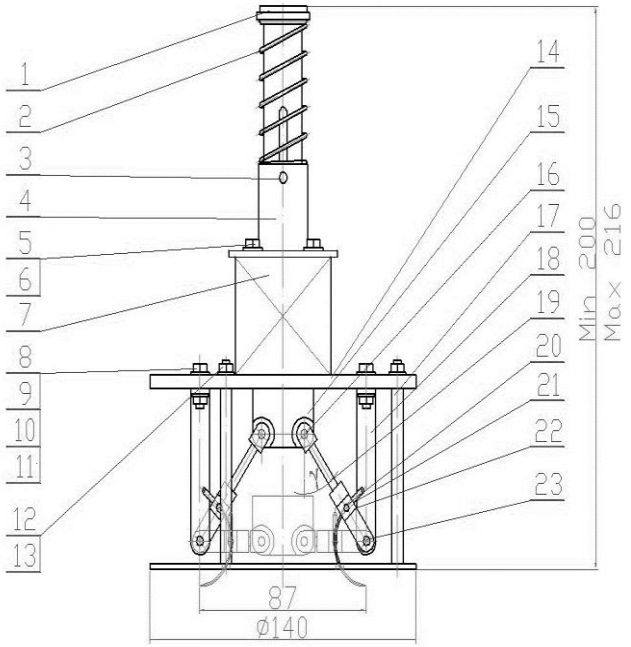
Фиг. 3. Хващач игленХИ – 03

ISSN 2682-9584

Игленитe модули се монтират двустранно на свързващите планки, което позволява иглено захващане на обекти както по външна, така и по вътрешна повърхнина.

Различните възможности за приложение, голямото разнообразие на изделия от нетвърди материали и техните специфични особености при манипулиране налагат търсенето на нови конструктивни решения при разработването на хващащи механизми.

За подобряване условията на задържане на обекта при транспортиране от промишлен робот в някои случаи се предпочита използването на игли с дъгообразна форма, имащи засилена поддържаща функция. Тези игли изискват друго задвижване, осигуряващо кръговото им движение. Разработен е иглен хващач ХИ – 04, чиято конструкция е показана на фиг. 4 [2], реализиращ захващане чрез игли, които се задвижват от пневматичен цилиндър и съответен предавателен механизъм.



Фиг. 4. Хващач иглен ХИ – 04

Конструкцията позволява адаптиране към особеностите на обекта за манипулиране чрез подбиране броя на иглите и мястото им на пробождане. За плоски изделия от плат, трикотаж, нетъкан текстил и др. броят на иглите може да се променя от 2 до 12. Ъгълът на навлизане на иглата в материала на обекта е фиксиран, от него зависи големината на хода на иглата при пробождане.

За обекти с голяма порестост или рехавост се препоръчва броят на иглите да е по-голям. От това се определя надеждното захващане и задържане на обекта при пренасяне.

Представеният иглен хващач се състои от основа 14, към която са закрепени 6 броя опори 18, за които на оси 23 са установени иглодържачи 22 така, че да могат да извършват въртеливо движение. Конструкцията на иглодържача позволява да се монтират по 2 игли 12 с дъговидна форма, които се закрепват със стопорен винт 20.

В иглодържача има централен глух отвор, в който влиза единият край на звено 19, а другият чрез ос 16 е закрепен за тялото 15, което е свързано с буталния прът на пневматичния цилиндър 7. За надеждно освобождаване на захванатия обект е предвидено освобождаващо тяло 17, състоящо се от дистанционни шпилки и диск. Описаната конструкция на иглен хващач ХИ-04 позволява манипулиране на обекти с площ на обхващане от 6000 мм^2 до 31500 мм^2 [2] при дълбочина на пробождане на обекта 6 мм. Представените конструкции са използвани при създаването на опитни образци на иглени хващачи в Лаборатория „Автоматизация на производството“ към РУ „Ангел Кънчев“ – Русе. Извършени са експериментални изследвания за роботизирано манипулиране на обекти от различни нетвърди материали, показващи тяхната работоспособност.

Проектирането на иглени хващачи за манипулиране на лесно деформируеми обекти от нетвърди материали изисква определяне на необходимата сила на пробождане, гарантираща хващане и задържане на обектите под действие на възникващи сили на триене. Динамичните натоварвания върху захванати обекти, възникващи при движението им по зададена траектория в пространството, оказват влияние върху избора на вид и брой игли. Поддържащата роля на дъгообразните игли ги прави подходящи за хващане и пренасяне на изделия от текстил, трикотаж и други материали, имащи малък коефициент на триене с гладките шивашки игли. Извършените експерименти показват необходимостта от определяне на подходяща траектория на движение на иглите, ъгъл и дълбочина на пробождане.

За тази цел, с оглед специфичните особености на нетвърдите материали и ограничените справочни данни в литературата, в повечето случаи е необходимо извършването на експериментални изследвания за установяване на коефициенти на триене между материалите на иглите и манипулираните обекти, както и определяне на други специфични параметри (разтегливост, рехавост и др.).

Разтегливостта на трикотажните материи допринася за лесното навлизане на иглите, но при някои ускорителни пространствени движения създава условия за приплъзване или ненадеждно хващане. Тези и други специфични особености на нетвърдите материали налагат извършване на предварителни теоретични и експериментални изследвания за установяване на основни взаимовръзки.

Изграждането на конструкции на модулен принцип създава условия за гъвкавост и адаптиране към различни обекти, при зададени условия на манипулиране. Разкриването на връзките между параметрите на движение по зададена траектория, необходимата сила на хващане, геометрията и вида движение на иглите имат съществено значение за правилното проектиране на иглени хващачи.

Наличието на експериментална база данни за основни характеристики на използвани в различни области на индустрията изделия от нетвърди материали би подпомогнало правилното проектиране и ефективно използване на иглени хващачи.

ISSN 2682-9584

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Kostadinov C., "Research of needle gripper for manipulation of non-rigid materials", Proceedings of University of Ruse, vol.37, book 2, "Manufacturing Engineering", Ruse, ISSN 1311-3321, pp. 207-211, 1999.

[2] Kostadinov C., I. Peeva, V. Zayakov, M. Penchev, "Needle grippers for industrial robots", Announcements of Union of scientists – Sliven, vol. 8, ISSN 1311 2864, pp. 19-22, 2004.

[3] Kostadinov C., I. Peeva, V. Zayakov, M. Penchev, "Gripper for bulky non-rigid objects". Scientific notices of NTS on mechanical engineering, year 12, vol 03/81, Sozopol, pp. 142-147, 2005.

[4] Parker J. K., R. Dubey, F.W. Paul, R.J. Becker, "Robotic Fabric Handling for Automating Garment Manufacturing", Journal of Engineering for Industry, vol. 105/21, № 2, 1983.

FEATURES IN DESIGNING GRIPPERS FOR NON-RIGID MATERIALS

Chavdar Kostadinov
Rakovski National Defence College
Sofia, Bulgaria
e-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Ivanka Peeva
University of Ruse "Angel Kanchev"
Ruse, Bulgaria
e-mail: ipeeva@uni-ruse.bg

Abstract: Industrial robots are used for more and more operations and manipulations, including non-solid materials. Needle grippers are very suitable for a certain group of manipulation objects. Typical constructions of needle grippers are examined and some features of their design are presented.

Key words: robots, robotic systems, grippers, needle grippers, design.

ISSN 2682-9584

ANALYSIS OF WELDING ROBOTIC ARM PERFORMANCE WITH SIX DEGREES OF FREEDOM

Lum Rexha
Department of Mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: lum.rexha@uni-pr.edu

Arbnor Pajaziti
Department of Mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: arbnor.pajaziti@uni-pr.edu

Xhevahir Bajrami
Department of Mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: xhevahir.bajrami@uni-pr.edu

Shaban Buza
Department of Engineering Design and Vehicles, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: shaban.buza@uni-pr.edu

Abstract: In this paper, the designed model of the robotic arm with six degrees of freedom in Solidworks has been presented, and then the same model has been exported to Simscape. The robot in Simscape is represented as a group of block diagrams based on the real robot. Another aim of this study is the kinematic analysis of the robotic arm with all its revolute joints, where this analysis is discussed and elaborated in detail. Additionally, the results obtained from the kinematic analysis of the robotic arm have been used for the simulation of the robot and to achieve the desired positions of the end effector. Real parameters of the robotic arm have been considered in the kinematic analysis to ensure the study's accuracy.

Key words: Robotic Arm, Robot Control, Programming, Welding.

I. INTRODUCTION

In recent years, the utilization of industrial robots can be observed to have significantly increased and advanced. Primarily, industrial robots are being used in welding, assembly of parts, painting, material handling, etc. By robot manipulator, we refer to an electro-mechanical device that requires human-like skills to perform the tasks required of them [1].

With the advancement of technology, the scope of work for robots has expanded, thus replacing hazardous and strenuous human tasks with robot work. To perform tasks as closely as possible to humans and to achieve safer collaboration between robots and humans, future robots must be designed to have human-like perfection in terms of structure, intelligence, and responsiveness.

Therefore, a robot that approaches these human-like characteristics has extremely complex electrical, mechanical, and software systems. Designing and developing such robots poses challenges in multiple scientific disciplines.

Manipulator robots execute movements along pre-determined trajectories, which are sequences of points leading to the final position of the end effector. These robots can be considered as links in a chain, where the connection of two links at a joint represents a kinematic pair.

These joints or connections allow certain types of movements between the connected bodies, movements which are: rotational and translational.

Due to technological advancements and the increasing needs of humanity, industrial robots have undergone significant development, but this is not sufficient to solve all the problems in their kinematics. Therefore, in this work, we will attempt to analyse the kinematics of industrial robots as thoroughly as possible and understand how the kinematics of these robots are fundamental in their design and engineering [2, 3].

II. DESING AND SIMULATION OF ROBOTIC ARM USING SIMSCAPE

A. Robotic Arm description

The robot we will analyse, and study is a manipulator robot with 6 degrees of freedom (D.O.F.) of movement, used for welding. All joints of the robot are rotational joints, which we will describe below. The total mass of this manipulator robot is 350 kg, while the maximum payload it can carry is 3 kg.



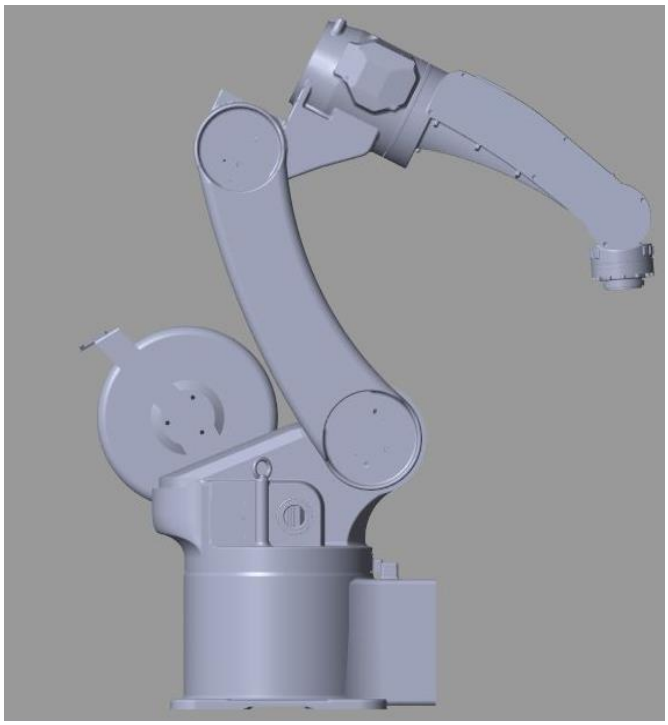
Fig. 1. Robotic Arm with 6 D.O.F.

ISSN 2682-9584

The robot under study is divided into four main parts: the base, the main arm, the forearm, and the wrist part. All these parts are presented in Fig. 1, and we will stop and analyse each one separately.



a)



b)

Fig. 2. The robotic arm presented in two forms: the SolidWorks, and SimScape model.

Initially, the robotic arm is modelled in the Solidworks program and then exported in the 3D XML format to SimScape/SimMechanics. Simscape/SimMechanics provides simulation of three-dimensional models containing multiple bodies or parts. These multi-body systems are modelled using blocks in Simscape.

Each block represents joints, bodies, force elements, and then SimMechanics generates and solves the motion equations for mechanical systems [4]. Three-dimensional objects, such as our robotic arm, in CAD software include inertia, mass, constraints, and three-dimensional geometry. These objects with all their attributes can be imported into SimMechanics. Then, based on these attributes, the objects can be simulated from CAD software to SimMechanics.

In the figure below, we can observe the manipulator robot in two phases:

B. Kinematic analysis of the Robotic Arm

The solution of the direct kinematics of manipulator robots, which has been studied for a long time, lies in generating the homogeneous transformation matrices that provide the position and orientation of the end effector of the manipulator relative to the base coordinate system. This task is addressed by making a progressive description starting from the end effector relative to the preceding joint and continuing until reaching the base of the manipulator [5].

The mathematical apparatus that provides such treatment is the Denavit-Hartenberg (D.H.) notation, which utilizes homogeneous transformation matrices and their basic operations, allowing the description of the orientation and position of each joint relative to the preceding joint. In Fig. 3 is presented the structure of the robotic arm with six D.O.F. along with Table 1 that contains the D.H. parameters.

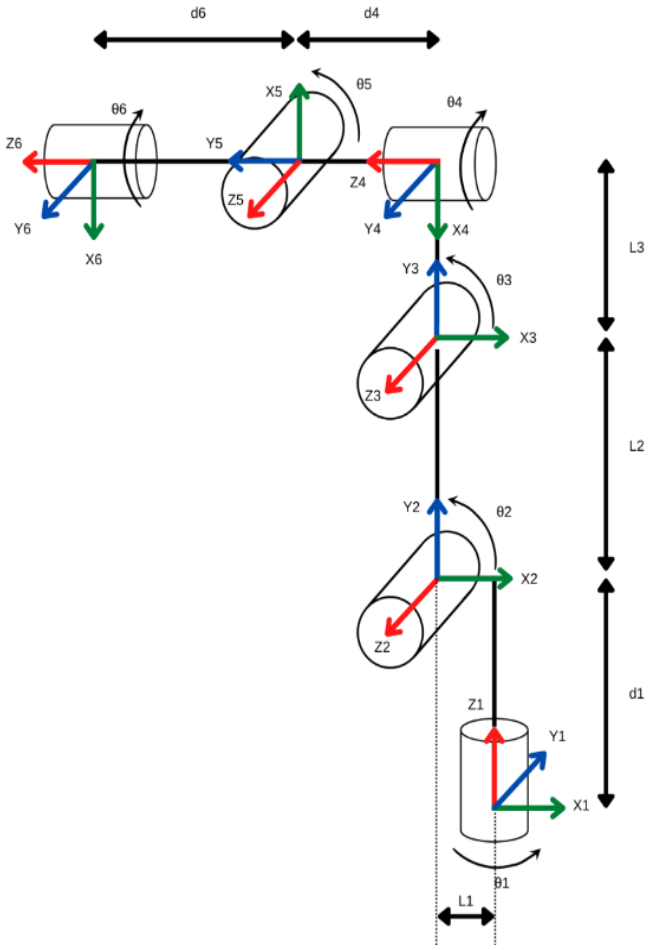


Fig. 3. Structure of the Robotic Arm with 6 D.O.F.

ISSN 2682-9584

TABLE 1. D.H. PARAMETERS OF THE ROBOTIC ARM WITH 6 D.O.F.

N	ai	αi	di	θi
1	L1=0.17 m	90	d1=0.495 m	θ1
2	L2=0.56 m	0	0	θ2
3	L3=0.2 m	90	0	θ3
4	0	-90	d4=0.680 m	θ4
5	0	90	0	θ5
6	0	0	d6=0.130 m	θ6

C. *Solution of Direct Kinematics using MatLab*

For the implementation of direct kinematics in MATLAB software, a special library called the "Robotics Toolbox" created by Peter Corke has been used, Fig. 4. Through the software and this library, we can visualize and simulate the robotic arm with real parameters from the Denavit-Hartenberg table [3, 4].

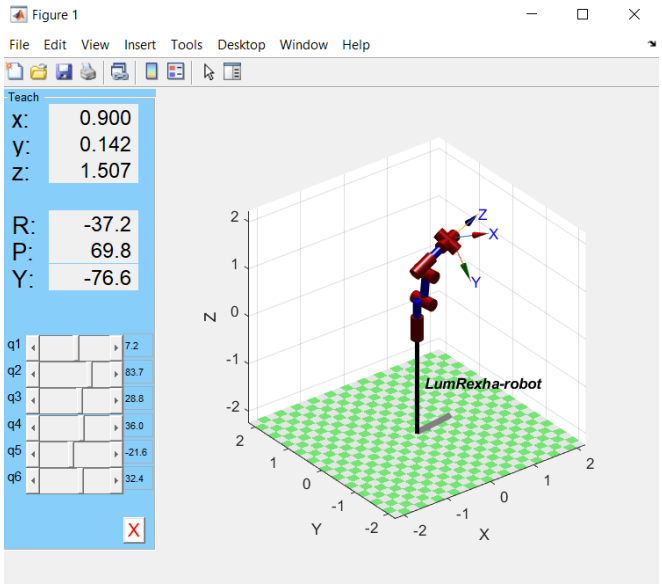


Fig. 4. The configuration of the robotic arm by moving all the joints

III. ROBOTIC ARM ANALYSIS BY SIMULATIONS

The analysis of the robot in MATLAB software is conducted after it has been previously modeled. Initially, the robotic arm is modeled in the Solidworks program, and then it is exported in the 3D XML format to SimScape/SimMechanics.

Simscape/SimMechanics provides simulation of three-dimensional models containing multiple bodies or parts. These multi-body systems are modeled using blocks in Simscape. Each block represents joints, bodies, force elements, and then SimMechanics generates and solves the motion equations for mechanical systems.

Three-dimensional objects, such as our robotic arm, in CAD software include inertia, mass, constraints, and three-dimensional geometry. These objects with all their attributes can be imported into SimMechanics. Then, based on these attributes, the objects can be simulated from CAD software to SimMechanics. The generation of the complete system in Matlab using Simscape is given in Fig. 5.

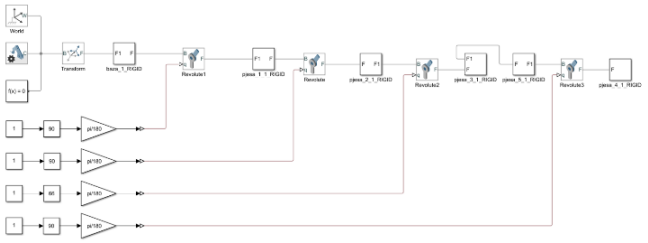


Fig. 5. The block diagram in Simulink which simulates the robot in different positions.

As a result of changing the inputs of the robotic arm movement, the robot has made movements that are shown in the figures below, Fig. 6.

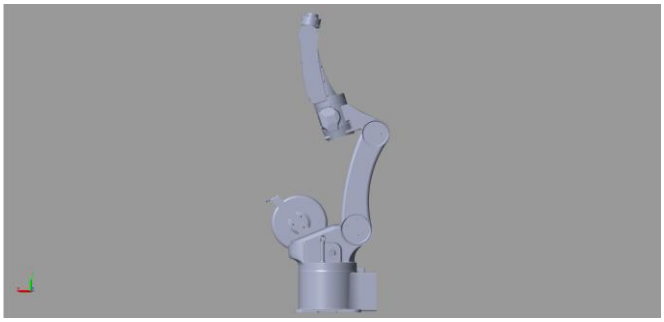


Fig. 6. The simulation of the robotic arm after changing the robot's inputs.

IV. ROBOTIC ARM ANALYSIS BY SIMULATIONS

Throughout this section, the programming method for the robot to perform specific tasks will be elaborated. The description will be detailed so that others can replicate similar programs by following this section [6-10].

A. *Creation of a simple program*

The first step in creating a new program is to define the parameters and the starting point where the robot will go. Additionally, we determine the speed at which we will instruct the robot to perform the first task and the method by which the movement will be executed.

The movement of the robot can be done in four ways:

1. Joint movement - Movement of the joints independently of each other.
2. Basic coordinate system - Movement of the robot using the global coordinate system.
3. User coordinate system - Movement of the robot using a coordinate system specified by the operator.
4. Tool coordinate - Movement of the robot based on the end effector.

For the operator to operate safely, they must keep one of the buttons on the sides pressed, which are located on the HMI (Human-Machine Interface). During the movement learning process, they can stop them using one of the buttons.

The second step in assigning the task to the robot is to move the end effector close to the object we want to weld, using one of the four systems. During the assignment of the first task, we used the Basic coordinate system option.

ISSN 2682-9584

During the third step, we place the negative pole on the metal part we want to weld, while the positive pole is fixed to the end effector of the robot. Then, we continue and instruct the robot to perform the first movement, and with the Process instruction option, we then instruct it to Begin welding.

After manually providing the robot with all the necessary instructions for welding the tile, we switch the robot's HMI to automatic mode, so that the robot automatically repeats the given instructions.

Before starting the execution of the programmed tasks, we need to confirm to the robot via its HMI that there are no humans or other obstacles in its workspace. This is done for safety reasons.

Furthermore, if we encounter potentially hazardous situations, the operator can stop the robot's work using the three emergency buttons. In Fig. 7, the moment of starting the welding is depicted.

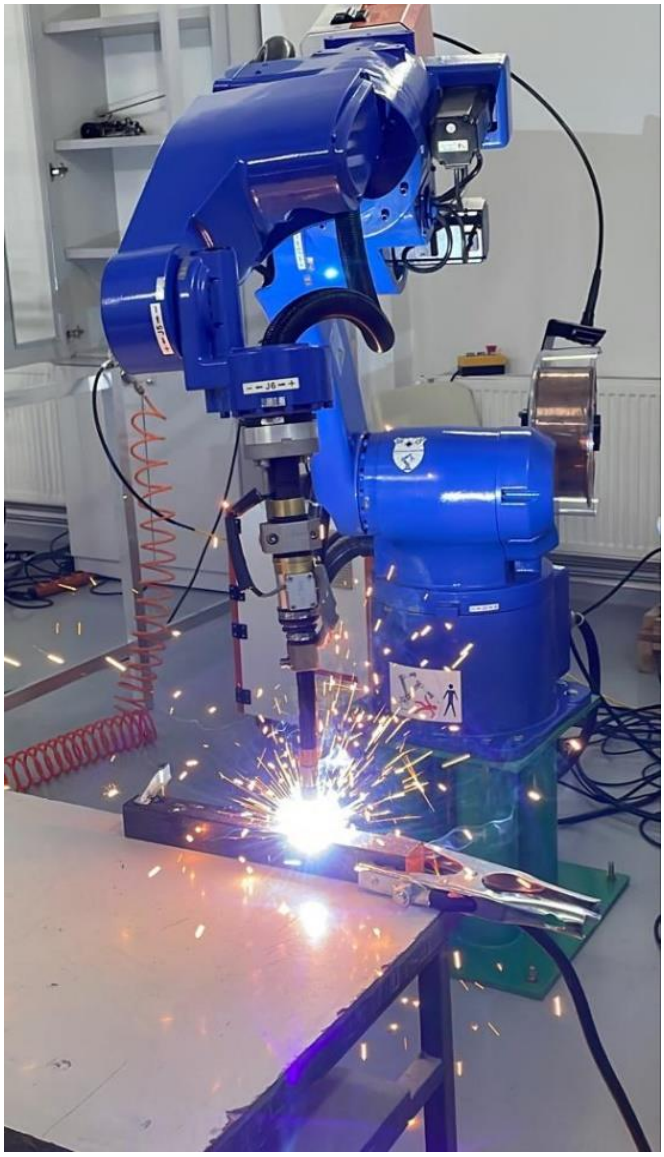


Fig. 7. Robotic arm while welding

V. CONCLUSIONS

The goals of the study have been achieved regarding proposed methodology and research technics for modelling, simulation, and programming of the robotic arm with 6 D.O.F. The analysis of the robot in Matlab software involves studying the robot after it has been previously modelled. Initially, the robotic arm is modelled in the Solidworks program, and then it is exported in 3D XML format to SimScape/SimMechanics. SimScape/SimMechanics provides simulation of three-dimensional models that contain multiple bodies or multiple parts. These multibody systems are modelled using blocks in Simscape. Each block represents: joints, bodies, force elements, or sensor elements, and then SimMechanics generates and solves the equations of motion for mechanical systems.

The programming and execution of real tasks of the robot present the method of programming the robot to perform specific tasks. The description is made in detail so that others can replicate similar programs by following this step by step.

As a conclusion, it can be inferred that through simulation and performance analysis of the robot, we can conclude that simulating robots and mechatronic systems, in general, is a method from which very accurate results for study can be obtained. This represents a method that has low cost; moreover, it is a method that can be used by many individuals simultaneously, and the study results can then be compared and used in the execution of real tasks of the robotic arm.

REFERENCES

[1] Pajaziti A., & Berisha R. Engineering Control of Devices and Industrial Robots. University of Prishtina, Textbook under review, Prishtinë, 2024.

[2] Asif, S., & Webb, P. Kinematics analysis of 6-DoF articulated robot with spherical wrist. (School of Aerospace, Transport and Manufacturing, Cranfield University, Bedford MK43 0AL, Cranfield, UK), 2021.

[3] Peter Corke: Robotics Toolbox for MATLAB® Release 10, 2020.

[4] Peter Corke: Robotics, Vision and Control, Fundamental Algorithms in Matlab, Springer, 2011.

[5] Marcello Restelli: Robot Kinematics, Dipartimento di Elettronica e Informazione Politecnico di Milano, A.A. 2007/2008.

[6] Huynh, H. N., Riviere-Lorphevre, E., & Verlinden, O. Multibody modelling of a flexible 6-axis robot dedicated to robotic machining. In the 5th joint international conference on multibody system Dynamics (pp. 1-18), June 2018.

[7] Christopher, M. Industrial Robots, World Robotics, VDMA Services GmbH, Frankfurt am Main, 2022.

[8] Donhauser, V. Entwicklung von technischen Entscheidungsgrundlagen zur Implementierung automatisierter Schweißtechnologien. Merseburg, 2017.

[9] Baicun, Wang, et al. Intelligent welding system technologies: State-of-the Baicun, Wang, et al. Smart Manufacturing and Intelligent Manufacturing: A Comparative Review. 6, Bd. 7. 2095-8099, 2022.

[10] Pajaziti, A., Stuja K., Gjelaj A., & Calvin L. Design and Optimization of the Welding Robot System for Aluminium Frames using Simulation Software, 34th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2023.

ISSN 2682-9584

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОЧНОСТТА НА ПОЗИЦИОНИРАНЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАН РОБОТ С ПАРАЛЕЛНА КИНЕМАТИКА

Станислав Цолов
Технически Университет - София
София, България
e-mail: st.tsolov90@gmail.com

Ренета Димитрова
Технически Университет - София
София, България
e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Стилиян Николов
Технически Университет - София
София, България
e-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата разработка са направени реални технически изследвания на проектираните механизми, като е изработен прототип на проектиран специализиран робот с паралелна кинематика и са сглобени изграждащите го структурни компоненти. Целта е да се изследва точността на позициониране на новосъздадения робот и по този начин да се валидират направените проектирания.

Ключови думи: паралелна кинематика, робот, точност на позициониране, изследване

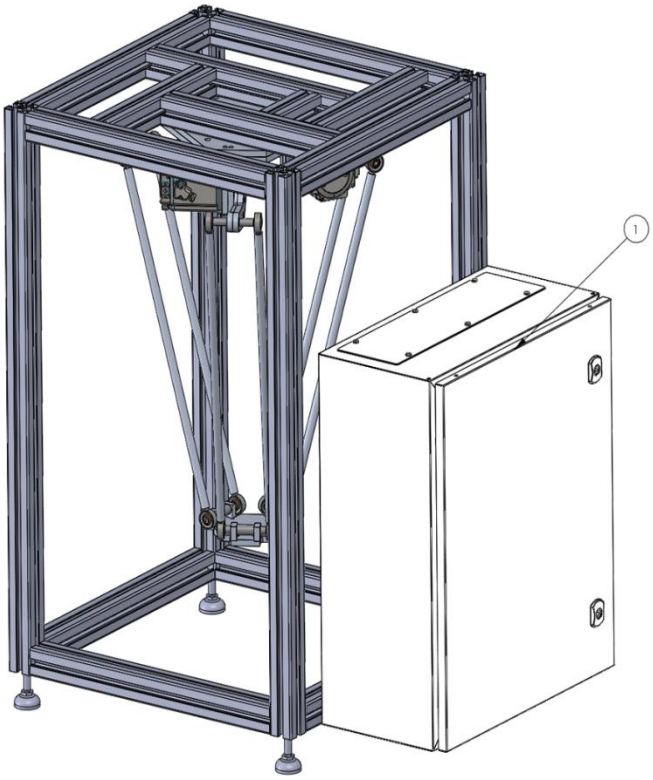
I. Увод

Заданието цели да бъде създаден специализиран робот с паралелна кинематика и с допълнителен ориентиращ модул и постигнати общо 6 С.Н.С. Самият робот трябва да бъде проектиран, произведен и асемблиран, с цифрово програмно управление, предназначен за учебни цели и да е с възможност да извършва следните манипулации: сортиране, магазиниране, позициониране на сравнително леки и малогабаритни детайли или в най-общия случай „Pick and place“ операции.

В процеса на проектиране при създаването на конструкцията, трябва да бъдат използвани колкото е възможно повече стандартизирани, типизирани и унифицирани детайли и възли. Това е с цел: намаляване на себестойността, улесняване на компанованието на робота и улесняване на поддръжката и сервизните дейности.

При конструиране на нестандартизираните детайли, трябва да бъде взета предвид тяхната технологичност, монтажопригодност и кинематична структура. Това са показатели влияещи пряко на точността на позициониране на робота. Като допълнително условие към нестандартнизираните детайли е ограниченията във възможните технологии, които могат да бъдат използвани при производството им. В случая всички детайли трябва да бъдат произведени от алуминиева ламарина EN AW 1080 с дебелина 10 [mm], а обработката да се извършва на рутер машина с ЦПУ. Останалите детайли да бъдат изработени, чрез технологии за полимерно формоване.

Конструкцията на робота е предназначена за таванен монтаж (висящ тип робот) в работна клетка създадена от конструкционни алуминиеви профили. Роботът е с възможност за съчетаване с различни типове вакуумни хващачи. Програмирането на работните операции на робота трябва да се извършва посредством приложно-програмен интерфейс, чрез който да се въвеждат команди за реализация на различни видове интерполации на крайният ефектор.



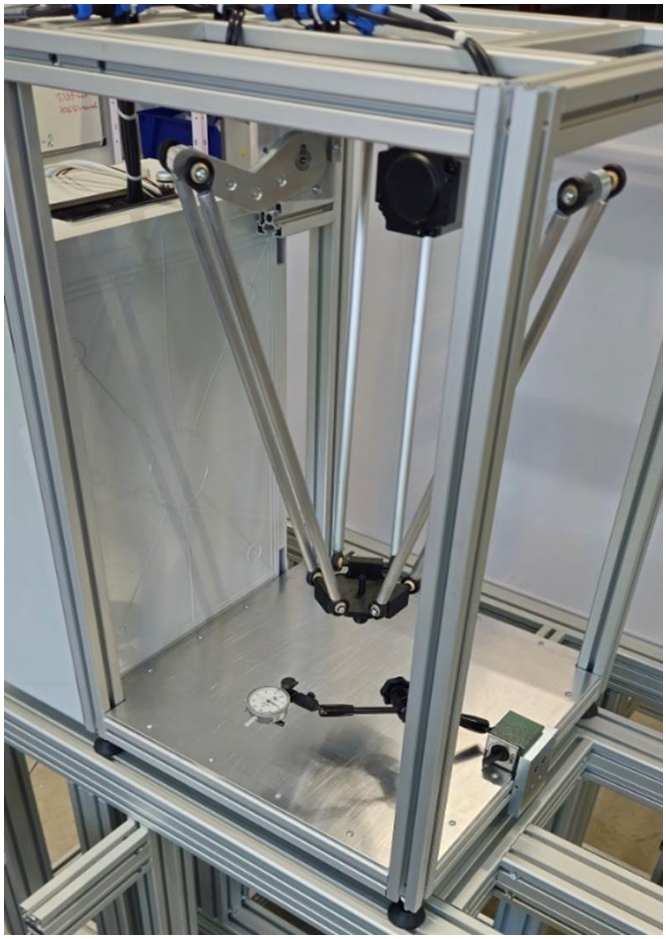
Фиг. 1. 3D модел на проектирания робот с паралелна кинематика

Изискванията към таблото са да отговаря на IP44, да е с размери достатъчни, че да побере управленията, захранванията, входящи / изходящи клеми, захранващи клеми и автоматични прекъсвачи. Също така да е с достатъчен вътрешен обем за циркулация на въздуха, необходима за охлаждане на управленията на серводвигателите. За табло отговарящо на всички тези изисквания е избрано BGABS70502 на фирма Schrack, показано на фиг.1, поз.1. Таблото е с IP54 и размери 700 x 500 x 250 [mm]. Проектираният специализиран робот с паралелна кинематика е произведен и асемблиран.

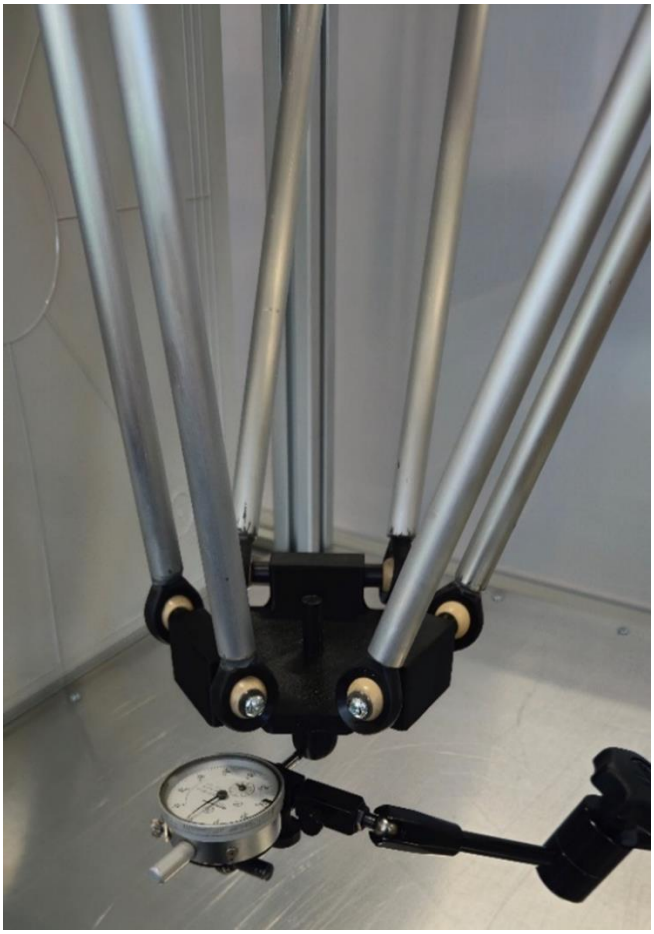
II. Изследване на точността на позициониране

Точността на позициониране на робота това е максималното линейно отклонение от предварително зададена точка на обслужване при предварително зададен цикъл на движение. Тя се движи обикновено в границите от 0,01 [mm] до 5 [mm]. Около 75 % от ПР имат точност на повторяемост до 1 [mm]. Най-висока точност имат роботите, използвани в автоматизация на монтажа [2].

ISSN 2682-9584



Фиг. 2. Прототип на робот с паралелна кинематика



Фиг. 3. Прототип на робот с паралелна кинематика

При този анализ се определя точността на позициониране на специализирания робот. За индустриалните роботи един от най-важните параметри е точността на позициониране. За целта изследването е разделено на 3 етапа – повторяемост по ос X, по ос Y и по ос Z. Прототипа на робота, част от установката за изследване е представен на фиг.2 и фиг.3. Грешката в изменението на позицията се измерва чрез индикаторен часовник. Изследването протича по следния начин:

- Избира се произволна точка начална от работното пространство, в която се позиционира платформата.
- Индикаторния часовник се нулира, контактувайки с контактната сфера на подвижната платформа, като петата на часовника трябва да е успоредна на координатната ос, която се изследва.
- Платформата се придвижва до друга произволна точка от работното пространство, след което се връща до началната точка.
- С индикаторния часовник се измерва отклонението от позицията на началната точка.
- Преместването до произволна точка, връщането до началната точка и измерването на отклонението се повтаря 10 пъти, като всеки път произволните точки са със различни координати.

III. Експериментални изследвания

Резултатите от изследването за повторяемост по ос X са представени в табл.1 по ос Y, в табл. 2 и по ос Z в табл.3, както и в графичен вид за повторяемост по ос X на фиг.4, по ос Y на фиг.5 и по ос Z на фиг.6.

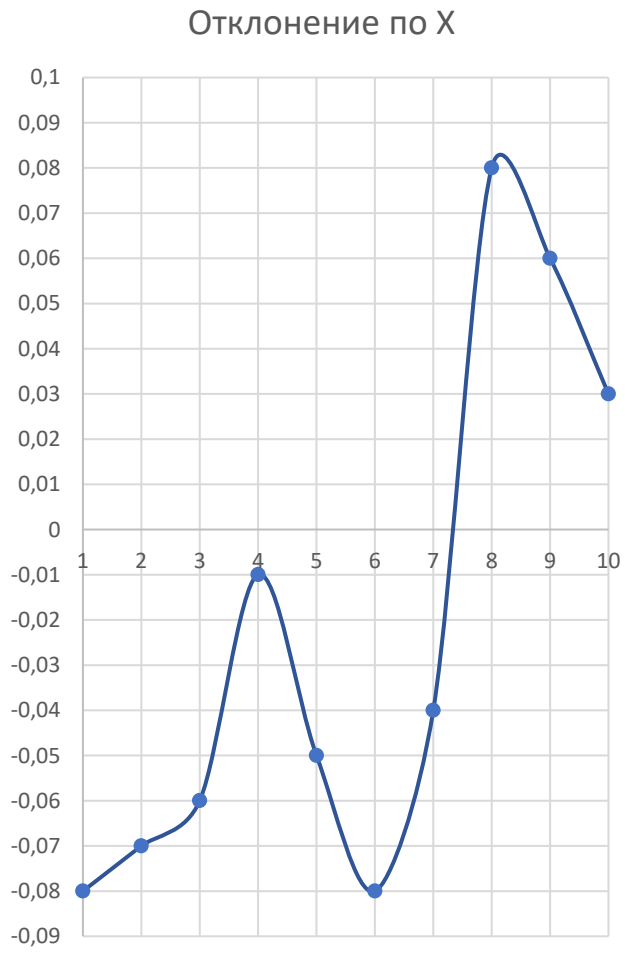
A. Изследване на повторяемост по ос X

При изследване на повторяемост по ос X е избрана начална точка {-158, -10, -570}.

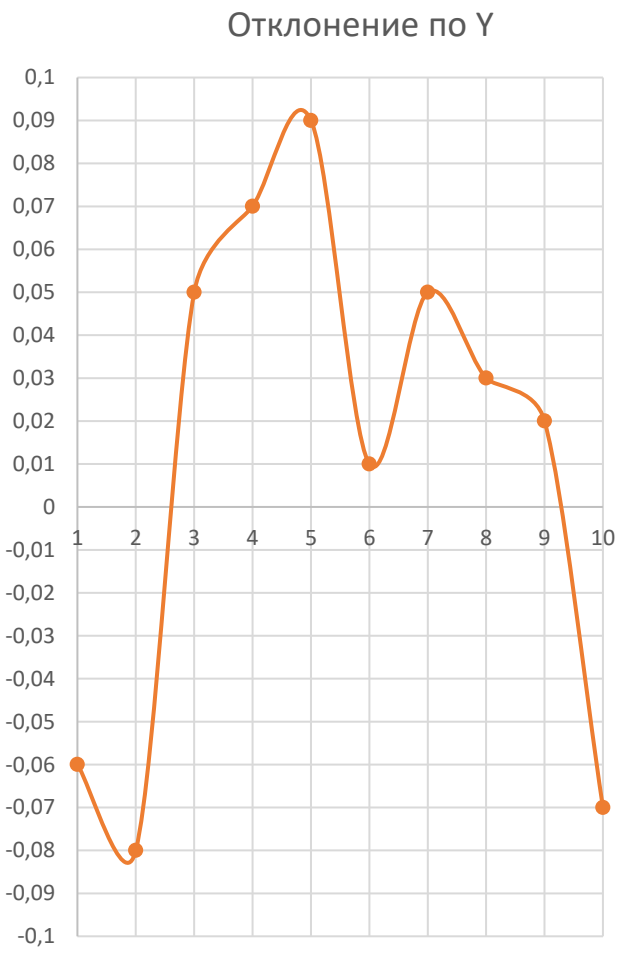
ТАБЛИЦА 1 РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОВТОРЯЕМОСТ ПО ОС X

№	Междинна позиция P {x, y, z} [mm]	Отклонение Δ [mm]
1	{10, 45, -560}	-0.08
2	{60, -30, -590}	-0.07
3	{-100, 100, -545}	-0.06
4	{100, 100, -600}	-0.01
5	{0, 0, -545}	-0.05
6	{200, -120, -535}	-0.08
7	{250, -5, -550}	-0.04
8	{-5, -250, -630}	0.01
9	{-148, 150, -540}	0.06
10	{0, 0, -665}	0.03

ISSN 2682-9584



Фиг. 4. Отклонение на позицията по ос X след всеки цикъл



Фиг. 5. Отклонение на позицията по ос Y след всеки цикъл

B. Изследване на повторяемост по ос Y

При изследване на повторяемост по ос Y е избрана начална точка {-50, -160, -570}.

ТАБЛИЦА 2 РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОВТОРЯЕМОСТ ПО ОС Y

№	Междинна позиция P {x, y, z} [mm]	Отклонение Δ [mm]
1	{10, 40, -570}	-0.06
2	{60, -40, -600}	-0.08
3	{100, 100, -565}	0.05
4	{-150, -100, -530}	0.07
5	{200, -120, -535}	0.09
6	{250, 5, -550}	0.01
7	{-5, 240, -580}	0.05
8	{0, 0, -665}	0.03
9	{0, 0, -665}	0.02
10	{-100, 100, -640}	-0.07

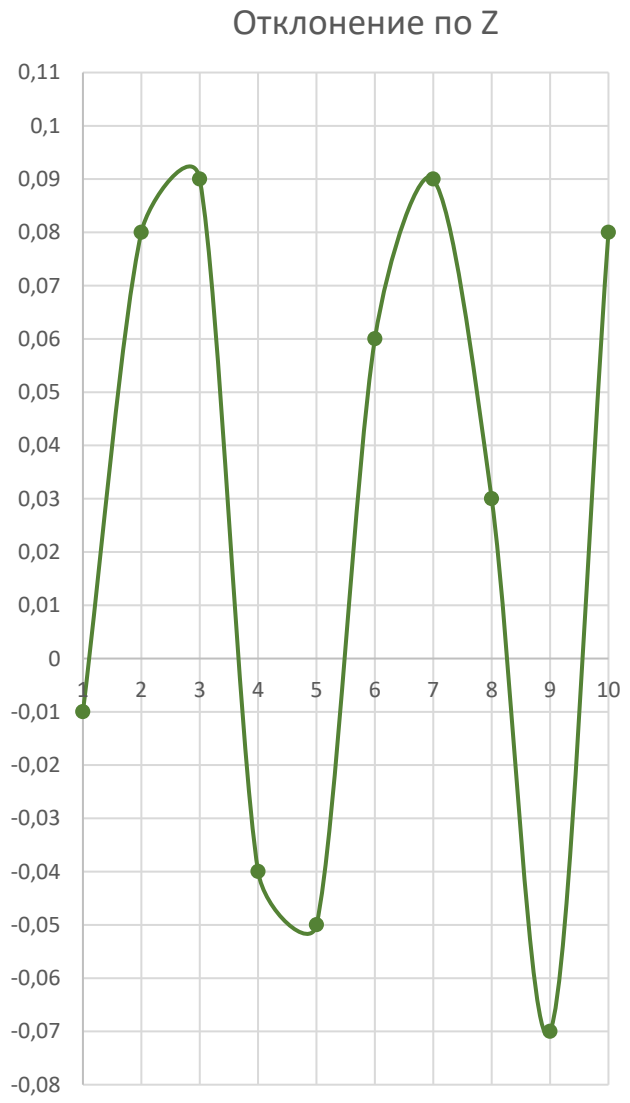
C. Изследване на повторяемост по ос Z

При изследване на повторяемост по ос Z е избрана начална точка {-50, -150, -545}.

ТАБЛИЦА 3 РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОВТОРЯЕМОСТ ПО ОС Z

№	Междинна позиция P {x, y, z} [mm]	Отклонение Δ [mm]
1	{0, 0, -530}	-0.01
2	{-100, 100, -540}	0.08
3	{100, -100, -570}	0.09
4	{-158, -10, -570}	-0.04
5	{200, -120, -535}	-0.05
6	{-148, 150, -540}	0.06
7	{60, -40, -590}	0.09
8	{0, 0, -665}	0.03
9	{5, -200, -620}	-0.07
10	{-80, -80, -630}	0.08

ISSN 2682-9584



Фиг. 6. Отклонение на позицията по ос Z след всеки цикъл

IV. Изводи

След направените реални измервания, ясно се вижда, че отклонението от позицията на робота, след няколко цикъла на препозициониране остава в границите ± 0.1 [mm], във всяко едно направление от пространството. Следователно търсената точност на робота, спрямо заданието е постигната и конструкцията може да бъде успешно валидирана.

Използвана литература

[1] Nikolov S.N.; Dimitrova R.K.; Tcolov, S.T.; Dimitrov, L.V. Classification of Parallel Kinematics Robots. *International conference on electronics, engineering physics and earth science (EEPES2023), AIP Conference Proceeding*, 2023, Volume 3063, 060001, https://doi.org/10.1063/5.0195795.

[2] Chakarski D., T. Vakarelska, Automation devices, Textbook, IC of TU-Sofia, 2008.

[3] Tsolov S., R. Dimitrova, DESIGN OF A PARALLEL DELTA ROBOT, *XXVIII MNTK "ADP - 2019", Sozopol, 29.06 - 02.07.2019, Magazine "Automation of discrete production"*, Issue 1/July 2019, ISSN: 2682-9584, (92-98).

[4] Tsolov S., Classification of robots with parallel kinematics, *XXX MNTK "ADP - 2021", Sozopol, 29.06 - 02.07.2021, Magazine "Automation of discrete production"*, Issue 3/July 2021, ISSN: 2682- 9584, (17-24).

[5] Tsolov S., Development of methodology for designing robots with parallel kinematics, *XXXI MNTK "ADP - 2022", Sozopol, 29.06 - 02.07.2022, Magazine "Automation of Discrete Production"*, Issue 4/July 2022, ISSN: 2682-9584, (109-112).

[6] Tsolov S., R. Dimitrova, S. Nikolov, Comparative analysis of algorithms for designing robots with parallel kinematics, *XXXI MNTK "ADP - 2022", Sozopol, 29.06 - 02.07.2022, Magazine "Automation of Discrete Production"*, Issue 4/July 2022, ISSN: 2682-9584, (113-119).

[7] Tsolov S., R. Dimitrova, S. Nikolov, Development of orientation module for parallel delta robot, *XXXII MNTK "ADP - 2023", Sozopol, 29.06 - 02.07.2023, Magazine "Automation of discrete production"*, Issue 5 /July 2023, ISSN: 2682-9584, (27-33).

RESEARCH OF THE POSITIONING ACCURACY OF A SPECIALIZED ROBOT WITH PARALLEL KINEMATICS

Stanislav Tcolov
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
e-mail: st.tsolov90@gmail.com

Reneta Dimitrova
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Stiliyan Nikolov
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
e-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

Abstract: In the current development, real technical studies of the designed mechanisms have been carried out, a prototype of a designed specialized robot with parallel kinematics has been made and its structural components have been assembled. The aim is to redearch the positioning accuracy of the newly created robot and thus to validate the designs made.

Key words: parallel kinematics, robot, positioning accuracy, research.

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО
ISSN 2682-9584

ТИПОВЕ СЕНЗОРИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЯ В РОБОТИКАТА

Васил Цветков
Институт по Роботика-БАН
София, България
e-mail: Cvetkov_v.@abv.bg

Нина Вълчкова
Институт по Роботика-БАН
София, България
e-mail: NValchkova@abv.bg

Роман Захариев
Институт по Роботика-БАН
София, България
e-mail: Roman.Zahariev@abv.bg

Резюме: В статията е представено изследване на различни типове сензори, които намират приложение в роботиката. Използвайки инструменти като Multisim, MATLAB и Simulink, се изследват производителността и характеристиките на тези сензори, които са от решаващо значение за работата на роботизираните системи. Резултатите от изследванията дават информация за възможните приложения и ограничения на различните типове сензори, с което се подпомага процеса на проектиране и оптимизиране дейността на роботизираните системи.

Ключови думи: роботика, сензори, симулация.

I. Увод

В областта на роботиката сензорите играят ключова роля, служейки като очи, уши и тактилни рецептори на роботизираните системи. Те предоставят важна информация за околната среда на робота, като му позволяват да възприема, интерпретира и реагира на заобикалящата го среда. Тъй като търсенето на роботизирани приложения продължава да расте в различни индустрии, важността на точните и надеждни сензорни данни става все по-очевидна. Интегрирането на сензори в роботизирани платформи поставя уникални предизвикателства, вариращи от избор на най-подходящите типове сензори за специфични задачи до оптимизиране на тяхното представяне в динамични и несигурни среди.

Традиционно оценката на сензорите разчита до голяма степен на емпирично тестване, което може да отнеме много време, скъпо и с ограничен обхват. Въпреки това напредъкът в технологиите за симулация предлага обещаваща алтернатива, позволяваща цялостна и ефективна оценка на работата на сензора във виртуални среди.

Тази статия има за цел да проучи ландшафта на симулацията на сензори за приложения в роботиката със специален фокус върху използването на инструменти като Multisim, MATLAB и Simulink [1] [2]. Като се използват възможностите на симулацията, се навлиза в възможностите на различни типове сензори, които се използват в роботиката като сензори за близост, инерционни сили, базирани на зрение сензори, сензори за сила/въртящ момент, температурни сензори и др.

Чрез систематичен подход, базиран на симулация, стремежът е да се изяснят характеристиките, силните страни и ограниченията на различните типове сензори, предоставяйки ценна информация за проектирането, разработването и внедряването на роботизираните системи.

Чрез симулиране на различни сценарии и анализиране на получените данни, се дава възможност за вземане на информирани решения относно избора на сензори, калибрирането и интегрирането им в роботизираните системи.

Целите на това проучване са две: първо, да се направи анализ на съществуващите в литературата сензорна симулация в роботиката и да се идентифицират пропуските в текущите изследвания; и второ, описание на проведените изследвания с помощта на Multisim, MATLAB и Simulink, позволяващи цялостен анализ на производителността на сензора при различни приложения в роботиката.

Проучването се стреми да преодолее пропуските между теорията и практиката в сферата на оценката за сензорната информация в роботиката като предлага систематична рамка за използване на симулационни технологии за развитие на възможностите на сензорите внедрени в роботизираните системи. Целта на изследването е да се допринесе за развитието на роботиката, улеснявайки разработването на по-интелигентни сензорно-информационни системи в адаптивни роботизирани системи в полза на обществото.

II. Видове използвани сензори

Литературата, свързана със симулацията на сензори за роботиката, обхваща широк спектър от изследвания, всяко от които допринася за разбирането за поведението на сензора, оценката на ефективността и интегрирането в роботизирани системи [3][4][5]. Сензори за близост, като ултразвукови, инфрачервени и капацитивни сензори, са обстойно проучени за ролята им при задачи за откриване на препятствия, навигация и разпознаване на обекти [6][7]. Инерционните измервателни единици „Inertial Mesurement Units“ (IMU) са получили значително внимание, особено в контекста на проследяване на движение, разпознаване на жестове и локализиране във външна среда [8][9].

A. Базирани на симулация подходи:

Предлага се ценна информация за работата на сензора при различни работни условия [10][11]. Проучванията са използвали различни симулационни инструменти и техники за моделиране на поведението на сензора, включително симулации на ниво „верига“, използващи инструменти като Multisim за електронни сензори [12], както и симулации на динамични системи, използващи MATLAB/ Simulink за сливане и управление на сензори [13]. Тези симулационни платформи позволяват на изследователите да емулират сценарии от реалния свят, да оценяват точността на сензорите и да валидират алгоритми в контролирана среда.

ISSN 2682-9584

Оценяването на производителността на сензора е от решаващо значение за осигуряване на надеждността и ефективността на роботизираните системи [14]. Симулационните проучвания са фокусирани върху анализирането на различни показатели за ефективност, като точност, прецизност, време за реакция, характеристики на шума и устойчивост на фактори на околната среда. Сравнителните анализи между различни типове сензори предоставят ценна представа за техните относителни силни страни и ограничения, подпомагайки вземането на информирано решение по време на избора и интегрирането на информацията от сензорите. Въпреки предимствата на базираните на симулация подходи, съществуват няколко предизвикателства при точното моделиране на поведението на сензора [13]. Справянето с тези предизвикателства изисква иновативни методологии за сензорно моделиране и симулация, както и валидиране спрямо емпиричните данни, за да се гарантира надеждността на резултатите от симулацията.

Известно е, че е постигнат значителен напредък в симулацията на сензори за роботиката, остава да се преодолеят няколко пропуски в изследванията [12]. Те включват разработването на стандартизирани методологии за моделиране и оценка на сензори, интегриране на симулации на сензори в цялостни рамки за роботизирани системи и изследване на нововъзникващи сензорни технологии и техните последици за приложенията в роботиката.

Като цяло, прегледът на литературата подчертава значението на сензорната симулация за усъвършенстване на възможностите на роботизираните системи. Чрез справяне с ключови предизвикателства и използване на инструменти и методологии за симулация, изследователите могат да получат по-задълбочена представа за поведението на сензорите и да допринесат за разработването на по-интелигентни, автономни и стабилни роботизирани платформи.

B. Типове сензори и приложения:

Многобройни проучвания са изследвали характеристиките и приложенията на различни типове сензори в роботиката. Сензори за близост като ултразвукови, инфрачервени и капацитивни сензори са обстойно проучени за ролята им при реализация на сензорната задачи за откриване на препятствия, навигация и разпознаване на обекти. Инерционните измервателни единици (IMU) също са получили значително внимание, особено в контекста на проследяване на движение, разпознаване на жестове и локализиране във външна среда.

III. Видове и характеристики на сензорите

Сензорите са основни компоненти на роботизираните системи, които им позволяват да възприемат и взаимодействат с околната среда. Този раздел предоставя общ преглед на различни типове сензори, които обикновено се използват в роботиката, с подробно описание на техните принципи на работа, характеристики и типични приложения.

A. Сензори за близост:

Сензорите за близост откриват наличието или отсъствието на близки обекти без физически контакт. Те използват различни технологии като ултразвукови, инфрачервени, капацитивни и магнитни сензори. Ултразвуковите сензори излъчват високочестотни звукови вълни и измерват времето, необходимо на звуковите вълни да се върнат след докосването до обект, което позволява оценка на разстоянието.

B. Инфрачервени сензори

Те откриват присъствието на обекти чрез излъчване и получаване на инфрачервено лъчение, докато капацитивните сензори измерват промените в капацитета, за да открият близки обекти. Сензорите за близост са широко използвани при откриване на препятствия, избягване на обекти и задачи за локализиране в роботиката.

C. Инерционни измервателни единици (IMU):

IMU се състоят от жироскопи, акселерометри и понякога магнитометри, които измерват съответно ъглова скорост, линейно ускорение и сила на магнитното поле. Чрез комбиниране на данни от тези сензори IMU могат да предоставят информация за ориентацията, скоростта и позицията на обекта в триизмерното пространство. IMU обикновено се използват в приложения за навигация, проследяване на движение и стабилизиране в роботиката, включително дронове, автономни превозни средства и хуманоидни роботи.

D. Сензори, базирани на зрение:

Сензори, базирани на зрение, като камери и сензори за 3D дълбочина на картината, позволяват на роботите да улавят и интерпретират визуална информация от заобикалящата ги среда. Камерите заснемат изображения или видеоклипове на околната среда, които могат да бъдат обработени с помощта на алгоритми за компютърно зрение за задачи като разпознаване на обекти, локализиране и навигация. Сензори за дълбочина на изображението като LiDAR (Light Detection and Ranging) и камери за дълбочина на изображението, които измерват разстоянието до обектите в околната среда, предоставят 3D пространствена информация. Базираните на системите „зрение“ сензори са от съществено значение за задачи, изискващи визуално възприятие, включително автономна навигация, манипулиране на обекти и взаимодействие човек-робот.

E. Сензори за сила/въртящ момент:

Сензорите за сила/въртящ момент измерват силите и въртящите моменти, упражнявани върху роботизиран краен ефектор или манипулатор по време на взаимодействие с обекти в околната среда. Тези сензори обикновено използват тензодатчици, пиезоелектрични елементи или капацитивни сензори за откриване на механична деформация и преобразуването ѝ в електрически сигнали. Сензорите за сила/въртящ момент се използват при роботизирани задачи за манипулиране, сглобяване и захващане, позволявайки на роботите да адаптират движенията си въз основа на външни сили и да поддържат безопасно взаимодействие с околната среда.

ISSN 2682-9584

F. Температурни сензори:

Температурните сензори измерват температурата на околната среда или конкретни обекти. Те използват различни технологии, включително термодвойки, съпротивителни температурни детектори (RTD) и термистори, за да откриват промени в температурата и да ги преобразуват в електрически сигнали. Температурните сензори са необходими за наблюдение на промените на топлинните условия в роботизираните системи, осигурявайки безопасна работа и предотвратявайки прегряване на компонентите.

G. Други типове сензори:

В допълнение към гореспоменатите типове сензори, широка гама от други сензори се използват в роботиката, включително сензори за налягане, сензори за влажност, сензори за газ и превключватели за близост. Всеки тип сензор има уникални характеристики и приложения, отговарящи на разнообразните нужди на роботизираните системи в различни области. Познаването на характеристиките и възможностите на различните видове сензори е от съществено значение за проектирането и внедряването им в ефективни роботизирани системи. Като използват силните страни на различни сензори и ги интегрират синергично, изследователите и инженерите могат да разработят интелигентни, адаптивни и автономни роботи, способни да работят в сложни и динамични среди.

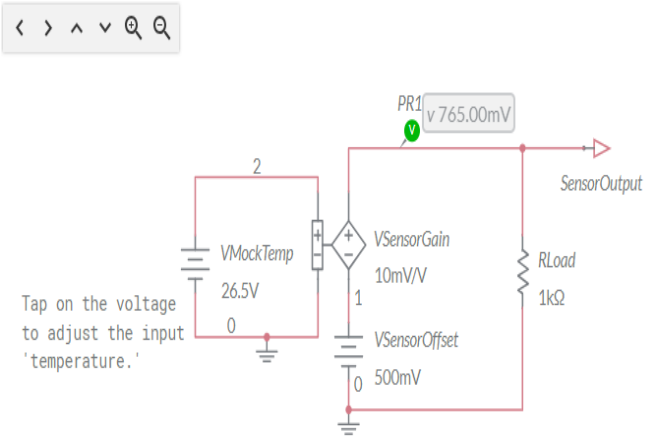
IV. Методология на симулацията

Методологиите за симулация играят решаваща роля при оценката на производителността и поведението на сензорите при приложенията им в роботиката. Този раздел очертава инструментите и техниките за симулация, използвани за моделиране на характеристиките и динамиката на сензора, предоставяйки представа за тяхната пригодност за различни сценарии в роботиката.

A. Инструменти за симулация:

1) Multisim:

Multisim е мощен софтуер за симулация на вериги, широко използван за моделиране на електронни сензорни устройства. Той позволява на инженерите да проектират и симулират сложни електронни схеми, включително схеми за интерфейс на сензори, схеми за кондициониране на сигнала и схеми за аналогово-цифрово преобразуване.



Фиг. 1. Модел на температурен сензор в Multisim

Multisim предоставя удобен за потребителя интерфейс за изграждане и симулиране на схеми на вериги, както и усъвършенствани инструменти за анализ и оценка на производителността на сензорите при различни работни условия.

2) MATLAB/Simulink:

MATLAB и Simulink са универсални симулационни платформи, използвани за динамично системно моделиране и симулация. MATLAB предоставя среда за програмиране на високо ниво за числени изчисления, анализ на данни и разработване на алгоритми, докато Simulink предлага графичен интерфейс за изграждане на динамични системни модели с помощта на блокови диаграми. Заедно MATLAB и Simulink позволяват на инженерите да симулират динамиката на сензора, алгоритми за управление и поведение на системно ниво, улеснявайки цялостен анализ и оптимизация на роботизираните системи.

B. Настройка на симулацията:

1) Настройка на симулация на Multisim:

В Multisim сензорните вериги се моделират с помощта на електронни компоненти като резистори, кондензатори, транзистори и операционни усилватели. Симулационната настройка включва проектиране на схемата на сензорния интерфейс, включително възбуждане на напрежение или ток, кондициониране на сигнала и етапи на усилване. Параметри като характеристики на сензора, входни сигнали, източници на шум и условия на околната среда се определят в рамките на симулационната среда, за да възпроизведат точно поведението на сензора в реалния свят.

Изображението на фиг. 1 съдържа представяне на данните от температурен сензор. Напрежението VMockTemp представлява входната температура и всеки волт изменение е еквивалентен на градус Целзий.

По време на интерактивна симулация може да се промени напрежението VMockTemp, за да се види как се променя изходното напрежение на сензора.

2) Настройка на симулация на MATLAB/Simulink:

В MATLAB/Simulink сензорните модели се представят с помощта на математически уравнения и алгоритми, които описват динамиката на сензора и характеристиките на реакцията. Сензорните модели могат да включват нелинейности, несигурности и източници на шум за регистриране на реалистичното им поведение. Симулационната настройка включва интегриране на сензорни модели в по-голям системен модел, като например контролен алгоритъм на роботизирана или навигационна система. Simulink предоставя софтуерни инструменти за симулиране на взаимодействието между сензори, задвижващи механизми и околната среда, което позволява да се оценят производителността на ниво система и да се валидират стратегиите за управление.

C. Моделиране с използване на Изкуствен интелект.

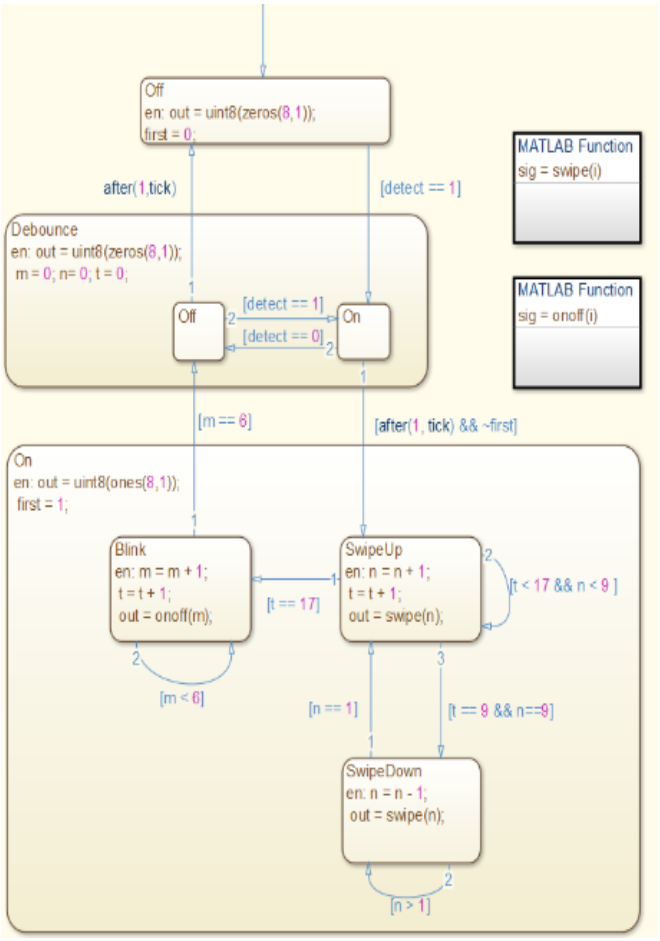
Виртуалните сензори могат да се използват във всяка система, където се изисква наблюдение и контрол в реално време и където използването на физически сензори може да е непрактично или скъпо.

ISSN 2682-9584

Използването на Изкуствен интелект „Artificial Intelegence“ (AI) техники може да подобри точността и надеждността на виртуалните сензори. Предложена е методология за създаване на някои полезни модели за изследване на виртуални сензори.

1) Модел на Инфра червена „Infra-Red“ (IR) сензорна система:

На фиг. 2 е показан модел на сензор за движение IR сензор/детектор, вграден в Simulink. Той използва Stateflow за логиката за надзорен контрол и пакета за поддръжка на Arduino Simulink, така че моделът да може да бъде вграден в платформата Arduino.



Фиг. 2. Модел на сензор за движение IR в Simulink.

За да се разработи виртуален сензор, може да се обучи AI модел, като се използва алгоритъм за машинно обучение (напр. SVM, линейна регресия и невронна мрежа) с MATLAB код или чрез импортиране на модел, обучен в TensorFlow™ или PyTorch®.

2) Модел "Long Short-Term Memory" (LSTM)

При създаване на модел "Long Short-Term Memory" (LSTM) (дълга краткосрочна памет) за регресия е особено ефективно при работа с последователни данни, които варират по дължина. За пример как да се предвиди оставащия полезен живот "Remaining Useful Life" (RUL) на двигателите се използва процедурата „Sequence-to-Sequence Regression Using Deep Learning“(Регресия от последователност към последователност с помощта на „дълбоко“ обучение).

```
layers = [sequenceInputLayer(numFeatures)
lstmLayer(numHiddenUnits,OutputMode="last")
fullyConnectedLayer(numResponses)
regressionLayer];
```

След това може да се обучи модела LSMT, като се използва функцията trainNetwork.

3) При обучение на предно захранвана, напълно свързана невронна мрежа за регресия:

„Train a feedforward, fully connected neural network for regression“:

```
Mdl = fitrnet(X,Y)
```

4) При поставяне "дърво на решенията" за регресия: „Fit a decision tree for regression“:

```
tree = fitrtree(X,Y);
```

Ако се предпочете по-интерактивен работен процес, може да се използва процедура с приложение с нисък код за проектиране, настройка, оценка и оптимизиране на AI модели „Low-Code Apps for Designing, Tuning, Assessing, and Optimizing AI Models“.

D. Симулационни сценарии:

1) Симулация на един сензор:

При симулации на един сензор поведението на отделните сензори се анализира изолирано, за да се оцени тяхното представяне при различни условия. Това може да включва различни параметри като входни сигнали на сензора, работни температури и смущения в околната среда, за да се оцени точността на сензора, разделителната способност и времето за реакция.

2) Симулация на синтез на сензори:

Симулациите на синтез на сензори включват интегриране на данни от множество сензори за подобряване на цялостното възприятие и способности за оценка на средата от роботизираните системи. Това може да включва алгоритми за синтез като филтриране на Калман, филтриране на частици или невронни мрежи за комбиниране на данни от допълнителни сензорни модалности, като визуални, инерционни и сензори за близост, за подобрено локализиране, картографиране и проследяване на обекти.

3) Анализ и валидиране на резултатите:

Резултатите от симулацията се анализират, за да се оценят показателите за ефективност на сензора като точност, прецизност, генериран шум и устойчивост. Може да се извърши сравнителен анализ между различни типове сензори или симулационни сценарии, за да се идентифицират силните страни и ограниченията.

Валидирането на резултатите от симулацията може да включва сравняване на симулирани данни с емпирични измервания, получени от тестване на сензори в реални

ISSN 2682-9584

условия, за да се гарантира точността и верността на симулационните модели.

Чрез използване на методологии за симулация в инструменти като Multisim, MATLAB и Simulink, могат да се получи ценна информация за поведението на сензорите и взаимодействията на системно ниво, улеснявайки проектирането, оптимизирането и внедряването на надеждни роботизирани системи за различни приложения.

V. Заключение

тази статия беше проучен ландшафта на симулацията на сензори за приложения в роботиката, използвайки инструменти като Multisim, MATLAB и Simulink, за да изследваме производителността и характеристиките на различни типове сензори. Нашите симулационни проучвания предоставиха ценна представа за силните страни и ограниченията на различните типове сензори, вариращи от сензори за близост и IMU до сензори, базирани на зрението, сензори за сила/въртящ момент и температурни сензори. Чрез симулиране на различни сценарии и анализиране на получените данни, се допринесе за по-задълбочено разбиране на динамиката на поведението на сензорите, точността и характеристиките им, както и степента на генерирания „шум“ и устойчивостта в роботизираните приложения. Интегрирането на симулационни методологии в процеса на проектиране и разработка на роботизирани системи предлага множество предимства, включително рентабилна оценка на производителността на сензора, бързо създаване на прототипи на сензорни конфигурации и оптимизиране на сензорни алгоритми.

Подходите, базирани на симулация, позволяват да се изследват широка гама от дизайнерски опции, да се оцени въздействието на факторите на околната среда и да се валидират стратегиите за контрол, преди да се внедрят роботизираните системи в реални условия. При продължаване на изследванията има няколко пътища за експериментите в сензорната симулация при роботизираните системи. Те включват разработването на усъвършенствани сензорни модели с повишена прецизност и точност, изследването на нови сензорни технологии и техники за интегриране и подобряването на симулационните рамки за поддържане на мултисензорно сливане и взаимодействие в реално време с роботизираните системи. Освен това, усилията трябва да бъдат насочени към стандартизиране на методологиите за симулация, валидиране на резултатите от симулацията спрямо емпирични данни и преодоляване на празнината между симулацията и тестването на хардуера в цикъла на работа.

В заключение изследването подчертава значението на базираните на симулация подходи за напредъка на най-съвременните роботизирани сензори. Използвайки инструменти и техники за симулация могат да се ускори развитието на интелигентни, адаптивни и автономни роботизирани системи, проправяйки пътя за приложения в индустрията, здравеопазването, транспорта и други области.

Благодарности

Авторите благодарят за финансовата подкрепа на проекта с Административен договор № КП-06-Н57/8 от 16.11.2021 г. „Методология за определяне на функционалните параметри на мобилен колаборативен сервизен робот-асистент в здравеопазването“, финансиран по „Конкурс за финансиране на фундаментални изследвания – 2021 г.“ от Фонд „Научни изследвания“, България.

Използвана литература

[1] Serpanos D., “The Cyber-Physical Systems revolution”. J. Computer, V. 51(3), pp.70-73. 2018, DOI:https://doi.org/10.1109/MC2018.1731058

[2] Valchkova N., R. Zahariev., “Optimization of model operator for service robot, intended to service persons with disability.”, Pr.“TECIS-19” IFAC Conf.26-28 September, Sozopol, Bulgaria, 2019, https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.468

[3] Zahariev R., N. Valchkova, G. Angelov, Y. Paunski at al. “Robots for Help in Pedagogy and Rehabilitation.” In Pr. 20-th Int. Conf. on Computer Systems and Technologies, ACM, New York, NY, USA, 1-7, 2019, DOI: https://doi.org/10.1145/3345252.3345253

[4] Cover S. A., Ezquerra, N., O’Brien, J. at al, E. “Interactively deformable models for surgery simulation. IEEE CG&A, 13, 6. 1993, https://doi.org/10.1109/38.252559

[5] Sciavicco L., B. Siciliano, “Modelling and control of robot manipulators” (Second Edition), Springer-Verlag, London, 2000.

[6] Hesheng W., “Introduction to Robotic.” Course of Information,

[7] https://robotics.sjtu.edu.cn/upload/course/5/files/Introduction.pdf

[8] Tzvetkov V., N.Valchkova, R.Zahariev, Mobile Robotic Platform Called 3pi, Designed for Medical Purposes and for Use in Training, Pr. TU Sofia, XXVI International Conference „ADP-2022“, June, Sozopol, Bulgaria, pp. 104-108, 2022, https://mf.tu-sofia.bg/MNTK%20ADP%20site/2022/MNTK%20ADP%202022.pdf

[9] Bakhtiar N. Advanced Circuit Simulation Using Multisim Workbench. CRC Press. 2019.

[10] Karris S. T.. Introduction to its Engineering Applications. Orchard Publications, 2017.

[11] Karris S. T. Introduction to Simulink with Engineering Applications. Orchard Publications. 2017.

[12] Ogata K. System Dynamics. Pearson Education , 2010.

[13] Bae J., Seo, J., Jeon, Y., & Lee, S. An Ultrasonic Proximity Sensor with a Multichannel Digital Signal Processor for Mobile Robotics. J. Sensors, 18(6), 2018.

[14] Chen,Y., Zhang, Y., & Li, Y. An Inertial Measurement Unit based Real-Time Hand Gesture Recognition System. Sensors, 2019

ISSN 2682-9584

TYPES OF SENSORS FOR ROBOTICS APPLICATIONS

Vasil Cvetkov
Institute of Robotics - BAS
Sofia, Bulgaria
Email: Cvetkov_v.@abv.bg

Nina Valchkova
Institute of Robotics - BAS
Sofia, Bulgaria
Email: NValchkova@abv.bg

Roman Zahariev
Institute of Robotics - BAS
Sofia, Bulgaria
Email: Roman.Zahariev@abv.bg

Abstract: The article presents a study of different types of sensors that find application in robotics. Using tools such as Multisim, MATLAB and Simulink, the performance and characteristics of these sensors, which are critical to the operation of robotic systems, are investigated. The results of the research provide information on the possible applications and limitations of the different types of sensors, which supports the process of designing and optimizing the operation of robotic systems. ***Robotics, Sensors, Simulation***

Key words: robotics, sensors, simulation

ISSN 2682-9584

OPTIMIZING OPERATIONAL PARAMETERS FOR ENHANCED C-PROFILE PRODUCTION ON THE PinnacleLGS X10 MACHINE

Shaban Buza
Department of Engineering Design and Vehicles
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: shaban.buza@uni-pr.edu

Festim Bushi
Department of Mechatronics
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: festim.bushi@student.uni-pr.edu

Arbnor Pajaziti
Department of Mechatronics
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: arbnor.pajaziti@uni-pr.edu

Ahmet Shala
Department of Mechatronics
Faculty of Mechanical Engineering
University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: ahmet.shala@uni-pr.edu

Abstract: The PinnacleLGS X10 machine is specifically designed for manufacturing metal profiles crucial to the construction and engineering sectors. Critical to the quality and performance of the final products are the machine's operational parameters, encompassing production speed, applied pressure, forming method, and profile temperature. This study involves the meticulous monitoring and recording of these parameters throughout the C-profile production process. The acquired data undergoes comprehensive analysis to reveal interdependence relationships between the operational parameters. To enhance the efficiency of the production process, a mathematical optimization model is developed. This model aims to pinpoint the most effective combination of operational parameters, ultimately yielding finished products with optimal quality and increased productivity.

Key words: optimization, production process, total processing time, operational time parameters, variants

I. INTRODUCTION

The PinnacleLGS X10 Infinity, Fig. 1 is an advanced machine specially designed for the production of light gauge steel (LGS) construction C-profiles. This machine offers [1]:

- High levels of automation to reduce downtime and improve product quality.
- Increased production speed for greater productivity and capacity.
- The use of the latest technologies in the formation and cutting of profiles, ensuring precision and quality.
- Integrated quality control systems to ensure compliance with standards.
- Emphasis on worker safety through thoughtful design.
- Flexibility to produce LGS profiles of different dimensions and designs.
- User-friendly interface for easy machine control, monitoring and employee interaction."

The production speed of a manufacturing machine is a critical factor in determining its efficiency and productivity. Maximizing production speed while maintaining product quality and reliability is a key objective for manufacturers seeking to optimize operating parameters throughout the manufacturing process.

Work parameters represent the main elements of a process or machine that directly affect the output of the product. For any industry, the use of work parameters is essential to ensure that manufactured products meet certain standards and requirements. These parameters include various variables such as materials, technologies, dimensions, speed and processing methods [2].

The analysis and management of these parameters affects the quality, efficiency and productivity of the production process. In this context, deep and responsible knowledge of work parameters is essential to achieve success in the field of industry and production.

The research was based on a wide range of questions, seeking to identify the most efficient ways to optimize the operation of this machine and achieve maximum productivity in a way that does not compromise quality.

All elements necessary to understand and improve the production process of these important profiles in the construction industry have been taken into consideration.



Fig. 1. PinnacleLGS X10 infinity machine [1]

ISSN 2682-9584

To achieve the aim of the study, a detailed analysis of the different stages of the production process of the PinnacleLGS X10 Infinity machine will be carried out, from the selection of the profile material, the design of the profile in the software, the calculation, calibration and control of its dimensions, including practical experimental measurement of parameters.

Based on the data collected by measurements and those recorded, the models are created through combinations with time-varying working parameters for technological operations to obtain the "shortest" time for the production of a quality C-profile within the required standards.

II. C-PROFILE DESIGN AND MANUFACTURING PROCESS ON PINNACLE LGS X10 INFINITY MACHINE

C-profile, as the final product manufactured on the PinnacleLGS X10 machine that was taken for research, Fig. 2 goes through several stages, including design in embedded software, metal processing methods such as Swage, Dimple, Lip and Services, and control of Flange, Web and Gauges dimensions before the panel is released for production [2].

Swage is a device used to shape or form metal by applying pressure or force.

Dimple is the device that makes the drilling of the profiles, and modifies the surface properties of materials to reduce weight, improve aerodynamics, or facilitate assembly.

Lip is the device that cuts or extends outward the edges of a surface and serves various functions such as sealing, retention, guidance, protection, or performance enhancement.

Service refers to a device that makes holes in the middle of the profile that serve as auxiliary openings for the passage of cables or wires that will be made in those objects.

Flange denotes an outwardly extending rim, edge, collar, or rib on a component that is designed to provide strength, support, sealing, alignment, and facilitating assembly and maintenance in various systems and structures.

Web width presents the breadth of an uninterrupted metal sheet or coil as it progresses through different processing machinery or is utilized in manufacturing processes.



Fig. 2. Final prototype of the C-profile

Gauge pertains to the thickness or diameter of a metal sheet, coil, or wire in metal processing, impacting material choice, design factors, manufacturing techniques, and the performance of the final product.

A. *Stage 1: Selection and placement of material*

The material of the panel is selected galvanized steel with Web and Flange dimensions used in construction and various industries.

The material is placed in the De-Coiler so that it is centered and level with the place to be inserted.

B. *Stage 2: Profile design in machine software*

The process of designing the profile in the machine software is carried out according to the following steps also illustrated with relevant figures.

- Step 1: Open the software window and select "Settings", Fig. 3.

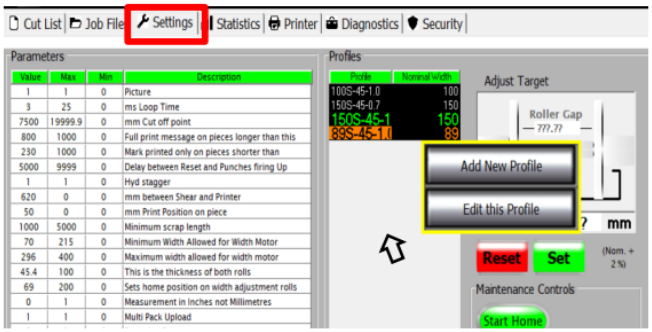


Fig. 3. Creating a new profile

- Step 2: In the space where the arrow is found, we click with the right key and the options appear from which we click "Add New Profile" to create a new profile, Fig. 3. The cursor is clicked.
- Step 3: The profile naming window appears where the Web width, Flange height and Lip width are included, Fig. 4.

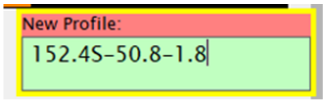


Fig. 4. Profile naming

- Step 4: Then the width of the profile, Fig. 5 and the height of the profile (Left Leg) are set in turn, Fig. 6.

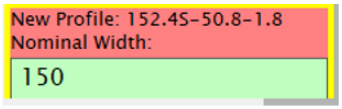


Fig. 5. Setting the width of the profile

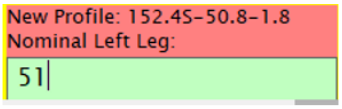


Fig. 6. Setting the Left Leg of the profile

ISSN 2682-9584



Fig. 7. Creation of profile thickness

- Step 5: After creating the new profile, the thickness of the profile should also be given. On the right side of the "Settings" window there is the "Gauges" option which can be clicked with the right key and a new window with options appears in which "Add New Gauge" is selected and clicked on, Fig. 7.
- Step 6: A new window appears where the thickness of the panel is set for the production of profiles, Fig.8.

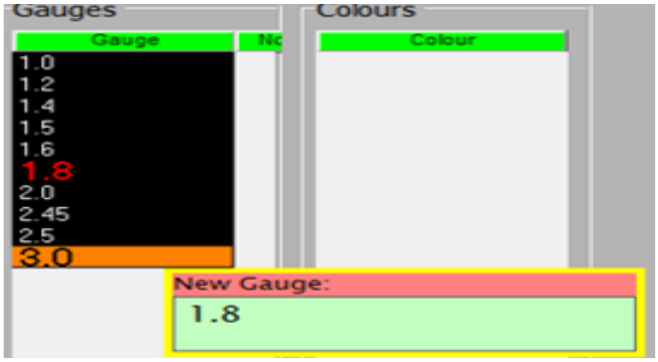


Fig. 8. Setting the thickness of the profile

C. *Stage 3: Calculation and calibration*

After creating the profile and its thickness, two values must be calculated to tell the machine's software the width and height of the profile.

- Step 1: This is done through the Excel program prepared by the machine manufacturer so that it is easier for us to obtain the profile we want, Fig. 9.

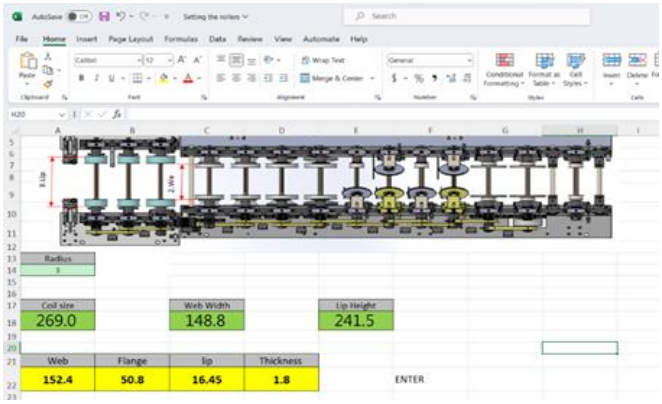


Fig. 9. Calculation of the profile to calibrate the machine

- Step 2: To the yellow line, Fig. 9, the values that must be obtained are set.

In the case under consideration the profile to be produced has the values for Web=152.4 mm, Flange = 50.8 mm and Lip=16.45 mm. Based on these values, two values are obtained for Web Width and Lip Height, which when placed in the software, the machine will expand the rollers in such a way that the profile that will be obtained will be exact with the desired values and normally according to the standard. So the calibration process is done

D. *Stage 4: Checking the profiles are within standards and tolerances*

Checking the accuracy is done with two methods:

- by measuring the position of the rollers to see if they have moved to the positions defined in the software according to the calculations as an initial, but it is not sufficient check, and
- by measuring the sizes of the Web, Flange, and Lip after the output of the profile from production, as a final check.

If the dimensions are not within the standards and tolerances, then re-calibration should be done.

E. *Stage 5: Production of the C-profile*

After successful calibration, the machine is ready to continue with the production of designed profiles, Fig. 2.

- Step 1: The NC file of the panel named "2252_2EW1.1_600S-200-68.Parts List" is placed in a "Job" folder created in "Local Disck C:\".
- Step 2: Open the machine software and select the panel, according to the order of steps in Fig. 10.
- Step 3: The production of the C-profile begins according to the parameters defined for performing the relevant operations.

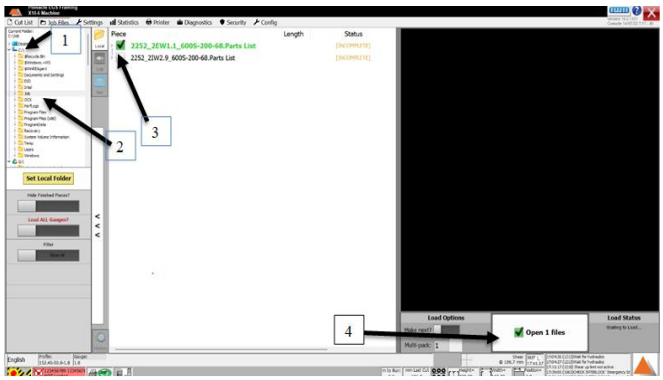


Fig. 10. Loading the panel for production

III. OPTIMIZATION OF TIME PARAMETERS FOR WORKING TOOLS

A. *The methodology of changing the time parameters of working tools*

The subject of analysis is the production time of the C-profile that is mostly produced on the PinnacleLGS X10 machine in the factory.

ISSN 2682-9584

The overall working speed of the production process is taken to be 85% of the maximum speed.T he production time of the profile depends on the working time of the tools for performing various operations. The following operations were taken for consideration: Swage, Dimple, Lip and Service (auxiliary operations for opening holes), where for each in the software it is defined:

- Dn [ms] - the time to control the tool down
- Up [ms] - the time to control the tool up

The production time calculation is done by the machine's own software that can be read and monitored throughout the production process until the profile is completed. Below is presented the prototype of the profile with the operations of which we will change the parameters, Fig. 11.

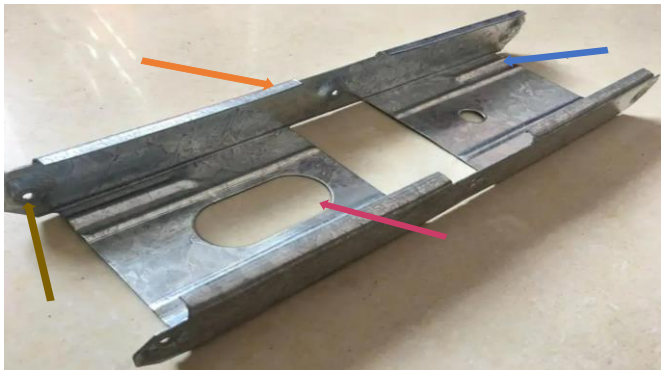


Fig. 11. Metal processing oprations indicated at the prototype of the C-profile

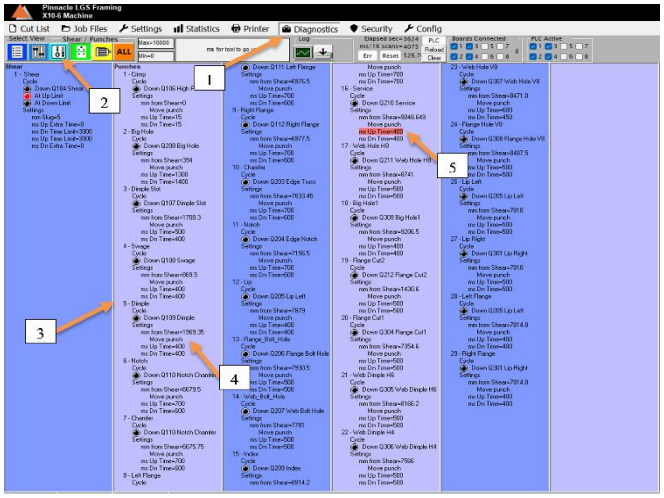


Fig. 12. The window where we can change the time of performing the operations of the devices located in the PinnacleLGS X10 Infinity machine

Changing the processing time (Up and Dn) for each operation of the corresponding tool is done in the machine software, respectively in the Diagnostics window, Fig. 12, following the steps as follows:

- Step 1: The window in which there are operations that the machine can perform.
- Step 2: The menu through which the change of the execution time of the tool operations is made.
- Step 3: Tool names.
- Step 4: Option to select the left or right placement of the tool for operation.
- Step 5: Selecting the time for raising (Up Time) and for lowering (Dn Time) the tool to perform the corresponding operation.

B. Total processing time for manufactured C-profile variants

The output variant of the designed C-profile is obtained from the combinations of time parameter values (Up and Dn) for the respective operations. The timing of the C-profile production process that was considered. The values of the time parameters for the relevant operations of the C-profile production process that are most often selected are:

Swage: Up = 550 ms and Dn = 700 ms

Dimple: Up = 700 ms and Dn = 500 ms

Lip: Up = 700 ms and Dn = 700 ms

Service: Up = 700 ms and Dn = 700 ms

These values will be called "default values" of time parameters and changing them creates profile variants. First, C-profiles will be produced with "default values" for different working speeds from which the total processing times will be obtained, TABLE 1 and Fig. 13. It is observed that the lowest total time (tp = 4.24 min) is obtained for 85% of the working speed and it is proved that the quality and tolerances meet the required standards. Therefore, this working speed is taken for the production of all variants.

TABLE 1 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING THE WORKING SPEED

Working speed [%]	Swage	Dimple	Lip	Service	Total processing time tp
	Up, Dn	Up, Dn	Up, Dn	Up, Dn	
	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[min]
60%	550, 700	700, 500	700, 700	700, 700	**4.45**
65%	550, 700	700, 500	700, 700	700, 700	**4.44**
70%	550, 700	700, 500	700, 700	700, 700	**4.43**
75%	550, 700	700, 500	700, 700	700, 700	**4.37**
80%	550, 700	700, 500	700, 700	700, 700	**4.29**
85%	550, 700	700, 500	700, 700	700, 700	**4.24**

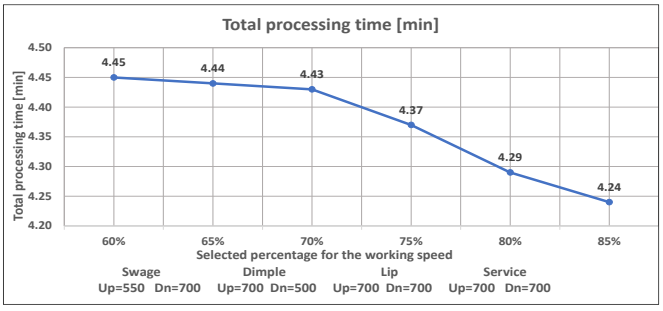


Fig. 13. Total processing time changing the percentage for the working speed

In the tables, TABLE 2 to 11 and figures, Fig. 14 to 23, the values obtained for the total processing time for each variant created by changing the time parameter of the corresponding operation or operations are given. The parameter values for the smallest value of the total processing time are highlighted and underlined.

ISSN 2682-9584

TABLE 2 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING SWAGE TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage	Dimple	Lip	Service	Total processing time tp
	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[min]
Up, Dn	350, 400	700, 500	700, 700	700, 700	**4.19**
	400, 450	700, 500	700, 700	700, 700	**4.16**
	300, 350	700, 500	700, 700	700, 700	**4.15**
	400, 400	700, 500	700, 700	700, 700	**4.14**

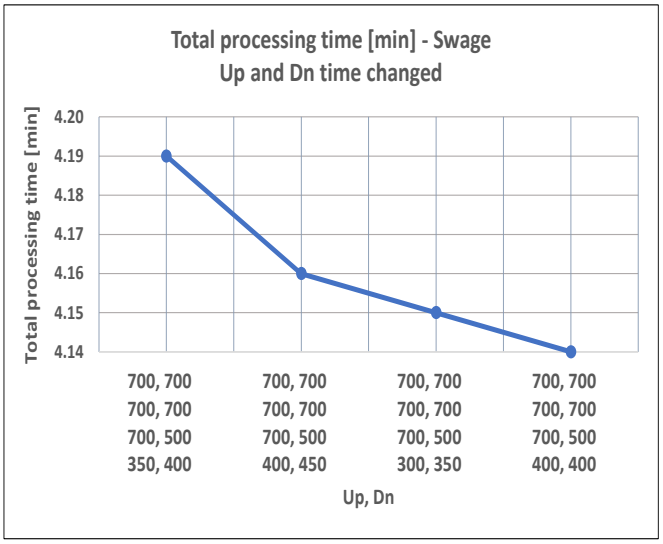


Fig. 14. Total processing time changing Swage time parameters

TABLE 3 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING DIMPLE TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage	Dimple	Lip	Service	Total processing time tp
	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[min]
Up, Dn	550, 700	500, 300	700, 700	700, 700	**4.12**
	550, 700	600, 400	700, 700	700, 700	**4.15**
	550, 700	500, 350	700, 700	700, 700	**4.14**
	550, 700	400, 400	700, 700	700, 700	**4.14**

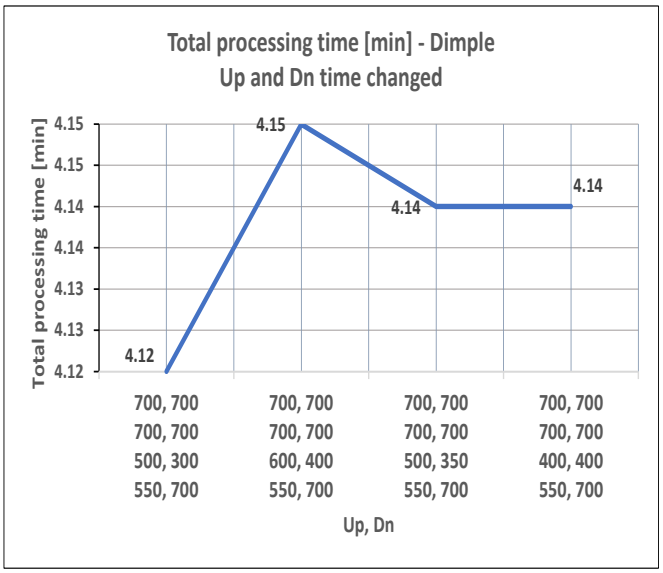


Fig. 15. Total processing time changing Dimple time parameters

TABLE 4 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING LIP TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage	Dimple	Lip	Service	Total processing time tp
	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[min]
Up, Dn	550, 700	700, 500	500, 500	700, 700	**4.10**
	550, 700	700, 500	450, 450	700, 700	**4.15**
	550, 700	700, 500	400, 400	700, 700	**4.13**
	550, 700	700, 500	550, 550	700, 700	**4.15**

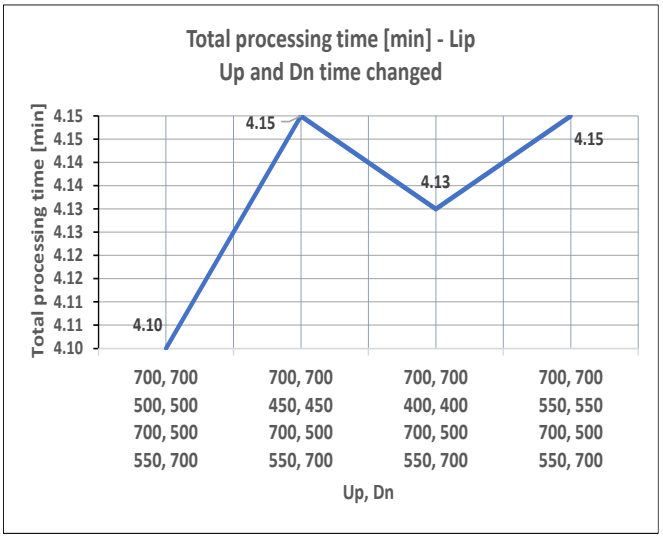


Fig. 16. Total processing time changing Lip time parameters

TABLE 5 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING SERVICE TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage	Dimple	Lip	Service	Total processing time tp
	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[min]
Up, Dn	550, 700	700, 500	700, 700	500, 500	**4.09**
	550, 700	700, 500	700, 700	450, 450	**4.11**
	550, 700	700, 500	700, 700	400, 400	**4.13**
	550, 700	700, 500	700, 700	550, 550	**4.15**

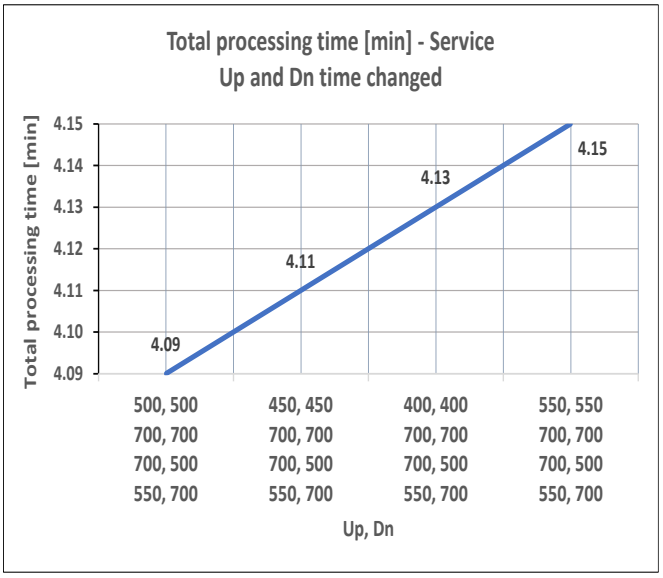


Fig. 17. Total processing time changing Service time parameters

ISSN 2682-9584

TABLE 6 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING SWAGE AND DIMPLE TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage [ms]	Dimple [ms]	Lip [ms]	Service [ms]	Total processing time tp [min]
Up, Dn	350, 400	500, 300	700, 700	700, 700	**4.04**
	400, 450	600, 400	700, 700	700, 700	**4.06**
	450, 500	650, 450	700, 700	700, 700	**4.08**
	500, 550	500, 500	700, 700	700, 700	**4.10**

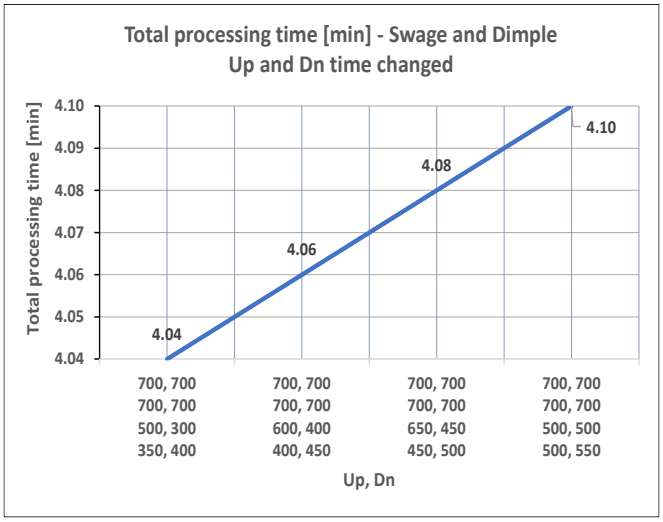


Fig. 18. Total processing time changing Svage and Dimple time parameters

TABLE 7 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING SWAGE AND LIP TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage [ms]	Dimple [ms]	Lip [ms]	Service [ms]	Total processing time tp [min]
Up, Dn	350, 400	700, 500	500, 500	700, 700	**4.03**
	400, 450	700, 500	550, 550	700, 700	**4.06**
	450, 500	700, 500	600, 600	700, 700	**4.09**
	500, 550	700, 500	450, 450	700, 700	**4.08**

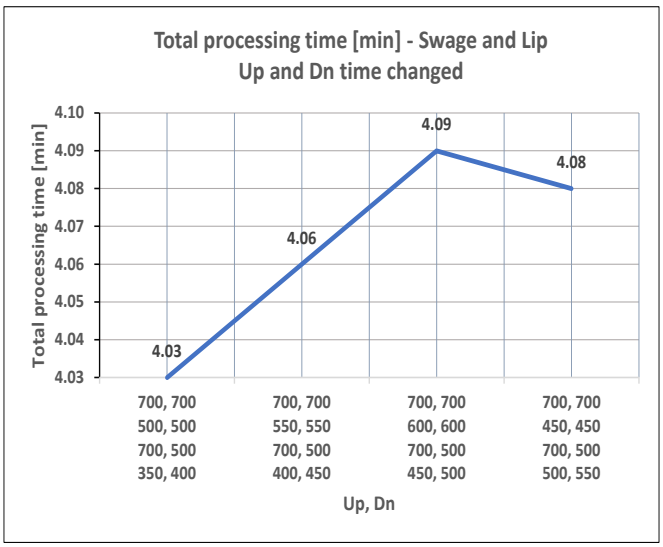


Fig. 19. Total processing time changing Svage and Lip time parameters

TABLE 8 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING SWAGE AND SERVICE TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage [ms]	Dimple [ms]	Lip [ms]	Service [ms]	Total processing time tp [min]
Up, Dn	350, 400	700, 500	700, 700	500, 500	**4.05**
	400, 450	700, 500	700, 700	450, 450	**4.07**
	450, 500	700, 500	700, 700	550, 550	**4.08**
	500, 550	700, 500	700, 700	600, 600	**4.10**

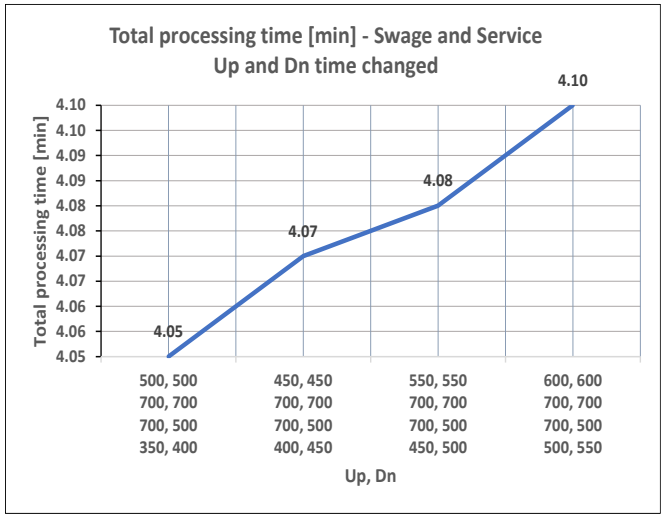


Fig. 20. Total processing time changing Svage and Service time parameters

TABLE 9 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING DIMPLE AND LIP TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage [ms]	Dimple [ms]	Lip [ms]	Service [ms]	Total processing time tp [min]
Up, Dn	550, 700	500, 300	500, 500	700, 700	**4.02**
	550, 700	400, 400	400, 400	700, 700	**4.05**
	550, 700	450, 450	450, 450	700, 700	**4.03**
	550, 700	550, 550	550, 550	700, 700	**4.07**

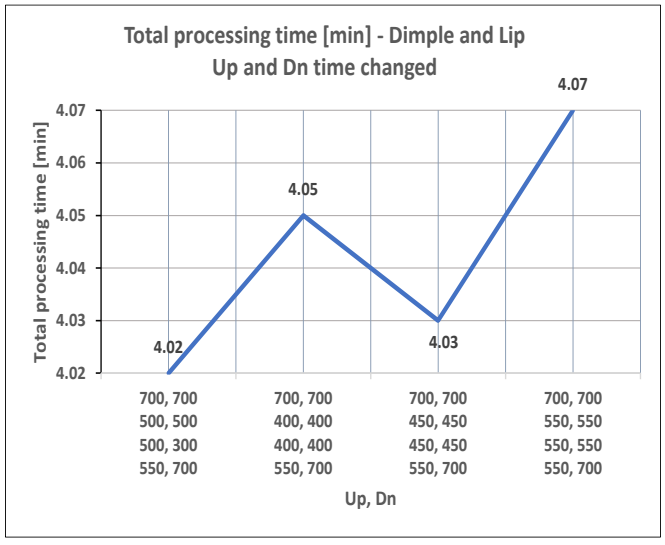


Fig. 21. Total processing time changing Dimple and Lip time parameters

ISSN 2682-9584

TABLE 10 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING DIMPLE AND SERVICE TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage [ms]	Dimple [ms]	Lip [ms]	Service [ms]	Total processing time tp [min]
Up, Dn	550, 700	500, 300	700, 700	500, 500	**3.59**
	550, 700	400, 400	700, 700	400, 400	**4.04**
	550, 700	450, 450	700, 700	450, 450	**4.02**
	550, 700	550, 550	700, 700	550, 550	**4.06**

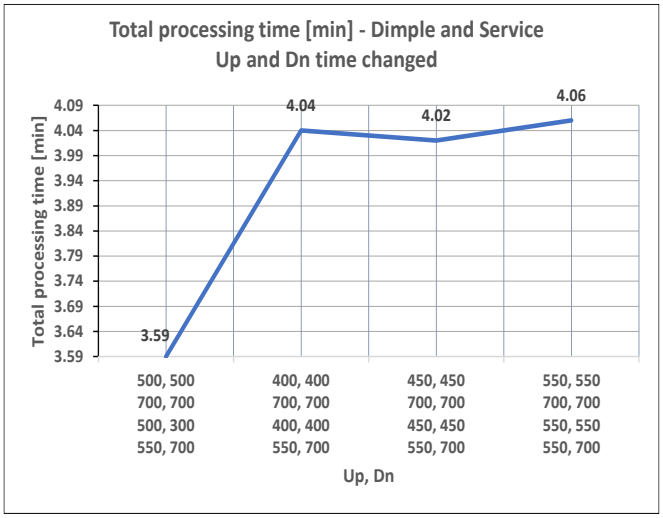


Fig. 22. Total processing time changing Dimple and Service time parameters

TABLE 11 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING LIP AND SERVICE TIME PARAMETERS

Working speed 85%	Swage [ms]	Dimple [ms]	Lip [ms]	Service [ms]	Total processing time tp [min]
Up, Dn	550, 700	700, 500	500, 500	500, 500	**3.58**
	550, 700	700, 500	450. 450	450, 450	**4.00**
	550, 700	700, 500	400. 400	400, 400	**4.00**
	550, 700	700, 500	350, 350	350, 350	**4.00**

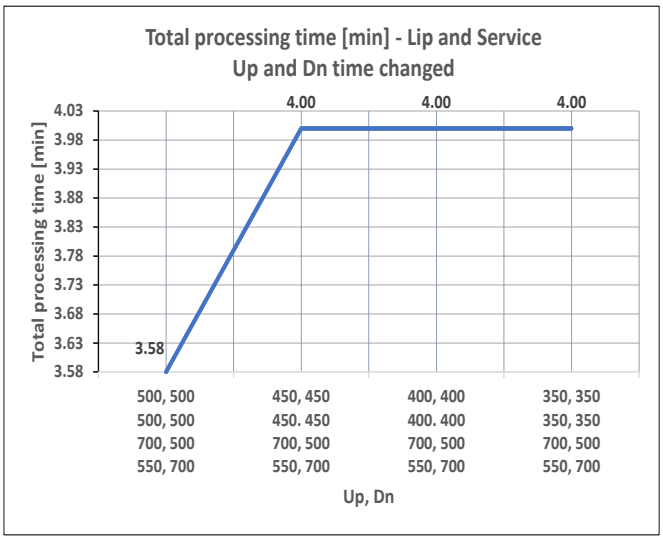


Fig. 23. Total processing time changing Lip and Service time parameters

TABLE 12 TOTAL PROCESSING TIME CHANGING TIME PARAMETERS FOR ALL OPERATIONS

Working speed 85%	Swage [ms]	Dimple [ms]	Lip [ms]	Service [ms]	Total processing time tp [min]
Up, Dn	400. 450	500, 300	500, 500	500, 500	**3.56**

C. *Optimal total processing time*

During the product design process, a goal is to find the "best" design from all possible designs, which is called the optimal design. Optimization of a production process aims to minimize the cost by optimizing the relevant parameters without violating the constraints and conditions[3,4].

To formulate the optimization model for the C-profile manufacturing process on the PinnacleLGS X10 machine:

1) Operational time parameters (Up and Dn) are defined as variables for the four operations under consideration: Swage, Dimple, Lip and Service.
2) Constraints are the minimum and maximum values for each parameter, which are selected from the database in the machine software.
3) As a function of the goal, the overall processing time is taken, which is read by the software
4) The evaluation of the variants, which has to do with meeting the quality and tolerances according to the standards, is done directly by the machine's software.

The mathematical model of optimization is formulated as:

Find the minimum value of the objective function, i.e. the minimum value of the overall processing time of the C-profile

$$min\ t_p(X) \tag{1}$$

For the set of variables, that is, the variant with the corresponding combination

$$X=\{(Up_{SW},Dn_{SW}),(Up_{DI},Dn_{DI}),(Up_{LI},Dn_{LI}),(Up_{SE},Dn_{LI}) \tag{2}$$

Fulfilling the constraints:

$$\begin{gathered} 300 \le Up_{SW} \le 700 \\ 300 \le Dn_{SW} \le 700 \\ 300 \le Up_{DI} \le 700 \\ 300 \le Dn_{DI} \le 700 \\ 300 \le Up_{LI} \le 700 \\ 300 \le Dn_{LI} \le 700 \\ 300 \le Up_{SE} \le 700 \\ 300 \le Dn_{SE} \le 700 \end{gathered} \tag{3}$$

ISSN 2682-9584

From TABLE 2 to TABLE 11, the values for 41 variants created by combinations of time parameters for the respective operations are obtained. From these tables, the minimum values of the total processing time for the relevant operational parameters are grouped in TABLE 13.

TABLE 13 TOTAL PROCESSING TIME WITH MINIMUM VALUES FROM SETS OF COMBINATIONS

Working speed	Swage	Dimple	Lip	Service	Total processing time tp
85%	[ms]	[ms]	[ms]	[ms]	[min]
Up, Dn	400, 400	700, 500	700, 700	700, 700	**4.14**
	550, 700	500, 300	700, 700	700, 700	**4.12**
	550, 700	700, 500	500, 500	700, 700	**4.10**
	550, 700	700, 500	700, 700	500, 500	**4.09**
	350, 400	700, 500	700, 700	500, 500	**4.05**
	350, 400	500, 300	700, 700	700, 700	**4.04**
	350, 400	700, 500	500, 500	700, 700	**4.03**
	550, 700	500, 300	700, 700	500, 500	**3.59**
	550, 700	700, 500	500, 500	500, 500	**3.58**
	400. 450	500, 300	500, 500	500, 500	**3.56**

From TABLE 13, it can be noticed that the variant with the minimum total processing time is 3.56 min. Comparing it with the measurement of the default parameters of 4.24, the difference is 28 seconds less. When it concerns serial production, such a difference is considered significant.

From these analysis of the production process of the C-profile under consideration, we notice that an important optimization has been achieved, that the total production time has been shortened by maneuvering with the acquired parameters for the respective operations.

IV. CONCLUSION

In this study, the analysis and optimization of the working parameters of the PinnacleLGS X10 machine was done with the aim of improving the production efficiency of C-profiles.

The research was based on a wide range of questions, seeking to identify the most efficient ways to optimize the operation of this machine and achieve maximum productivity in a way that does not compromise quality. All elements necessary to understand and improve the production process of these important profiles in the construction industry are included.

The reason for this study is to find the minimum total processing time of the machine that performs the operations depending on the type of material to increase the productivity and efficiency of the machine's work.

Based on the adopted optimization model:

- in the combinations of the default values for the time operational parameters, the working production speed of the machine 85% of the possible speed has been acquired and the minimum total production time of 4.24 min has been recorded, TABLE 2.
- for the overall acquired speed, the designed C-profile was produced in 41 variants by making combinations of parameters and based on the measurements, the overall minimum processing time of 3.56 min was obtained, TABLE 13.
- for the optimal solution, the production time of the profile has been reduced
- for the default total processing time of 4.24 min within 20 h or 1200 min, 283 C-profiles were produced.
- for the total processing time of 3.56 min, within 20 h or 1200 min, 337 C-profiles are produced.

Difference for 20 h or 1200 min is 86 C-profiles more, which directly affects the increase in profit.

At the same time, the understanding of the challenges and opportunities in the production of metal profiles in an industrial environment has been deepened. This study has explored the complex relationship between machine operating parameters and profile quality, shedding light on the challenges of achieving the right balance between productivity and quality.

These analyzes and conclusions are the result of a sample of 41 variants and have brought significant optimization. Research will continue for more variants and C-profiles produced from other materials.

REFERENCES

[1] Pinnacle, Machine operating manual, X10 Series

[2] Gupta H.N., R.C. Gupta and A. Mittal, Manufacturing processes - second edition, 2009, New Age International (P) Ltd., Publishers

[3] Pahl G. and W. Beitz, Engineering Design, Third Edition, Springer-Verlag, London 2007.

[4] Joaquim R. R. A. M. and N. Andrew, Engineering design Optimization, electronic edition 2021, https://websites.umich.edu/~mdolaboratory/pdf/Martins2021.pdf.

[5] Singiresu R. S., Engineering Optimization Theory and Practice, Fourth Edition, 2009 by John Wiley & Sons

ISSN 2682-9584

ИЗРАБОТВАНЕ НА ПРОТОТИП НА АВТОМАТИЧЕН БЕЗКОНТАКТЕН КОНТЕЙНЕР ЗА СЪБИРАНЕ НА ОТПАДЪЦИ

Паскал Атанасов
Технически университет - София
София, България
e-mail: ednomienaum@gmail.com

Боян Бахчеванов
Технически университет - София
София, България
e-mail: bab@tu-sofia.bg

Резюме: Целта на настоящата статия е да се изработи прототип на автоматичен контейнер за събиране на отпадъци. За постигане на целта и въз основа на разработен концептуален модел са избрани отделните структурни единици, съставляващи проектираното мехатронно устройство. Разработена е управляваща програма и електрическа схема на свързване. Показана е последователността при асемблиране на отделните структурни единици на създадения прототип и са изчислени капиталовложенията.

Ключови думи: прототип, автоматичен контейнер, управление, програмиране, безконтактно събиране на отпадъци.

I. Увод

Едно от предимствата на безконтактните контейнери за събиране на отпадъци е тяхната среда без микроби и миризми, което позволява по-малко инфекции и болести от замърсители. Друго предимство е дълговечността. Стандартните ръчно или стъпково контролирани контейнери за отпадъци са с по-кратък жизнен цикъл, в зависимост от това колко пъти на ден се отварят и затварят. Безконтактните контейнери имат водоустойчиви предпазители на използваните сензори, така че боклук или течност не могат да оставят петна, когато паднат върху или около тях. В комбинация с устойчив на мръсотия капак, който събира малко прах и безпроблемно премахване на торбичката за боклук, безконтактният дизайн на контейнера е отличен избор за приложение в домове за възрастни хора, болници, клиники, детски градини и др. Случайни разсипвания не могат да възникнат, поради чувствителността на сензорите, което спомага за опазване на околната среда. Ръцете на хората не се замърсяват, както може да се случи, ако използват ръчно контролирани контейнери. Друго предимство е, че децата от всички възрасти ще се забавляват да изхвърлят отпадъци, което би спомогнало за оформяне на навик. Безконтактния контейнер има два режима на работа: безконтактен, който отваря и затваря автоматично капака и общ, който позволява натискането на бутон, за да се отвори и друг бутон, за да се затвори. Може да работи на батерия или захранване [1].

Създаденият концептуален модел на автоматичен, безконтактен контейнер за отпадъци включва следните структурни единици: санитарен контейнер, ултра звуков приемо предавател, двигател, конектори, проводници, батерия, спица, старт/стоп бутон и процесор за управление.

II. Програмиране и управление

A. *Избор на процесор*

Arduino Uno с SMD процесор е разновидност на платформата Arduino Uno с микроконтролер, който е асемблиран на повърхността на платката, вместо да бъде поставен в DIP корпус. Това прави платката по-компактна и лесна за монтаж на различни устройства. Arduino Uno е една от най-популярните платформи за разработка и използва микроконтролер ATmega328P. SMD версията използва същия процесор, което осигурява по-голяма надеждност и ефективност на електрическите връзки.

Таблица 1 Технически параметри на процесора [2]

№	Параметър	Стойност	Дименсия
1.	Микроконтролер	ATmega328	-
2.	Работно напрежение	5	[V]
3.	Входно напрежение	7-12	[V]
4.	Цифрови I / O пинове	14 (от които 6 осигуряват PWM изход)	[бр.]
5.	Аналогови пинове	6	[бр.]
6.	DC захранване за I / O Pin	40	[mA]
7.	DC захранване за 3.3 [V] Pin	50	[mA]
8.	Флаш памет	32	[KB]
9.	SRAM	2	[KB]
10.	EEPROM	1	[KB]
11.	Тактова честота	16	[MHz]
12.	Вграден светодиод на пин	13	[бр.]
13.	Дължина	68.8	[mm]
14.	Ширина	53.4	[mm]
15.	Тегло	25	[g]

Функционалността на този процесор е идентична на обикновената версия на платформата, като разликата е в размера и монтажа на процесора [2].

B. *Избор на ултразвуков приемо предавател*

HC-SR04 е ултразвуков сензор, който измерва разстоянието до предмети, използвайки ултразвукови вълни. Той се състои от ултразвуков излъчващ модул и приемащ модул, които могат да изпращат и получават ултразвукови сигнали. Сензорът използва ултразвукови импулси, които се изпращат от излъчващия модул и се отразяват от предметите в обекта, който се измерва. HC-SR04 е много популярен, защото е лесен за използване и с ниска себестойност.

ISSN 2682-9584

ТАБЛИЦА 2 ТЕХНИЧЕСКИ ПАРАМЕТРИ НА УЛТРАЗВУКОВ ПРИЕМО ПРЕДАВАТЕЛ [3]

№	Параметър	Стойност	Дименсия
1.	Захранване	5	[V]
2.	Консумация на ток	6	[mA]
3.	Честота	4	[kHz]
4.	Обхват	30-2500	[mm]
5.	Работно напрежение	5	[V]
6.	Ъгъл на отчитане	15	[°]
7.	Интерфейс	цифров	-
8.	Размери	43x20x15	[mm]

Приемащият модул получава отразените сигнали и изчислява времето, необходимо на ултразвуковите импулси да се отразят обратно до сензора. Измерваното време се използва, за да се определи разстоянието до предмета, който се измерва [3].

C. Избор на двигател

Tower Pro MG996R е серво двигател, който се използва широко в роботиката и е един от най-популярните серво двигатели със своята висока скорост на въртене и висока мощност.

ТАБЛИЦА 3 ТЕХНИЧЕСКИ ПАРАМЕТРИ НА СЕРВО ДВИГАТЕЛ [4]

№	Параметър	Стойност	Дименсия
1.	Мощнос	9,4 при 4,8 [V] 11 при 6,0 [V]	[kg/cm]
2.	Скорост	0,17 при 4,8 [V] 0,14 при 6,0 [V]	[s/°]
3.	Работно напрежение	4,8-6,0	[kHz]
4.	Тип зъбни колела	метал	-
5.	Работна температура	0-55	[°]
6.	Конектор	JR	-
7.	Дължина на конектор	320	[mm]
8.	Размери	40,7x19,7x42,9	[mm]
9.	Тегло	55	[g]

Може да издържи на тегло до 11 [kg] и има възможност за 180 [°] въртене. Той е съвместим със стандартните RC приемници и контролери, което го прави лесен за управление и интеграция [4].

D. Разработване на управляваща програма

Разработен е програмен код, с който чрез сензора за измерване на дистанция се сканира пространството и се засичат обекти на определено разстояние. Когато такъв обект бъде открит, двигателят се завърта на определена зададена стъпка, след което отново се връща на първоначалната си позиция [5,6]. В началото на създадения код има инициализиране на библиотека „<Servo.h>“, която служи за управление на серво двигатели (фиг.1). Чрез нея са зададени конкретни позиции, през които серво двигателя да се движи, както и са зададени скоростта и направлението на завъртане. Библиотеката работи с PWM сигнали, за да се контролира ъгъла на завъртане на двигателя.

```
#include <Servo.h>    //Серво библиотека
```

Фиг. 1. Библиотека „<Servo.h>“

Двигателят е настроен чрез метода „servo.write(pos)“, където pos е променлива, чрез която се задава позицията в която той да отиде (фиг.2).

```
servo.write(pos);          // Казва на сервото да отиде на дадената позиция
```

Фиг. 2. Метод „servo.write(pos)“

Създадени се променливи за управление на пиновете на ултразвуковия сензор, управление на серво двигателя, масив от три променливи за средно аритметично на разстоянието и градусите на които той да се завърти (фиг.3).

```
int trigPin = 3;
int echoPin = 4;
int servoPin = 2;
long duration, dist, average;
int rotation_degrees = 68;
long aver[3];   //Масив за средно разстояние
```

Фиг. 3. Променливи за управление

Чрез метода „setup“ са конфигурирани различните пинове и устройства преди основната част на програмата да започне да работи. Той се изпълнява само веднъж в началото на програмата и служи за инициализиране на различни настройки и конфигурации [7,8].

Използвана е функцията „Serial.begin(9600)“ за инициализиране на последователната комуникация между Arduino и другите устройства чрез сериен порт, като е зададена скоростта на трансфер на данни, а именно 9600. Функцията „servo.attach(servoPin)“ е използвана за свързване на двигателя към пин на Arduino, който ще го управлява. След което функциите „pinMode(trigPin, OUTPUT)“ и „pinMode(echoPin, INPUT)“ са използвани за конфигуриране на пиновете, които се използват за изпращане и получаване на звукови сигнали при използване на сензора за разстояние. Функцията „servo.detach()“ е използвана за изключване на двигателя, като по този начин се освобождава пина, към който е свързан той (фиг.4).

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    servo.attach(servoPin);
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
    pinMode(echoPin, INPUT);
    servo.detach();
}
```

Фиг. 4. Метод „setup“

С метода за измерване „measure“ пинът за тригер на ултразвуковия сензор е зададен като изход, след което се засича разстоянието до обекта и се пресмята разстоянието на база на измереното време на пристигане на ултразвуковия сигнал. Разстоянието е записано в променлива dist. В цикъл „loop“ е изчислено средно аритметично на последните три измервания, за да се получи точно измерване на разстоянието. Ако то е под определена стойност, се задейства двигателя (фиг.5).

ISSN 2682-9584

```
void measure() {
digitalWrite(10,HIGH);
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(15);
digitalWrite(trigPin, LOW);
pinMode(echoPin, INPUT);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
dist = (duration/2) / 29.1;     //Измерване на дистанция
}
void loop() {
  for (int i=0;i<=2;i++) {
    measure();
   aver[i]=dist;
    delay(10);                 //закъснение между измерванията
  }
 dist=(aver[0]+aver[1]+aver[2])/3;
```

Фиг. 5. Метод за измерване „measure“ и цикъл „loop“

След това двигателя се завърта на предварително зададените градуси чрез помощта на цикъл „for“, в който „pos“ е текущата позиция и се връща на същата позиция с помощта на още един цикъл „for“, който извършва обратното действие. По средата между двата цикъла има 3 [s] пауза, за да може да има достатъчно време да се изхвърли отпадъка в контейнера (фиг.6).

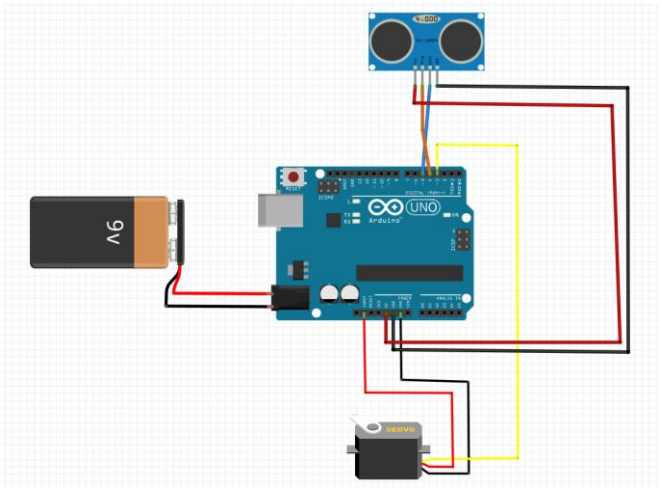
```
for (pos = 0; pos <= rotation_degrees; pos += 1) { // Завърта мотора от 0 до зададени градуси
  // Една стъпка = 1 градус
  servo.write(pos);              // казва на сервото да отиде на дадената позиция pos
  delay(30);                     // закъснение 30мс между смяна ма позициите
}

delay(3000);

for (pos = rotation_degrees; pos >= 0; pos -= 1) { // Завърта мотора от 180 до зададени градуси
  // Една стъпка = 1 градус
  servo.write(pos);              // казва на сервото да отиде на дадената позиция pos
  delay(30);                     // закъснение 30мс между смяна ма позициите
}
```

Фиг. 6. Цикъл „for“

E. Разработване на електрическа схема



Фиг. 7. Електрическа схема на свързване

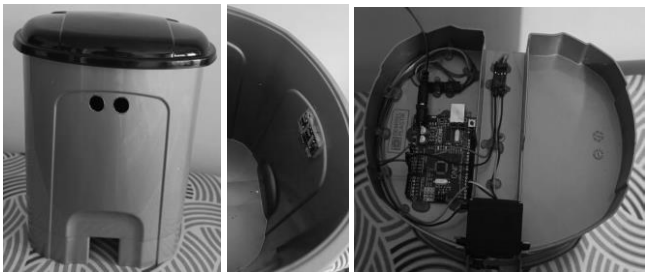
Към Ардуино контролерът се свързва 9 [V] батерия чрез DC Jack 5,5 [mm]. Ултразвуковият сензор HC-SR04 се свързва към контролера чрез четири кабела: VCC пинът се свързва към 5 [V], Trig към контролен пин 4, Echo към контролен пин ~5 и GND към GND пин на контролера.

Двигателя MG996R се свързва към контролера с три кабела: червения към 5 [V], черния към GND (нула) и жълтия към контролен пин ~3.

III. Изработване на прототип

A. Етапи на изработване

Пробиват се два отвора в контейнера, през които са подадени приемника и предавателя на ултразвуковия сензор (фиг.8а.). От вътрешната страна на контейнера е присъединен ултра звуковия сензор така, че приемника и предавателя да излязат през отворите. Сензорът е присъединен с помощта на лепене (фиг.8б). В долната задна част на контейнера се поставя двигателя с помощта на болтове.



а) б) в)

Фиг. 8. Етапи на изработване на прототип

В долната част на контейнера е поставена платката за управление чрез метод за лепене и са свързани кабелите към двигателя и ултразвуковия сензор (фиг.8в и фиг. 9а).



а) б) в)

Фиг. 9. Етапи на изработване на прототип

В задната част на капака е пробит отвор към който е прикрепена спицата, служеща за движение на капака. Тя е поставена към отвора и двигателя (фиг.9б). След това е изрязан отвор и е поставен бутона за включване и изключване (фиг.9в). Поставена е батерията и автоматичният безконтактен контейнер за събиране на отпадъци е готов за употреба (фиг.10).

ТАБЛИЦА 4 НАСТРОЙВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ

Параметър	Стойност	Дименсия
Разстояние на засичане на движение	200	[mm]
Време от отваряне до затваряне на капака	3	[s]
Градуси на завъртане на серво двигателя	68	[°]
Забавяне на движение на двигателя между всяка стъпка	30	[ms]

ISSN 2682-9584



а) б)

Фиг. 10. Прототип на автоматичен санитарен контейнер

B. Принцип на работа

- Натиска се бутона за включване.
- Ултразвуковия сензор започва да улавя движение и ако на 200 [mm] пред него бъде извършено движение или е поставен обект се задейства двигателя, който отваря капака (фиг.10а).
- След като капака е отворен и изминат 3 [s] двигателя автоматично затваря капака (фиг.10б).

C. Капиталовложения

ТАБЛИЦА 5 КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ

ΔК	**Структурен елемент**	**Брой**	**Стойност**
1.	Санитарен контейнер	1	10 [лв.]
2.	Ултразвуков приемо-предавател Кит К2009 HC-SR04	1	4,20 [лв.]
3.	Серво двигател MG996R Кит К2300	1	28,90 [лв.]
4.	Кабел за външно захранване Uno/Mega	1	1,50 [лв.]
5.	Процесор Arduino Uno с SMD	1	28 [лв.]
6.	Проводници мъжки/женски - 20 [см]	6	0,6 [лв.]
7.	Батерия 9V	1	5,4 [лв.]
8.	Спица	1	0,8 [лв.]
9.	Бутон switch SMRS101-1	1	0,6 [лв.]

$$\Delta K = K1 + K2 + \cdots + Kn \quad (1)$$

$$\Delta K = 80\ [лв.]$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е прототип на автоматичен контейнер за събиране на отпадъци, като са избрани и закупени отделните структурни единици. Разработена е управляваща програма и електрическа схема на свързване. Показана е последователността при асемблиране на отделните структурни единици на създадения прототип и са изчислени капиталовложенията.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] https://eziнearticles.com/?A-Touchless-Trash-Can---Advantages-of-Choosing-One&id=4578679

[2] https://www.electronicevolution.bg/bg-product-details-15.html

[3] https://www.sparkfun.com/products/15569

[4] https://hobbyrc-bg.com/index.php?main_page=product_info&products_id=502

[5] Dimitrova R., M. Kambushev, S. Biliderov, Method for design of special mechatronic devices and systems, XXIX MNTK "ADP - 2020", Sozopol, 29.06 - 02.07.2020, Magazine "Automation of discrete production", issue 2/July 2020, ISSN: 2682-9584, (14-17).

[6] Dimitrova R., S. Dimitrov, S. Nikolov, A. Lazarova, Design and programming of a cutting nozzle in an automated seeding, watering and chemical treatment system, International Scientific Conference on Computer Science (COMSCI), Sozopol, Bulgaria, 2023, DOI: 10.1109/COMSCI59259.2023.10315810.

[7] Dimitrova R., S. Nikolov, S. Dimitrov, A. Lazarova, Design of an automated system for sowing, watering and chemical treatment, EEPES 2023, AIP Conf. Proc. 3063, 060009 (2024) https://doi.org/10.1063/5.0195835.

[8] Dimitrov S., D. Totev, S. Nikolov, R. Dimitrova, Design of compost production system powered by green energy sources, 2022, Scopus, 14th Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2022, Conference Proceedings, Code 186442, ISBN: 978-166549026-9, DOI: 10.1109/BulEF56479.2022.10020204.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF AUTOMATIC CONTACTLESS WASTE COLLECTION CONTAINER

Pascal Atanasov
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: ednomienaum@gmail.com

Boyan Bahchevanov
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: bab@tu-sofia.bg

Abstract: The purpose of this paper is to develop a prototype of an automatic waste collection container. To achieve the goal and based on a developed conceptual model, the individual structural units that make up the designed mechatronic device have been selected. A control program and an electrical connection diagram have been developed. The sequence of assembling the individual structural units of the created prototype is shown and the capital investments are calculated.

Keywords: prototype, automatic container, control, programming, contactless waste collection.

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО
ISSN 2682-9584

A MECHATRONIC DEVICE FOR LOCAL RADIATION TREATMENT OF TUMOR FORMATIONS

Veronika Ivanova
Robotized and Mechatronics Intelligent Systems
Institute of Robotics, Bulgaria Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
e-mail: iwanowa.w@abv.bg

Ani Boneva
Communication Systems and Services
Institute of Information and Communication Technologies,
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
e-mail: ani.boneva@iict.bas.bg

Dimitar Karastoyanov
Communication Systems and Services
Institute of Information and Communication Technologies,
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
e-mail: dimitar.karastoyanov@iict.bas.bg

Abstract: Tumor occurs when healthy cells change and begin to grow and multiply uncontrollably. Radiation therapy destroys the DNA of damaged cells so that they stop growing or the tumor disappears completely. Unlike other cancer treatments that affect the whole body, radiotherapy affects only the part of the body where the tumor is located, as some healthy tissue near the cancer may be affected. In this study, our effort to design a mechatronic device for local radiation treatment of tumor formations is described. The main goal is to design a mechatronic device with application in radiotherapy, so that the tumor is under control, by first characterizing the biomechanical properties of the tissues while protecting the organs that are close to the tumor, and then applying sparing local therapy. In contrast to other practical decisions in the field of local tumor therapy, the work discusses a device for surgical robots that simultaneously examines biomechanical tissue characteristics and applies local tumor therapy.

Keywords: Therapeutic device, Mechatronic, surgical robots, High-Intensity Focused Ultrasound, Local Radiation Therapy, Local Tumor Therapy

I. INTRODUCTION

The 21st century has seen new and deeper knowledge about cancer and significant advances in its treatment. However, problems remain regarding the increasing incidence and success of its treatment, as cancer is one of the leading causes of death. The main method for the treatment of tumors is their surgical removal. Therefore, novel techniques and approaches to tumor treatment must be sought and tested. In medicine, several problems are solved with the help of techniques such as mechatronics and robotics. Advances in robotics and mechatronics can be used to optimize cancer treatment too. Over the past decades intelligent medical technologies, robotic, and mechatronics systems have given oncologists the capability to personalize treatments for accurate delivery of therapeutic doses based on clinical parameters and anatomical information. Two schemes working simultaneously will enable further widening of the possibilities of cancer therapy: technological improvement for better patient treatment, including advanced image guidance and particle therapy, and novel methods for treatment of patients with a biomarker-guided prescription, combined treatment modalities, and adaptation of treatment during its course. Various tissue ablation methods for local tumor treatment are used in surgery such as radio frequency currents, microwaves, laser, heat conduction sources, and ultrasound.

Ultrasound has some advantages, such as the ability to penetrate deep into tissues, precise focusing and image guidance, and fin regulation of the shape and location of the energy [1,2]. High-intensity ultrasound (HIFU) and magnetic resonance-focused ultrasound (MRgFUS) are effective non-invasive methods for tissue treatment. The many advantages are reduced toxicity compared to other techniques; non-invasive method and minimal pain; relatively inexpensive procedure and technique; suitable for patients with high surgical risk; leaves no scars on the patient; short risk of infection; recovery is faster compared to traditional surgical techniques; bleeding during the procedure can be stopped with ultrasound; precise delivery of energy to a target point without disturbing the integrity of the skin; system maintenance costs are low; minor side effects on the surrounding tissue [3] patient safety with minimal side effect, a precise and easy applied technique.

Principle of operation of HIFU - the beam is focused on a small part of the tissue and rapid and intense heating is obtained. The intermediate tissue remains intact as it is outside the acoustic focus [4]. The heat in HIFU causes a rapid increase in tissue temperature, resulting in immediate cell death [5] and minimizing tissue damage near the treatment area [6], HIFU devices consist of two major components - a piezoelectric ultrasound transducer for the therapeutic energy and an imaging modality used for guidance with electronic control of the ultrasound beam allowing fine control of the location of the focal spot. The modality imaging guidance is the second UIFU component. Electronic control of the ultrasound beam allows fine control of the location of the focal spot.

Several experimental studies have been done with HIFU to prove its effectiveness in treating tumors. HIFU may be a useful alternative non-invasive local therapy for some types of small in size tumors [7]. During treatment, the HIFU devices have to be together applied with diagnostic systems to provide safety, better navigation, and assessment of vascularity [8]. Very important for oncology is Radiation Therapy (RT). RT is used in all types of cancer and is part of the procedure in its treatment. RT provides long-term control of many tumors for which there is no effectiveness to date and is a promising solution for advanced-stage patients. In RT, the tumor response is due to high levels of cell death induced by irreparable DNA damage. Although ionizing radiation can also cause serious harm to patients and staff, safe and automated dose delivery is one of the key challenges.

ISSN 2682-9584

Another interesting aspect is the localization of the target, which is usually deep inside the patient and not easily visible. Advances in computer and imaging technology contribute to precise RT dosing as accurate dosing at the tumor site and increasing treatment accuracy must be image-guided [9]. The benefit of image-guided radiation therapy (IGRT) is improving cancer treatment outcomes and reducing toxicity where the disadvantages are related to energy dissipation, insufficient visibility, and excessive radiation.

In recent years, significant advances in the field of artificial intelligence (AI) have been used from diagnosis to treatment. Tumor treatment has been revolutionized by it, as well as drawing regions of interest (ROIs), neural networks (NNs) directly infer image features from ROIs. Advances in machine learning (ML) and deep learning (DL) algorithms [9] to streamline predictive models to inform treatment decisions may also be useful [9]. Although this technology is still in its infancy at present, the capabilities of AIs are not yet fully deployed, and shortcomings arise that need to be overcome.

The integration of mathematical modeling [10], computer simulation, and quantitative data sciences, including emerging fields such as artificial intelligence and machine learning, in oncology in general and radiation oncology in particular enables reliable prediction of treatment outcomes, leading to the ultimate goal of personalizing therapy and treatment optimization. For example, in radiotherapy, various modeling methods have been used, which are aimed at methods sparing the immunity of patients [11]. Immunotherapy treatment is part of the overall treatment of cancer because the immune system can regulate the suppression and development of tumors Mathematical modeling helps to design radiation and radioimmune therapy protocols that result in the patient's immune system clearing the tumor most effectively. When modeling a radiation side effect, it is necessary to identify which organ is at risk (OAR) to determine the relationship between the delivered dose and the effect [12, 13]. Scientists are developing a predictive model to improve accuracy and prevent RBI risk. Based on the predicted risk (polygenic risk score PRS), a monogram was constructed by combining PRS and clinical factors to predict the risk of RBI. With the help of this model, the prediction accuracy is significantly improved [10].

Most of the models consider tumor-immune interactions at the cell population level, modeled by ordinary or partial differential equations. They can be simulated and analyzed using commercial software packages such as MATLAB, Mathematic, and Maple or various open-source differential equation-solving programs [14]. However, the type and detail of available data, including multiplex immunofluorescence imaging of patient biopsy specimens, may facilitate the use of cell-based approaches, such as agent-based models, cellular automata, or hybrid models [14]. Other problems being addressed in the field of RT stem from a lack of widely available streamlined real-time methods for image management and integrated adaptive radiotherapy. Above all, new systems with improved image guidance in real time are sought, as specialized and expensive cancer radiotherapy systems are currently used, which need continuous improvement of IGRT image guidance [13]. Disadvantages related to lack of motion in the perpendicular direction of the beam and limitation of 6DoF observation [15].

It has been established that radiotherapy with local control is a good means of improving patient conditions. The results are tied to different radiotherapy regimens of tumors and different stages of development. The need to precisely and safely deliver focused high doses to the target region motivates the use of robots in radiotherapy. Flexibility in beam arrangement and the ability to compensate for target motion are key advantages of robotic systems.

Considering the challenges of the environment, the need for automation, and the dynamics of patient movement, several systems based on robotics and mechatronics methods have been developed and proposed. Typically, staff must be protected from radiation and away from patients during treatment. This necessitates that the patient's posture or the control of the treatment device be controlled remotely. Therefore, different kinematic structures can be applied in the development of hospital beds and treatment devices. Treatment should be targeted as much as possible to avoid side effects. A common challenge in the design of mechatronic and robotic RT systems is to establish the precise dose with which to treat the affected area. It is necessary to deliver a highly effective dose to the target structure to control the tumor while limiting the dose to other, healthy structures as much as possible. The flexibility of beam placement is offered by a robotic system to improve dose distribution and conform to patient anatomy. Aiming the beams in several different directions can help spread the dose. An advantage of mechatronic and robotic systems is that they can place a beam in three-dimensional space. In addition, placing the needle at different angles may offer advantages such as less penetration of the affected areas. Robots can be useful for synchronously moving the beams to the target or moving the patient to the beam because there is spontaneous patient movement and physiological movement during therapy, especially due to breathing.

Robots can help precisely position imaging systems, so they don't interfere with RT treatment. Robotic and mechatronic systems are used for internal X-ray treatment and robotic ultrasound systems for tracking the movement of the abdomen. Robots can be used in radiation-exposed areas, for precise beam alignment, compensation of the movement of target organs through synchronous movement, and realize precise, repeatable imaging. Robotic beam positioning. The first beam positioning was from 1992 using a 6 DoF robot, a predecessor of the CyberKnife (Accuray, USA) of [15]. The device is now a universal system for RS and RT. Additional equipment includes an optical tracking system to compensate for respiratory movements. [15]. The main advantage is the dose distribution. From a planning perspective, delivering more beams through smaller apertures adds flexibility in shaping the dose distribution [16, 17].

The robot moves the beam source quite quickly and records any movement of the target during treatment [18, 19]. The Vero system (Mitsubishi Heavy Industries, Tokyo, Japan and BrainLAB, Munich, Germany) are device using non-coplanar beams and active beam motion for motion compensation [20, 21, 22, 23, 24].

Teletherapy (external beam radiotherapy), is the most common form of radiotherapy used in veterinary medicine [25, 26].

ISSN 2682-9584

Many different radiotherapy protocols have been described for the treatment of canine and feline cancers. - number of fractions, dose per fraction and total dose, risk of developing acute or late toxicity, and others. Radiotherapy has been shown to effectively manage and be used successfully for tumors in dogs and cats. Most animals enjoy significant clinical improvement after radiotherapy and do not develop clinically significant radiotherapy toxicity as long as appropriate dose planning and dose prescription are performed [25, 27, 28]. As such, the authors believe that radiation therapy is the preferred way to manage most intracranial tumors in pets.

Researchers are continuously introducing new robotic systems for RT or RS, and one of the essential problems is related to the cost of prototyping [29]. Some robotic systems are designed and simulated so that the workspace excludes postures close to the hospital bed.

Another robot application is needle placement in brachytherapy BT [30]. Some systems combine transracial ultrasound (TRUS) with automatic needle insertion and allow needle placement with a different orientation. In this way, flexibility is a prerequisite for the correct and even distribution of the dose. The robotic BT challenge is safety. Radioactive seed implantation is an invasive process and safe operation of the system must be ensured.

Robotic patient positioning

Hospital patient beds were used for feeding, offering several DoFs as its setup takes time. 6 DoF robotic beds are used for external RT and RS to position the patient so that the target structures are aligned with the planned position relative to the treatment system. A system for validating the position of a robotic bed is presented in [31].

The latest systems use image guidance to compare the patient's actual posture with the intended one. LINAC-integrated pre- and intra-treatment MRI systems remain relatively rare and expensive. Additionally, flexibility in beam positioning is further complicated by the MRI device. In contrast, X-ray image guidance is more widely used and often integrated with conventional LINAC-based systems. Stereo X-ray imaging is also used with the CyberKnife and the VERO system to set the target position. Additionally, robotic systems are also used for two-dimensional and cone beams [32].

Mechatronic and robotic systems have been proposed to solve various tasks in radiotherapy, including beam source, patient, and imaging positioning. Several systems are licensed for patient use, and some are widely used, particularly for beam and patient positioning. Robotic patient beds are widely used and robotic beam positioning is well established.

Mechatronic and Robotic systems support or enable RT and RS in a variety of ways, from beam steering and motion tracking to image quality and brachytherapy (BT).

Robotic and mechatronic systems can improve accuracy, safety, and flexibility compared to conventional systems. Recently, it has seen further integration and introduction of robotic systems in clinics. Issues such as dosimetry, treatment planning, and image processing that are directly related to the development of robotic systems in RT and RS are addressed.

Flexibility in beam arrangement and the ability to compensate for target motion are also key advantages of robotic systems [33].

The purpose of this work follows from what has been described, namely the design of a mechatronic device for local radiation treatment of tumor formations. To fulfill this purpose the following has been done: In Chapter II, the Types of radiotherapy and their importance in the treatment of tumors are discussed. Chapter III offers a description of the architecture of a mechatronic device for local radiation treatment of tumor formations and its based modules. Section IV presents Experiments, Analyses, and Results, and in V Conclusions and intentions for future work.

II. TYPES OF RADIOTHERAPY (RT) AND THEIR IMPORTANCE IN TUMOR TREATMENT

A. Treatment with radiotherapy

Radiation therapy includes radiotherapy and radiosurgery, which use high doses of radiation aimed precisely at tumor cells [34].

Radiation oncology uses ionizing radiation as part of cancer treatment to control malignant cells. With modern devices, radiation therapy can be applied to almost any type of cancer, in almost any part of the body- brain tumors, head and neck tumors, breast cancer, lung cancer, and superficial and deep tumors in other human organs [34]

The goals of radiotherapy depend on the type of cancer and whether and where it has spread, as a stand-alone treatment or as part of a treatment plan Some of how radiotherapy can be used include: as main treatment; before other treatment methods; after other treatment methods; to relieve symptoms [34].

Types of Radiotherapy

There are two main ways for radiotherapy to reach tumor cells. The first way is through X-rays directed from the outside to the body (so-called percutaneous radiation therapy - "through the skin"), and the second is by introducing special needles into the tumor itself (so-called brachytherapy). In certain cases, the patient may receive both types of therapy.

Depending on the purpose, radiotherapy can be used to: cure cancer or to relieve symptoms when a cure is impossible. There are different types of radiation therapy and how they work on cancer [14]. Figure 2 shows the main types of Radiotherapy. The most basic types of radiotherapy are divided into external beam therapy, internal radiotherapy, and other methods of radiotherapy (Figure 1):

B. External-Beam Radiation Therapy

The most commonly used type of radiotherapy is external beam radiotherapy. It is used in the treatment of large areas of the body. A radiation machine (linear accelerator) located outside the patient's body creates a radiation beam for X-ray or photon radiotherapy. Specialized computer software adjusts the size and shape of the beam very precisely. Only the tumor is attacked without harming the surrounding healthy tissues. Quality therapy begins with the latest generation equipment such as True Beam STx and others [35, 36, 37].

ISSN 2682-9584

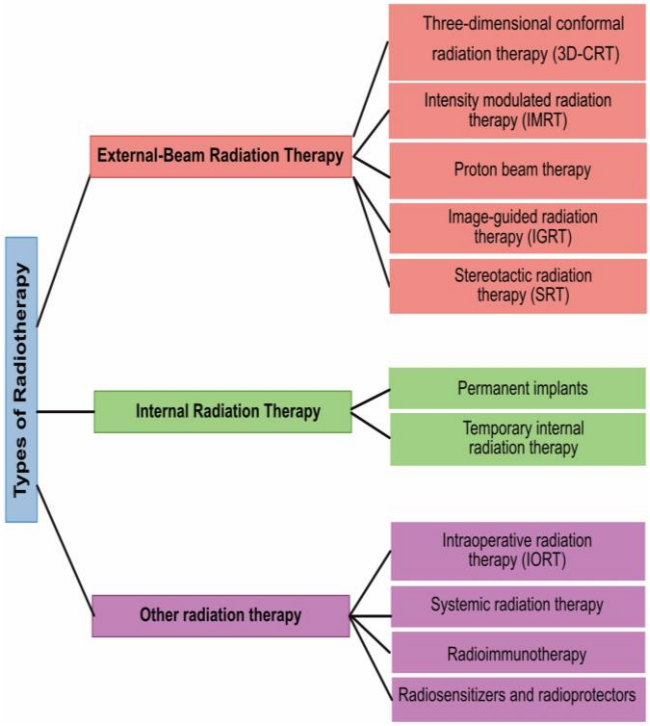


Fig. 1. Types of Radiotherapy

Types of External-Beam Radiation Therapy:

• *Three-dimensional conformal radiation therapy (3D-CRT)* - with the help of computed tomography (CT) or nuclear magnetic images, a detailed three-dimensional picture of the tumor is created. 3D conformal radiation allows doctors to visualize the tumor three-dimensionally and with greater precision than with conventional radiation therapy, sparing surrounding healthy tissue. [34]. The team used the images to direct the beam. Through this technique, higher doses of radiotherapy can be used, and damage to healthy tissue and side effects can be reduced.

• *Intensity-modulated radiation therapy (IMRT).* This RT targets the tumor and does not affect healthy tissue more successfully. A gradually increasing dose of radiation reaches the tumor by precisely applying multiple beams at different angles with different intensities. Complex computer calculations of the dose are used for this purpose. This method allows the beam to precisely take the shape of the tumor without affecting the surrounding healthy tissue [14, 34]. As an example of an apparatus with which such therapy is carried out, the linear accelerator HALCYON [38, 39].

• *Proton beam therapy* – is a new type of treatment that uses proton beams instead of X-rays. A proton is a positively charged particle. Charged with high levels of energy, protons can destroy cancer cells. The proton reaches the tumor and charges it with a certain dose of radiotherapy. Unlike X-rays, with this type of treatment, a very small dose of radiation goes outside the tumor. In this way, injury to the surrounding tissues is limited.

• *Image-guided radiation therapy (IGRT).* Images are taken before and during treatment and compared to images taken before treatment began.

• *Stereotactic radiation therapy (SRT)* - during treatment, a strong, well-measured dose targeted at a small tumor area is used. This method allows the beam to precisely take the shape of the tumor without affecting the surrounding healthy tissue and the radiation reaches the tumor by precisely applying multiple beams at different angles with different intensities.

C. Internal Radiation Therapy

Internal radiation therapy - brachytherapy is a treatment in which a source of radiation is placed inside the body. The radiation source is a solid substance in the form of a small bead that is placed in the body near the cancer cells. Of all oncology protocols, this method of treatment is recommended when it is possible to place the radiation source next to or in the tumor. [14, 34].

Types of Internal Radiation Therapy:

- *Permanent implants* – they are small metal seeds that contain radioactive material. The capsules are about the size of a grain of rice and saturate the area around where they are implanted with radiation. Over time, the radiation dose in the implants decreases. Inactive seeds remain in the body.
- *Temporary internal radiation therapy* – this type of radiation therapy can be given through a needle, through a small tube called a catheter, or through a special applicator. The radiation stays in the body from a few minutes to a few days.

D. Other possible treatment options with radiation therapy

- Intraoperative radiation therapy (IORT).
- Systemic radiation therapy.
- Radioimmunotherapy.
- Radiosensitizers and radioprotectors.

E. Applications of Radiation Oncology

Radiation therapy is often used alongside other cancer treatments:

• **Radiotherapy and surgical intervention**. Radiation can be administered before, during, or after surgery. Sometimes radiation therapy is given during surgery directly to where the tumor was, without going through the skin. - Intraoperative radiotherapy.

• **Radiation and chemotherapy**. Chemotherapy can be given before, during, or after the radiation treatment so that the effect of the treatment is enhanced.

With the methods of radiation oncology, cancer cells are destroyed or stopped from multiplying. Radiotherapy can be done: aggressively (radiosurgery); adjuvant (accompanies the main treatment before, after, or during the main method of treatment); palliative treatment (control of the disease or relief of pain and symptoms and preventive (the main goal is to minimize the risk of growth or reproduction of the tumor). The form of treatment depends on many factors such as age, general condition of the patient, and type and stage of cancer. Today's technology in radiation oncology is so advanced that the radiation beam can be calibrated to fit the shape of the tumor and reach its target with a high degree of precision and intensity.

ISSN 2682-9584

The main goal of the technologies used for radiotherapy is to bring the tumor under control while protecting the organs that are close to the tumor. The high dose of radiation kills tumor cells and prevents further growth and division. Even if some of the neighboring cells are affected, they recover, thanks to their special mechanism, which tumor cells do not have [34, 40].

Successful clinical outcomes in cancer treatment require a combination of methods such as surgery, radiotherapy, chemotherapy, targeted therapy, hormone therapy, immune therapy, and gene therapy.

III. ARCHITECTURE OF A MECHATRONIC DEVICE FOR LOCAL RADIATION TREATMENT OF TUMOR FORMATIONS AND ITS BASED MODULES STYLING

A. *A mechatronic device for local radiation treatment of tumor formations*

A mechatronic device for local tumor therapy (In Fig.3) is an intelligent tool that incorporates a step motor, force sensors, mechanical modules, an emitter for FR, and positioning sensors [23]. The therapeutics block for programmable irradiation of FEM (2.44 GHz - 2.508 GHz). An emitter allows local treatment within a 1 mm radius and intensity and frequency are changed of the SDR radiation as a time function. Four intensities are posed by a broadcast signal. The radio signal wars on the emitters in direct contact with the emitter, the signal attenuation being realized at 100% off the sphere, with a 1 mm radius and the tool center.



Fig. 2. A mechatronic device for local radiation treatment of tumor formation

B. *Active therapeutic module for radiotherapy according to a programmable procedure*

The active therapy module is designed for programmable irradiation taking into account tissue deformations in two ranges, each with its accuracy (0-500 MHz and 20-8000 MHz). It is possible to programmatically change the intensity and frequency of the UHF broadcast depending on the time. The transmitted signal represents a wide range of intensities. The radio signal affects the emitter placed on the tip of the instrument, which is in direct contact with the tissues. Signal attenuation is 100% outside the sphere, with a radius of 1 mm and the center of the instrument (for UHF). The module uses a driver that generates a programmed frequency, forms the necessary radio signal through an output stage, and outputs it via a wave wire channel to a mounted emitter for performing radiotherapy. The linear module movement and its positioning at a set point are provided by the linear actuator, taking into account the readings of the tactile sensors to confirm the contact with the object to be irradiated.

The RF- generator is built on the base of a programmable PLL generator LMX 2592, using programmable frequency reference source AD9915. Odds of them are being controlled by SPI and I2C from microcontroller ATxMega32A4, embedded in the main controller. The formed radio- signal is transmitted through a wave- channel placed into the slider to the emitting block. Fig. 3 shows the general architecture of the radiotherapy device.

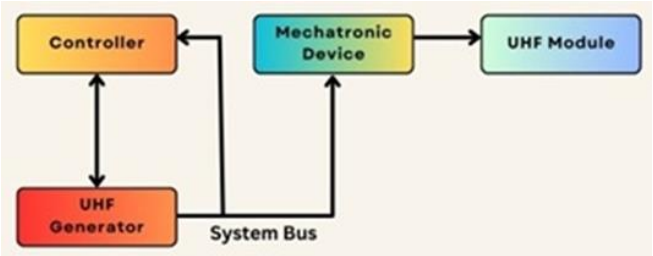


Fig. 3. Architecture of a mechatronic device for RF therapy

Figure 4 shows a scheme of the mechatronic device with its components for RF therapy.

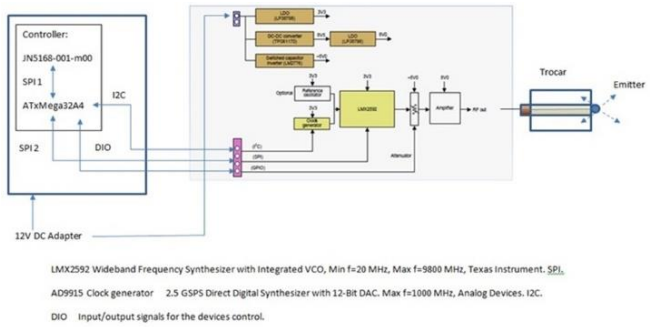


Fig. 4. A mechatronic device for RF- therapy, including Controller, RF- generator, and RF- emitting block.

As shown in Figures 4 and 5, the mechatronic device for radiotherapy includes a controller, an RF generator, and an RF emitting unit. The arrangement of the individual modules is as follows.

C. *Architecture of the controller*

The controller is a dual-processor board including JN5168-001-m00 and ATxMega32A4, as the master is e JN5168-001-m00 [23, 41, 42].

JN5168-001-m00 is an industrial controller by NXP [41], where a wireless network interface and uMac wireless stack are embedded. ATxMega32A4 is an industrial controller, with 3 independent SPIs, each of which can be either Master or Slave. The controller has built-in means for processing input information from encoders - 3 independent QDEC machines, allowing parallel service of up to 3 encoders. It also has a set of DIOs for external control [42].

The two processors are connected via an SPI interface, through a bus called SPI1, in which the SPI of the JN5168-001-m00 functions as a Master and one of the SPIs of the ATxMega32A4 functions as a Slave. Along this highway, implemented as tracks in the Controller board, the two controllers exchange information. The ATxMega32A4 uses its second SPI and its I2C to drive the external programmable frequency generator for RT.

ISSN 2682-9584

The controller supports the following interfaces: SPI, I2C, and DIO. DOI are single lines on which digital one-bit signals are sent or received between a processor and an integrated circuit. They are used to control or monitor the state of the circuit from the processor (Figure 4).

D. A UHF module generating a programmable frequency for radiotherapy (RT)

The external device (UHF generator) generating a programmable frequency for radiotherapy is implemented as a separate module (board), which is powered by 12VDC and forms an electromagnetic field with a programmed frequency and intensity in the patient's body through its emitting element.

The UHF generator is controlled by the controller and generates a signal to the UFR emitter (fig. 3, fig. 4). In fig. 5 shows a diagram of the external device.

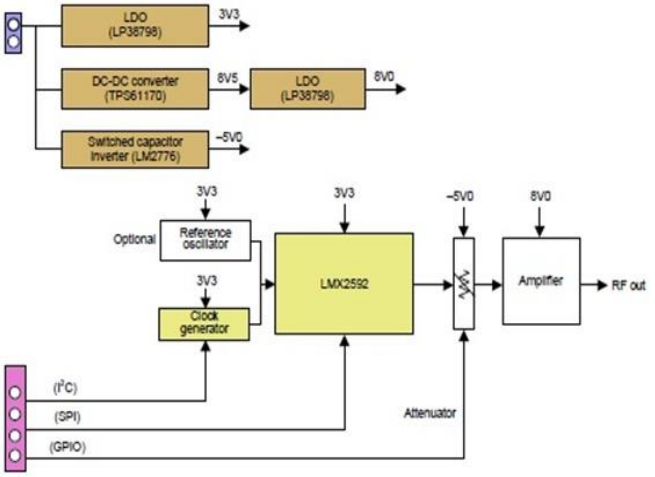


Fig. 5. An External device

Generation control is mainly implemented by two integrated circuits - LMX2592 and AD9915 [23]. The former is controlled via SPI, using the SPI2 bus, while the latter uses the I2C bus. Both highways are supported by the ATxMega32A4, in its capacity as Master.

The LMX2592, by Texas Instrument, is responsible for producing the final frequencies and transmitting the signal to the output unit and from there to the emitting element.

It is designed as a controllable PLL, i.e. a device that allows from a given frequency - fref - reference frequency to generate another, up to 8 times higher. For this purpose – fref must be formed and fed to the LMX2592 by another device. In this case, it is the AD9915, which can generate an I2C controllable frequency of 0-1GHz. The AD9915 is designed and manufactured by Analog Devices based on DDS (Detect Digital Synthesis) technology [23].

Thus, through the SPI and I2C interfaces, the ATxMega32A4 controls the programmable generation of the output frequency of the electromagnetic field in the range of 0 to 8GHz. The external device can be controlled by any processor that has SPI and I2C interfaces.

E. Architecture of the UFR module

This module is designed for local program-controlled tissue irradiation in the frequency range from 0Hz to 1000 KHz. A change in the intensity and frequency of the radio signal is programmed as a time function.

The module uses the main wireless controller, which generates a programmed frequency, forms the necessary radio signal through an output stage, and outputs it via a wave wire channel to a mounted emitter for performing radiotherapy. The linear movement of the module and its positioning at a set point is provided by the main linear actuator, taking into account the readings of the tactile sensors to confirm the contact with the object to be irradiated (Figure 3 and Figure 4).

IV. EXPERIMENTS, ANALYSES AND RESULTS

A. Mode of operation of the active therapy module

Active radiotherapy treatment module - in this case, the module is brought into contact with the object of radiotherapy by performing a series of micro-steps through the linear actuator and reading the value of the tissue reaction force set by configuration. Measurements are made directly with the tactile sensors and, after amplification, enter channels 0 and 1 of the ADC of the JN5168-001-M00. After digitization, they are converted to grams with a sign indicating the direction of movement. The microcontroller checks to reach the set value of the force, signaling the occurrence of contact with the tissues (in case of force measurements below this value, the JN5168-001-M00 initiates the next microstep in the specified direction, ensuring that the number of microsteps is less than the set with maximum configuration).

When the presence of a contact is detected, a process of radio emission from the emitter is started in accordance with the recipe set by the operator (determining the intensity of the radiation, its frequency, and the period of irradiation). A specialized driver controlled by ATxMega32A4 via SPI and I2C is used for radio emission generation. Its output is coupled to a wave channel, through which, with a wire cable, the energy is brought to the emitter located at the top of the module. The possibility of maintaining the connection over the wireless network, during the operation of the therapeutic module, with external diagnostic instruments is preserved and their readings are used as feedback for the progress of the therapy. The frequency range generated by the module is from 20MHz to 8000 MHz.

The intensity of the emitted energy from the emitter is controlled programmatically. The radio signal affects the tissues in direct contact with the emitter [23].

B. Experiments performed and results

The experiment includes a search in the work area for a deviation with a set force value. It is shown in the red graphic. The blue graph shows the frequency of the generated RF signal used to irradiate the subject –see Figure 6.

ISSN 2682-9584

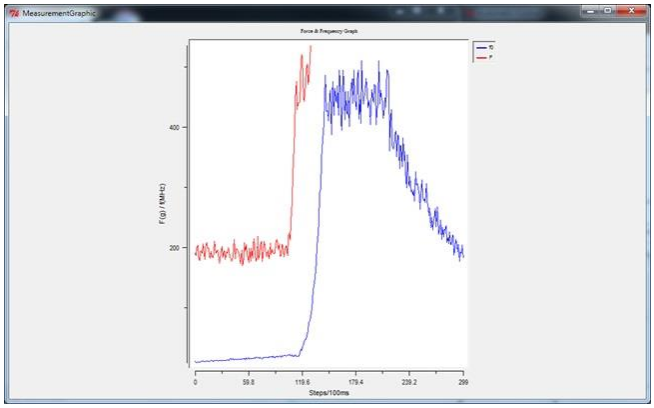


Fig. 6. Graphical presentation of the Experiments

When the deviation is detected, the formation of the micro-steps is terminated and the generator starts operating in accordance with the set program. Upon reaching the set frequency, in the case of 434 MHz, radiation is maintained at the set frequency and intensity for the time defined by the therapy program - in this case, 10 seconds. After that, the generator turns off and the frequency drops to the minimum.

The number of the micro-steps is located along the X-axis, along with the time in units of 100 ms.

100 ms is the time to take 1 micro-step. Along the Y axis is located the Force in grams, along the X axis with the frequency of the irradiation signal in megahertz.

V. CONCLUSIONS

Radiation therapy provides long-term control of many tumors for which there is no effective treatment to date and has excellent treatment outcomes for advanced-stage patients. The development of techniques in the field of radiotherapy undoubtedly has a higher price; however, modern technology has greatly improved the safety, accuracy, and efficacy of this method of treatment in both humans and animals. In this paper, our effort is to design a mechatronic device for surgical robots for local tumor radiation.is described. In contrast to other developments in the field of local tumor therapy, our work simultaneously examines biomechanical tissue characteristics and applies local tumor therapy. The macro- and micro-stimulation methods are applied for diagnostic purposes and detect changes in the tissue structure It gives information about the structure and mechanical properties of the biological tissue. After the first mode is implemented, the device goes into therapy mode. A basic task of the therapy mode is to transport the tool where is embedded UFR emitter and therapy to be executed locally at a given point with a set radiation.

Our intention for future work includes some experiments that have to be made with various frequencies and intensities, and the results can be compared with different materials of similar properties of human tissues.

ACKNOWLEDGMENT

The paper is partially supported by the Bulgarian National Science Program “Intelligent Animal Husbandry”, Grant Agreement No D01-62/18.03.2021.

REFERENCES

[1] Lafon C., D. Melodelima, R. Salomir, and J.Y.Chapelon, „Interstitial devices for minimally invasive thermal ablation by high-intensity ultrasound”, International Journal of Hyperthermia, vol. 23(2), pp. 153–163 2007, DOI: https://doi.org/10.1080/02656730601173029

[2] Izadifar Z., Z. Izadifar, D. Chapman and P. Babyn, “An Introduction to High Intensity Focused Ultrasound: Systematic Review on Principles, Devices, and Clinical Applications”. Journal of Clinical Medicine, vol. 9(2), 460, pp. 1-22, 2020, DOI:10.3390/jcm9020460

[3] Rong Y., Reilly Clarence R., Rescorla, F. and et. al, “High-Intensity Focused Ultrasound in the Treatment of Experimental Liver Cancer” Arch. Surg. vol. 126 (8), pp.1002-1010, 1991, DOI:10.1001/archsurg.1991.01410320088012

[4] Goss S.A. and Fry FJ., “The effect of high intensity ultrasonicmirradiation on tumor growth”, IEEE Trans Sonics Ultrason., vo. 31(5), pp. 491-496, 1984, DOI: 10.1109/T-SU.1984.31534

[5] Zhou Y. F., “High intensity focused ultrasound in clinical tumor ablation”, World J. Clin. Oncol. Vol. 2(1), pp. 8-27, 2011, DOI: 10.5306/wjco.v2.i1.8

[6] Dewey W.C., “Arrhenius relationships from the molecule and cell to the clinic”, International Journal of Hyperthermia, vol. 25(1), pp 3–20, 2009, DOI: 10.1080/02656730902747919

[7] Haar G., I. Rivens, L. Chen and S. Riddler, “High intensity focused ultrasound for the treatment of rat tumours”, Physics in Medicine and Biology, vol. 36(11), pp. 1495–1501, 1991, DOI: 10.1088/0031-9155/36/11/009

[8] Xin Zhenjiang Li L. and Yong Yin, “Clinical application of MR-Linac in tumor radiotherapy: a systematic review”, Radiation Oncology, vol. 18 (1), Art. number: 52, pp. 1-9, 2023, DOI: 10.1186/s13014-023-02221-8

[9] Palma G., Monti S, Conson M, Pacelli R and Cella L. “Normal tissue complication probability (NTCP) models for modern radiation therapy”, Seminars in Oncology, Elsevier, Vol. 46 (3), 210–218, 2019, DOI: https://doi.org/10.1053/j.seminoncol.2019.07.006.

[10] Bekker R., Sungjune Kim, Shari Pilon-Thomas and Heiko Enderling , „Mathematical modeling of radiotherapy and its impact on tumor interactions with the immune system”, Neoplasia, vol. 28, pp. 1-13, 2022, DOI: 10.1016/j.neo.2022.100796

[11] Cella L., S. Monti, R. Pacelli and G. Palma, „Modeling frameworks for radiation induced lymphopenia: A critical review”, Radiotherapy and Oncology journal, vol. 190, 110041 2024, DOI: https://doi.org/10.1016/j.radonc.2023.110041

[12] Yong-Qiao Hea, Tong-Min Wanga, Da-Wei Yangb and at. al., “A comprehensive predictive model for radiation-induced brain injury in risk stratification and personalized radiotherapy of nasopharyngeal carcinoma adiotherapyand”, Radiotherapy and Oncology, Elsevier, vol.190, 109974, 2024, DOI: https://doi.org/10.1016/j.radonc.2023.109974

[13] Senguptaa Ch., Doan Trang Nguyena, Trevor Moodieb, Daniel Masonc, and et. al., „The first clinical implementation of real-time 6 degree-of-freedom image-guided radiotherapy for liver SABR patients”, Radiotherapy and Oncology, Elsevier, vol. 190, 110031, pp.1-7, 2023, DOI: 10.1016/j.radonc.2023.110031

[14] https://www.cancer.net/navigating-cancer-care/how-cancer-treated/radiation-therapy/what-radiation-therapy (last visited 17.03.2024)

[15] Shiomi H A, Adler J. Schweikard A and Shiomi H, Adler J. “Respiration tracking in radio surgery. Med Phys.”, vol. 31(10), pp. 2738–2741. 2004; DOI: https:// doi. org/ 10. 1118/1.1774132.

[16] Ernst F., Dürichen R, Schlaefer A and Schweikard A. “Evaluating and comparing algorithms for respiratory motion prediction”. Phys Med Biol. vol. 58(11), pp. 3911–3929, 2013, DOI: https:// doi. org/ 10. 1088/ 0031- 9155/58/11/3911

[17] Adler J.R. , Schweikard A, Achkire Y, Blanck O, Bodduluri M, Ma L, et al. „Treatment planning for self-shielded radiosurgery

Cureus"; vol. 9(9):e1663. 2017, DOI: https://doi.org/10.7759/cureus.1663

[18] Weidlich G.A., Schneider MB, Simcic V, Oostman Z and Adler JR. „Self-shielding for the ZAP-X®: revised characterization and evaluation. Cureus", vol. 13(3):e13660, 2021; DOI: https:// doi. org/ 10. 7759/ cureus.13660.

[19] Jaccard Durán MT M., Petersson K, Germond J-F, Liger P, Vozenin M-C, et al., "High dose-per-pulse electron beam dosim etry: commissioning of the Oriatron eRT6 prototype linear accel erator for preclinical use", Med Phys., vol 45(2), pp. 863–74, 2018, DOI: https:// doi.org/10.1002/mp.12713

[20] Bourhis J., Sozzi WJ, Jorge PG, Gaide O, Bailat C, Duclos F, et al., "Treatment of a first patient with FLASH-radiotherapy", Radiother Oncol., vol. 139, pp.18–22. 2019, DOI: https:// doi. org/ 10. 1016/j. radonc.2019.06.019.

[21] Soiort – S.I.T. Sordina IORT Technologies S.p.A. Available from: https://www.soiort.com/ (accessed 2021 Nov 1).

[22] Noh S.Y., Jeong K, Seo Y, Kim C, Park J, Choi YR, et al. , "Development of a prototype robotic system for radiosurgery with upper hemispherical workspace", Journal of Healthcare Engineering, vol. 2017, Article ID 4264356, pp. 1-9, 2017, DOI: https://doi.org/10.1155/2017/4264356.

[23] Ivanova V., "A Therapeutic Device for Surgical Robots", Problems of Engineering Cybernetics and Robotics,, vol. 78, 1, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences,p-ISSN: 2738-7356; e-ISSN: 2738-7364, Scientific studia, pp. 35-56, Sofia, 2022, DOI: https://doi.org/10.7546/PECR.78.22.04, -

[24] Ivanova V., Bachvarov, D., Boneva, A. "An Advanced Robot System for Diagnostic and Therapeutics Tasks with Application in Laparoscopic Surgery", Journal of Computer Engineering & Information Technology, SciTechnol, London, United Kingdom, ISSN:2324-9307 (Online), vol 7 (2), pp. 1-9, 2018, DOI:10.4172/2324-9307.1000198

[25] Del Portillo I., C. Sesanto, M. Parys and J. Serra, "Radiation therapy in veterinary medicine: a practical review", Oncology, Companion Animal,Vol. 25 (7), pp. 1-15, 2020, DOI: https://doi.org/10.12968/coan.2019.0056

[26] Verhaegen F., P. Granton and E. Tryggestad, "Small animal radiotherapy research platforms, Physics in Medicine and Biology, vol. 56 pp. R55–R83, 2011, DOI:10.1088/0031-9155/56/12/R01

[27] Schwarz P., Meier V, Soukup A et al. "Comparative evaluation of a novel, moderately hypofractionated radiation protocol in 56 dogs with symptomatic intracranial neoplasia", j. Veterinary Internal Medicne, vol. 32(6), pp. 2013–2020, 2018; DOI: https://doi.org/10.1111/jvim.15324

[28] Hu H., et. al., "Systematic Review of Brain Tumor Treatment in Dogs", j. Veterinary Internal Medicne, vol. 29(6), pp. 1456–1463, 2015; DOI: https://doi. org/10.1111/jvim.13617

[29] Ivanova V., Bachvarov D. and Boneva A., "Design of a novel modular mechatronics device with application of minimally invasive surgical procedures", XXVII International Scientific and Technical Conference "Automation of Discrete Production Engineering" "ADP -2018", 21 – 24 June june 2018 г, Sozopol,, j. Scientific reports, ISSN-1310-3946, ISSUE 3/224, Scientific and Technical Unions of Mechanical Engineering, 2018, Sofia, pp. 194-201

[30] Rivard M.J., Evans D-AR and Kay I., "A technical evaluation of the Nucletron FIRST system: conformance of a remote afterloading brachytherapy seed implantation system to manufacturer specifi cations and AAPM Task Group report recommendations". Journal OF Applied CLinical Medical physic., vol. 6(1), pp. 22–50, 2005, DOI: https:// doi. org/ 10. 1120/ jacmp. v6i1.1985.

[31] Tsai P., Liu C, Kahler DL, Li JG, Lu B and G. Yan, "A self-checking treatment couch coordinate calculation system in radiotherapy", J Appl Clin Med Phys., vol. 21(1), pp. 43–52, 2020, DOI: https:// doi. org/ 10. 1002/ acm2.12771

[32] Hua C., Yao W, Kidani T, Tomida K, Ozawa S, Nishimura T, et al., "A robotic C-arm cone beam CT system for image guided proton therapy: design and performance, Br J Radiol, British Institute of Radiology, vol. 90(1079):20170266, 2017, pp. 1-9, DOI: https:// doi. org/ 10. 1259/ bjr. 20170 266.

[33] Wolfe A.R., Grecula JC, Blakaj D, Wald P, Carlson M, Woods K, et al., "Robotic-assisted intraoperative high-dose rate remote brachytherapy following laparoscopic robotic-assisted resection of pelvic recurrence of urethral carcinoma", Advances in Radiation Oncology, vol. 4(3), pp. 443–446, 2019, DOI: https://doi.org/10.1016/j.adro.2019.03.006

[34] https://www.anadolumedicalcenter.bg/medical-speciality/radiation-oncology/ (in Bulgarian- last visited 17.03.2024)

[35] Ito M., T. Kawamura and et.al., "Dose distributions of high-precision radiotherapy treatment: A comparison between the CyberKnife and TrueBeam systems", International Journal of Radiation Research, Vol. 16 (4), pp. 395-402, 2018, https://ijrr.com/article-1-2393-en.pdf

[36] Y. Lyatskaya, J. Killoran and et. al., "Improving Management and Compliance of Radiation Therapy Linear Accelerator Quality Assurance Program with Automated Tracking Tools", Advances in Radiation Oncology, pp. 1- 26, 2024, DOI: https://doi.org/10.1016/j.adro.2024.101469

[37] Varian Medical Systems, "TrueBeam Radiotherapy System", US, https://www.medicaldevice-network.com/projects/truebeam-radiotherapy-system/?cf-view

[38] Firmansyah A., O. Firmansyah and W. Wibowo, "Preliminary study of Varian Halcyon linear accelerator machine performance with 6 MV FFF photon beam", AIP Conference Proceedings. Vol. 2346 (1), 050002, pp. 050002-1-050002-7, 2021, DOI: https://doi.org/10.1063/5.0048159

[39] Pathak P., S.K. Vashisht, S. Baby, P.K. Jithin1 and et. al., "Commissioning and quality assurance of HalcyonTM 2.0 linear accelerator", Reports of practical Oncology and radiotherapy, vol 26 (3), pp. 433–444, 2021, DOI: 10.5603/rpOr.a2021.00651

[40] Zhi-tao Dai, Li Ma, et. al. „Dosimetric and radiobiological comparison of treatment plan between CyberKnife and EDGE in stereotactic body radiotherapy for pancreatic cancer", Scientific Reports, vol. 11, art. No. 4065, pp. 1-11, 2021;DOI: 10.1038/s41598-021-83648-5

[41] NXP Laboratories UK, Data Sheet: JN5168-001-Myy JenNet-IP, ZigBee PRO and IEEE802.15.4 Module, https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/JN5168-001-MXX.pdf (last visited 17.03.2024)

[42] Microchip, ATxmega32A4, https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-8069-8-and-16-bit-AVR-AMEGA-A4-Microcontrollers_Datasheet.pdf (last visited 17.03.2024)

ISSN 2682-9584

DESIGN, MODELING AND CONTROL OF THE STABILIZED INVERTED PENDULUM

Xhevahir Bajrami
Department of Mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: xhevahir.bajrami@uni-pr.edu

Rame Likaj
Department of Mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: rame.likaj@uni-pr.edu

Fisnik Tishukaj
Department of Mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: fisnik.tishukaj@uni-pr.edu

Erjon Shala
Department of Mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: erjon.shala@uni-pr.edu

Rifat Krasniqi
Department of traffic and transport, Faculty of Mechanical Engineering, University of Prishtina
Prishtina, Kosovo
e-mail: rifat.krasniqi@uni-pr.edu

Abstract: Control engineers are always faced with the task of efficiently controlling dynamic systems. In most cases, this occurs because we begin with the wrong steps, failing to consider design aspects or other factors that play an important part in the system's dynamic behavior. The inverted pendulum on a cart symbolizes a non-linear dynamic system that is challenging to regulate. One of the reasons for selecting this system is its relatively simple design and easy access to laboratory parts for the realization of the physical model of the inverted pendulum. As previously stated, it represents a non-linear system that can easily and without much error be linearized, and it is one of the basic examples for understanding and implementing automatic control systems. In our paper to simplify the complete realization of the control system, we have started by developing the model in CAD software, working with precise real dimensions by creating a final model that is as efficient and simple to implement as feasible. Then we have done simulation for the designed elements to see how they move and where we need to apply control. The most significant aspect is the mathematical modeling of the system, which consists of differential equations that explain the system's general movement, selection of the controller, simulation of the model with the controller and extracting the simulation results. The implementation of the updated physical model is followed by a comparison of real and simulated results.

Keywords: Design, Modelling, Control, LQR, Inverted pendulum.

I. INTRODUCTION

Engineers face difficulties in efficiently controlling dynamic systems because crucial aspects in system behavior are often overlooked. The inverted pendulum on a cart represents a complex nonlinear system that is difficult to regulate. Its comparatively basic design and accessibility make it an ideal choice for modeling and understanding automatic control systems. Starting with CAD design, precise dimensions are essential for constructing an effective actual model. Mathematical modeling comprises constructing differential equations that describe system movement, followed by regulator selection and simulation. Comparing simulated and actual outcomes proves the control system's effectiveness.

II. PROJECT DESIGN

The inverted pendulum's design approach begins with static parts and progresses to dynamic components to meet assembly and simulation issues. An accurate characterization of links between parts is required for successful system simulation. Each item is custom designed with specific dimensions and predetermined mounting places to ensure proper assembly and simulation.

A. Static Parts Design (Holder)

The main part of the holder is the aluminum profile, for which the connection of all parts is done, so the design starts with this part.



Fig. 1. Aluminum Profile T2040

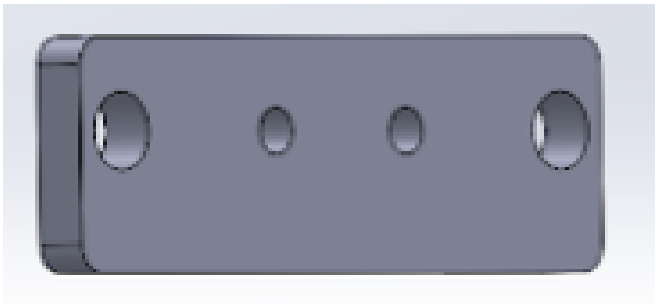


Fig. 2. Side plates

ISSN 2682-9584

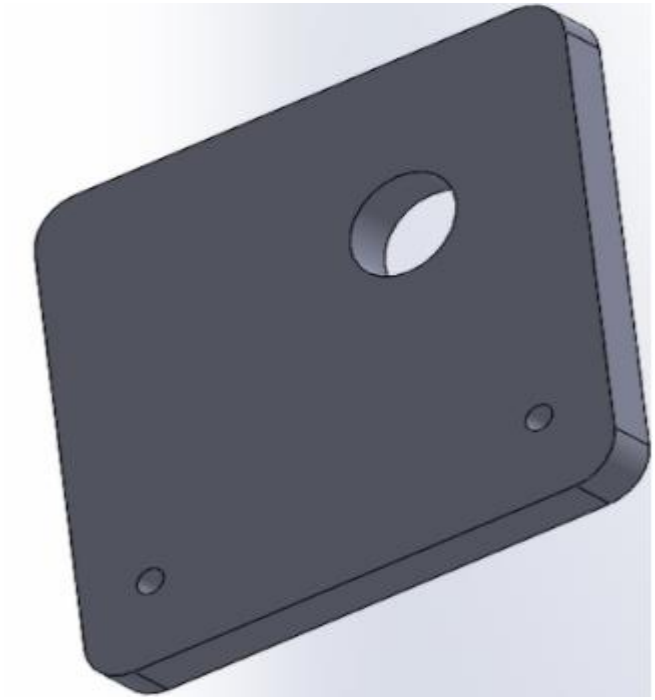


Fig. 3. Pulleys Holding Plate

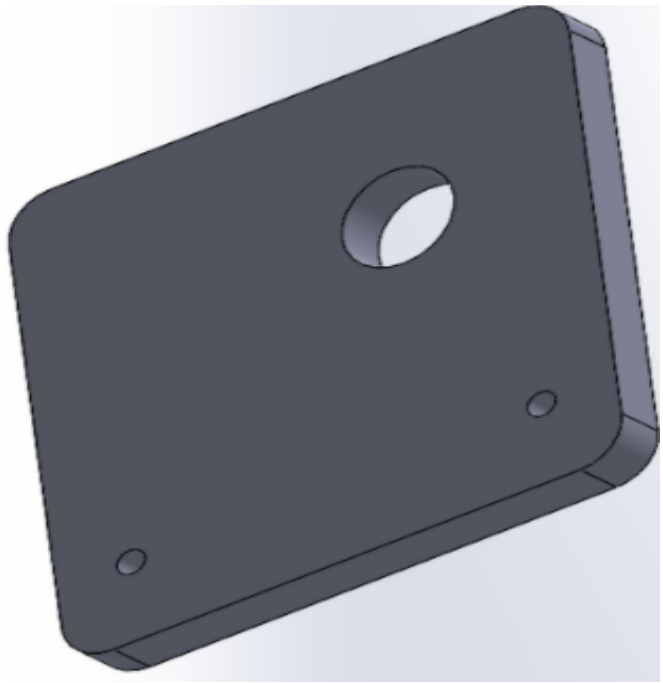


Fig. 4. Engine bearing plate

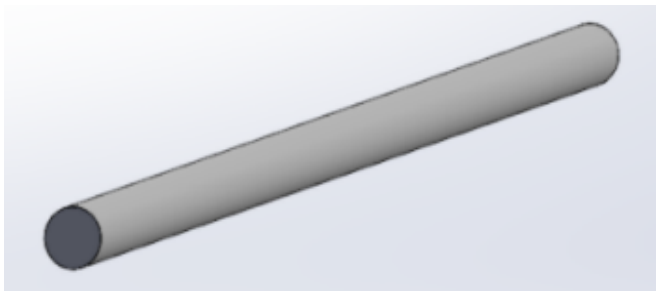


Fig. 5. Rods for the trolley guide

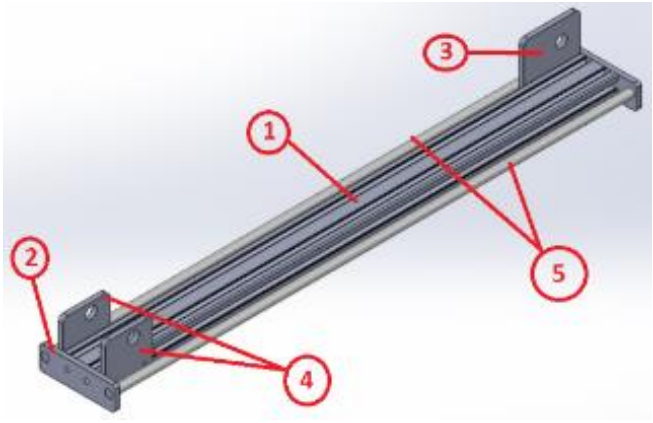


Fig. 6. Static Part – Holder

Figure 1 shows the aluminum profile, which serves as the system's main support. The profile is 20mm by 40mm and is 55cm long. It has Φ5mm diameter channels and side plates for reinforcement. Side plates (Figure 2) serve as both supports and feet, with holes measuring Φ5mm and Φ8mm for guide rod installation. Figure 4 shows the pulley holding plate, a 5cm ribbed square with Φ3mm holes for connection. The engine bearing plate (Figure 4) features a 6cm ribbed square and a Φ12cm hole for engine insertion. Support rods with a diameter of 8mm and a length of 55cm help the carriage move linearly along the holder.

B. Static Parts Assembly, Holders

The holder contains multiple components:

- One aluminium profile.
- Two side plates.
- One engine holder plate.
- Two pulley holder plates.
- Sliding cart bars.

Side plates (Figure 2) with Φ5mm holes are attached to the ends of the aluminum profile (Figure 1). Pulley holding plates are then mounted to the bottom of the profile and supported by the inner surfaces of the side plates. The engine holder plate is attached in parallel to one of the pulley plates. Guide bars for the sliding cart are inserted into holes in the side plates to complete the holder assembly (Figure 6). The sliding cart, which allows for pendulum placement and position sensor mounting, is made up of two pieces (Figure 7).

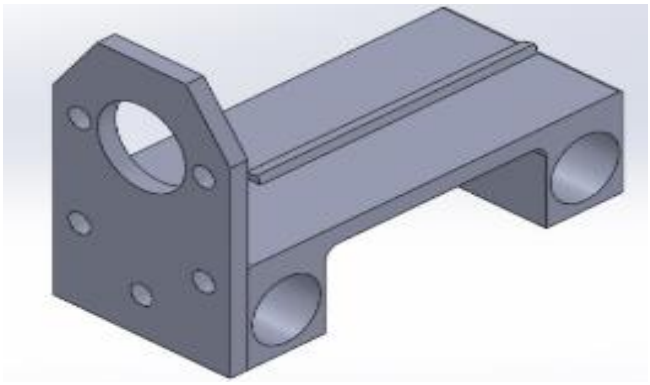


Fig. 7. Cart

ISSN 2682-9584

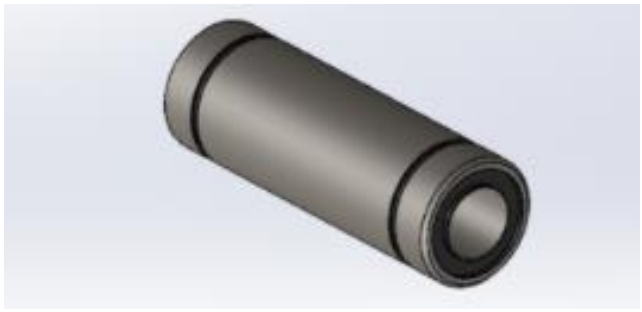


Fig. 8. Sliding Bearings

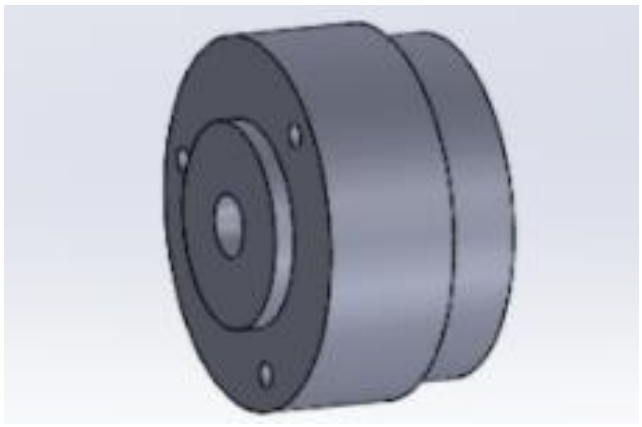


Fig. 9. Potenciometry



Fig. 10. Pendulum with connecting axle

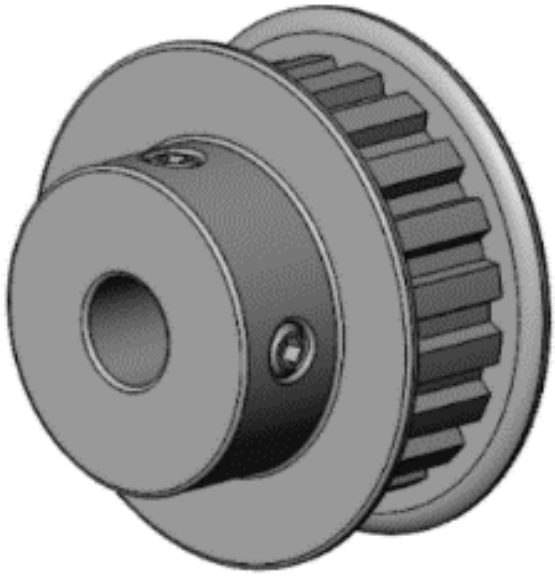


Fig. 11. Pulley

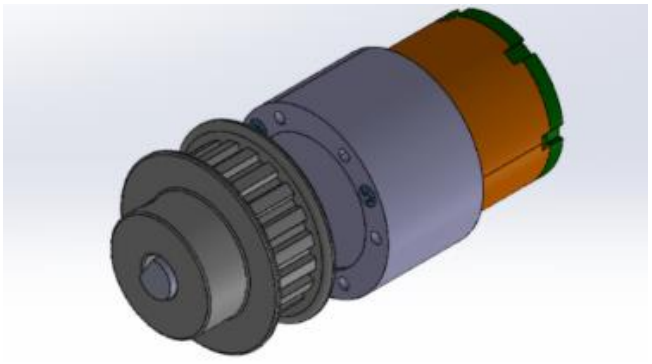


Fig. 12. Engine with Pulley

The front section includes holes for sensor placement and a channel to prevent contact with the profile when moving. The carriage has sliding bearings that provide smooth passage along the guide bars. The position of the pendulum is measured by a potentiometer set on an axis attached to the pendulum rod (Figure 9). The pendulum, a 37cm-long metal rod with a diameter of Φ6mm, freely rotates beside the potentiometer.

A tooth belt connects two pulleys, which convey rotational force from the engine to the moving cart. The upper surface of the belt links to the carriage, allowing the rotational force to be converted into linear motion. The mounting consists of two components (Figure 7).

III. Pendulum Mounting

Since the holder is mounted (fig.6), we do the assembly of the carriage, placing the pendulum together with the potentiometer in their place as shown in fig.13, then we also put the bearings in the cart canals.

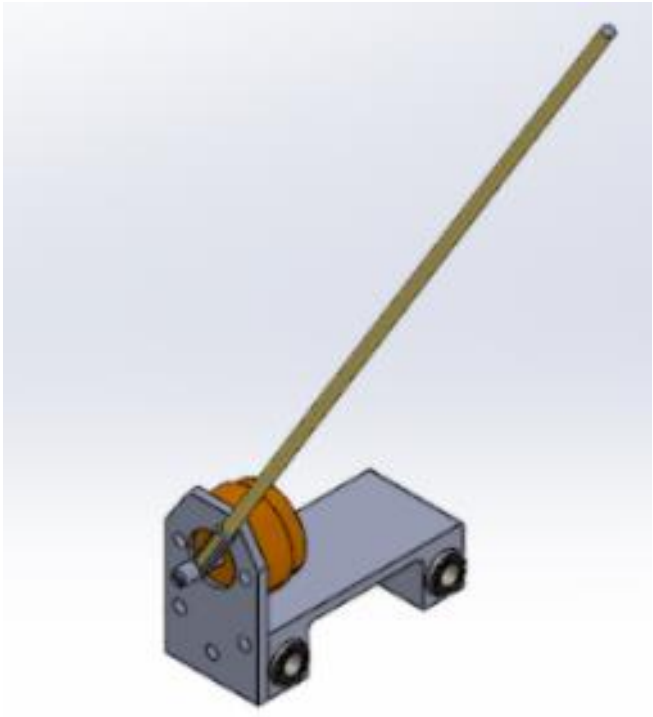


Fig. 13. Cart with pendulum and sensor

ISSN 2682-9584

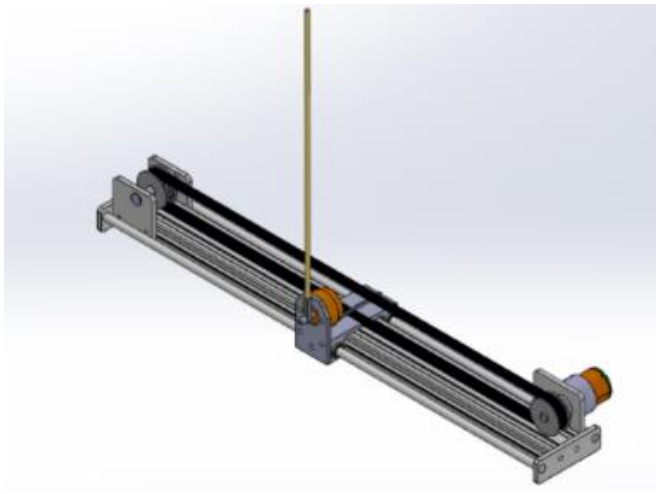


Fig. 14. Inverse Pendulum Design in CAD

Following assembly, the cart is positioned on the guide bars to determine its range of motion. Once the carriage is fixed, the engine and pulleys are placed in their corresponding holders. The belt is attached to both the carriage and the pulleys, completing the assembly process and resulting in the final design model shown in Figure 14.

A. System modelling

Inverted pendulums are useful for automatic control implementation due to their accessibility and inherent instability without control. The control system attempts to stabilize the pendulum in a vertical position by applying force to the cart, which then translates to maintain balance.

The inverted pendulum system consists of a cart attached to a slender rod, pivotable at one end and moving horizontally. The system is intended to balance the pendulum vertically even when subjected to perturbations. Differential equations are used to describe the dynamics of the system.

Figure 15 shows the inverted pendulum mounted on the cart, as well as the regulatory settings. In this system, the input is the force F, which, when applied to the cart, induces movement along the x-axis, thus affecting the position of the pendulum relative to the vertical position, represented by the angle θ.

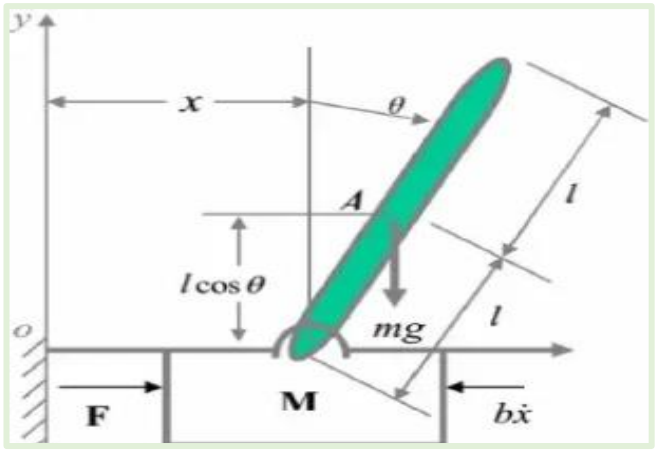


Fig. 15. The inverted pendulum in the cart

In this analysis, they are shown:

M – the cart size
m – the mass of the pendulum
b – coefficient of friction of the carriage
l – length from the center of the pendulum mass
J – moment of mass inertia of the pendulum
F – the force applied to the cart
x – the coordinate of the cart position

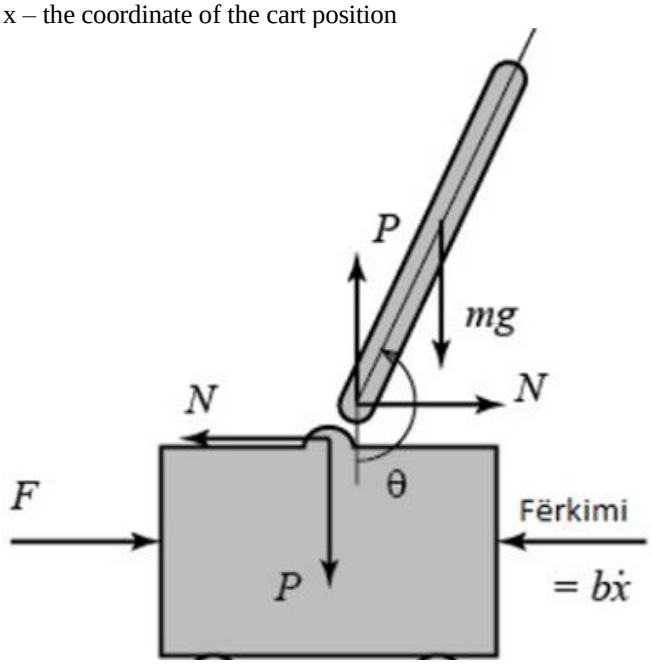


Fig. 16. Free Body Diagram [6]

Using Newton's Second Law, we determine the forces operating on the x-axis (Figure 16) and obtain the expression:

$$M\ddot{x} + b\dot{x} + N = F(t) \quad (1)$$

Because the carriage moves only horizontally, forces acting on its surface can be considered identical to vertical forces; consequently, this feature is removed because it provides no useful information. Furthermore, in addition to rotational motion, the pendulum moves horizontally and vertically, demanding a full equation to describe its behavior. Beginning with Newton's Second Law of Motion and the Law of Rigid Bodies, we develop the equation that governs the rotation of the pendulum.

$$J = PI - Nl\ddot{\theta}\sin(\theta)\cos(\theta) \quad (2)$$

For the component along the x-axis, we have the following expression: $N = m\frac{d^2}{dt^2}(x + l\sin\theta)$

In the following is given the non-linear dynamics of our system.

$$\ddot{x} = \frac{-\mathrm{m}^2 l^2 g cos(\theta)\sin(\theta) + \mathrm{m}l^2(\mathrm{m}l\dot{\theta}^2\sin(\theta) - \mathrm{b}\dot{x}) + \mathrm{m}l^2 u}{\mathrm{m}l^2(\mathrm{M} + \mathrm{m}(1-\cos(\theta)^2)}$$

$$\ddot{\theta} = \frac{(\mathrm{m}+\mathrm{M})\mathrm{mgl}\sin(\theta) - \mathrm{ml}\cos(\theta)(\mathrm{m}l\dot{\theta}^2\sin(\theta) - \mathrm{b}\dot{x}) + \mathrm{m}l\cos(\theta)u}{\mathrm{m}l^2(\mathrm{M} + \mathrm{m}(1-\cos(\theta)^2)}$$

ISSN 2682-9584

B. *Modeling in the states space form*

Because analysis and control design are performed on linear systems, these equations must be linearized. Two fixed points correspond to the pendulum's downward and upward positions. The cart's position, given by x, is a free variable for fixed points, hence linearization can be performed at any fixed point. We start with the linearization expression:

$$\theta = 0, \theta = \pi$$

$$\left.\begin{aligned} \dot{x_{(t)}} &= A \cdot x_{(t)} + B \cdot u_{(t)} \\ y_{(t)} &= c \cdot x_{(t)} \end{aligned}\right\}$$

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{b}{M} & -d\frac{mg}{M} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -d\frac{b}{Ml} & -d\frac{(m+M)g}{Ml} & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{M} \\ 0 \\ d\frac{1}{Ml} \end{bmatrix} u \text{ фор}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \\ \dot{\theta} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix}$$

$$\psi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \\ \dot{\theta} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} + \upsilon\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

For d=1, we obtain values corresponding to the top position, whereas for b=-1, we derive values for the position below.

IV. Control design

Dynamic systems can be controlled using either passive or active strategies. Passive control, as demonstrated by communication signs regulating movement, requires no input energy and is cost-effective. Active control, the most common way, uses sensors alerting the controller. Active open circuit control uses pre-programmed sequences, but active closed-circuit control reacts to the system's state in real time, providing constant efficacy as shown in figure 17. Both strategies have significant advantages and are applicable in a variety of systems.

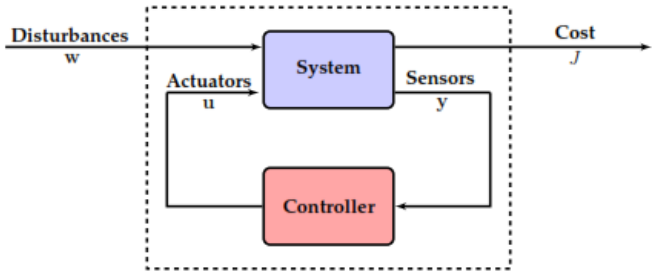


Fig. 17. Standard closed circuit control scheme. [1]

A. *Linear Quadratic Regulator (LQR)*

Controllable systems enable the formulation of a controlling law u=-Kx; however, stabilizing such control laws may incur large costs or surpass physical actuator constraints, resulting in system degradation.

Thus, selecting the stabilization matrix K is critical in balancing control aggressiveness and closed-loop stability [9]. To solve these issues and guarantee that regulator implementation meets system requirements, a cost function is used.

$$J(t) = \int_0^t x(t) \cdot Qx(t) + u(t) \cdot Ru(t)dt$$

The provided relation illustrates the trade-off between efficient regulation and control costs Q matrices measure the cost of deviations from zero while the matrix R costs the actuators. Typically diagonal, these matrices can be adjusted to suit different control objects. The Linear-Quadratic Regulator (LQR) law aims to minimize function values, serving as the regulator for linear systems by reducing the cost function values that govern system states. The control scheme is given in figure 18.

$$u = -K_r x J(t) \quad (3)$$

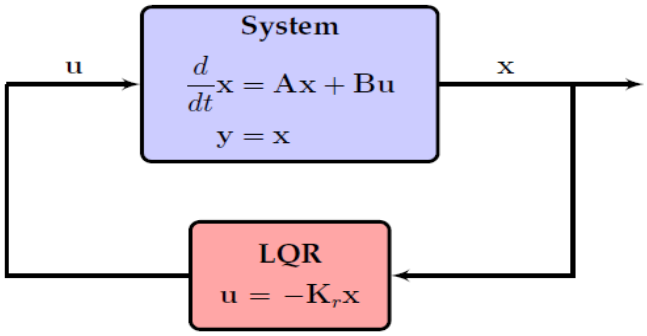


Fig. 18. LQR control circuit scheme. [1]

B. *Kalman Filter (LQE)*

Obtaining precise measurements from complicated dynamic systems, particularly high-order ones, can be difficult due to the computing load, resulting in unacceptable delays. Rather than depending on precise state measurements, it is possible to analyze system states using limited, noisy measurements.

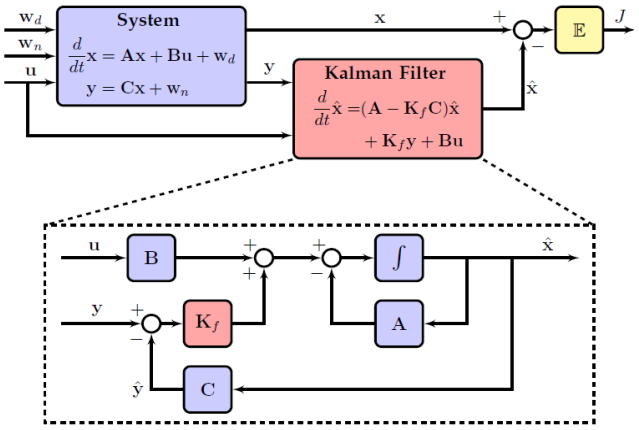


Fig. 19. The scheme of the control circuit with Kalman filter. [1]

ISSN 2682-9584

Kalman filter shown in figure 19, seeks an optimal balance between measurement noise, impediments, uncertainties, and modeling assumptions. When calculating optimality, it is critical to take into account the obstacles and sensor noise in the processing step.

$$w_d w_n:$$

$$\left.\begin{aligned} \dot{x_{(t)}} &= A \cdot x_{(t)} + B \cdot u_{(t)} + w_d \\ y_{(t)} &= c \cdot x_{(t)} + D \cdot u(t) + w_n \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

C. Optimal sensor control, Gaussian Linear-Cuadratic

Kalman Filter definitions are usually used in cooperation with the control law with LQR response, resulting in an optimal return response. The LQR matrix, and kalman's filter, can be separately designed and then combined and stay optimal for the closed circuit.$K_r K_f$

The combination of LQR and Kalman Filter results in the Gaussian linear-quadratic controller (LQG). LQG regulator is a dynamic system with a y input, and u output, and an internal variable $\hat{x}$:

$$\left.\begin{aligned} \dot{\hat{x}_{(t)}} &= (A - K_f C - BK_r)\hat{x} + K_f y \\ u &= -K_r \hat{x} \end{aligned}\right\}$$

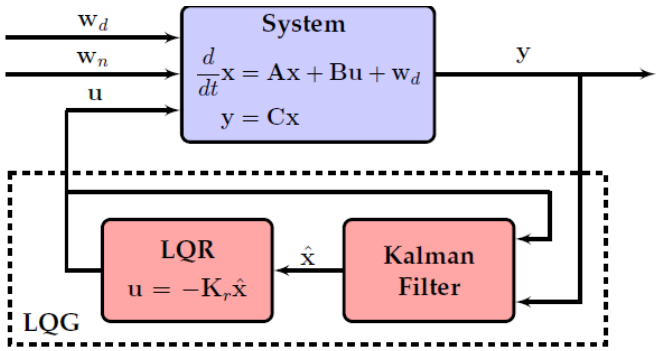


Fig. 20. LQG control district scheme. [1]

Figure 20 assumes knowledge about the system's squat pattern, obstacle sizes, and measurement noise; however, these assumptions may be inaccurate in real-world circumstances, affecting system performance. However, the LQG regulator is still very effective for a variety of systems and is extensively used, providing advantages over conventional approaches such as PID by efficiently handling multi-dimensional, multi-input, and multi-output (MIMO) systems while reducing algorithm complexity.

V. Adjustment and Simulation in the Inverted Pendulum Matlab

Our system is already modeled, so we have extracted the equations that describe it, and at the same time we have the state space matrices. With this information we have we can do the simulation in Matlab of the inverted pendulum stabilized with regulator.

$$\ddot{x} = \frac{-m^2 l^2 g cos(\theta)\sin(\theta) + ml^2(ml\dot{\theta}^2\sin(\theta) - b\dot{x}) + ml^2 u}{ml^2(M + m(1-\cos(\theta)^2)}$$

$$\ddot{\theta} = \frac{(m+M)mgl\sin(\theta) - ml\cos(\theta)(ml\dot{\theta}^2\sin(\theta) - b\dot{x}) + ml\cos(\theta)u}{ml^2(M + m(1-\cos(\theta)^2)}$$

The equations in Matlab and build the descriptive function of the system.

```
function dx = pendcart(x,m,M,L,g,d,u)

Sx = sin(x(3));
Cx = cos(x(3));
D = m*L*L*(M+m*(1-Cx^2));

dx(1,1) = x(2);
dx(2,1) = (1/D)*(-m^2*L^2*g*Cx*Sx + m*L^2*(m*L*x(4)^2*Sx - d*x(2)))...
    + m*L*L*(1/D)*u;
dx(3,1) = x(4);
dx(4,1) = (1/D)*((m+M)*m*g*L*Sx - m*L*Cx*(m*L*x(4)^2*Sx - d*x(2)))...
    - m*L*Cx*(1/D)*u;
```

Fig. 21. Function in Matlab

Figure 21 represents the equations of the system written in the MATLAB, since equations are long and complicated expressions, we have replaced the denominator with D and have taken shortcuts for sinus the cosines.

To proceed with you with the design of the regulator we must follow the steps we covered in the previous chapter. In the chapter when we modeled the system with equations, after generating state matrices. We also made the linearization of the system, so the condition of linearity is fulfilled. The other condition for the application of closed-circuit control was system controller.

To examine the controllability in the MATLAB first write system matrices with accurate parameter values.

```
clear all, close all, clc

m = 0.0923;%masa e kavjerresuit
M = 0.2275;%masa e karroces
l = 0.185;%gjatesisa e lavjerresit
g = -10; %nxitimi i gravitacionit
b = 0.1; %koeficienti i ferkitmi

d = 1; % per lavjerresin larte d(=1)

A = [0 1 0 0;
    0 -d/M b*m*g/M 0;
    0 0 0 1;
    0 -b*d/(M*L) -b*(m+M)*g/(M*L) 0];
B = [0; 1/M; 0; b*1/(M*L)];
```

Fig. 22. Declaration of variables and matrices

Figures 21 and Figure 22 shows MATLAB equations modeling the system, which simplify complex formulas for easy processing. To develop the regulator, follow the processes outlined in earlier parts, such as system modeling, linearization, and controller application. Controllability is tested in MATLAB by validating the full range of the control matrix, which allows the creation of matrices Q, R, and K for LQR regulator design. Simulation entails specifying initial conditions and dynamic parameters, which allows for precise stability assessment under varied scenarios and aids in regulator tuning for actual application. Simulink circuit design for pendulum control uses generated system parameters and dynamic conditions for simulation shown in Figure 23.

ISSN 2682-9584

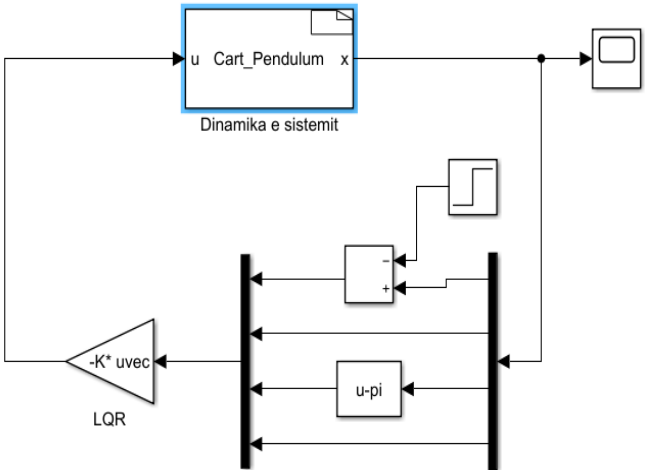


Fig. 23. Simulation of closed circuits in Simulink [1]

For the above-listed conditions, these are the simulation results, Figure 24 and Figure 25:

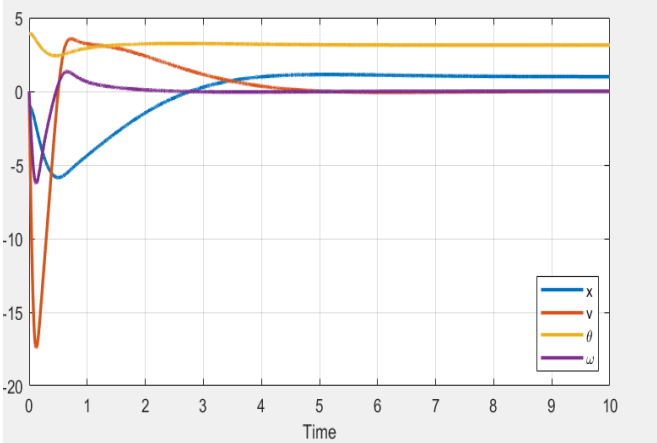


Fig. 24. LQR Stabilization Simulation Results

To optimize simulation results, the Kalman filter is first used to measure noise levels and barriers. Using MATLAB blocks simplifies the Kalman Filter's complex mathematical components, focusing only on defining noise and obstacle parameters. Extracting measurements from the Kalman filter yields system output signals that have been adjusted for the appropriate noise levels shown in Figure 25.

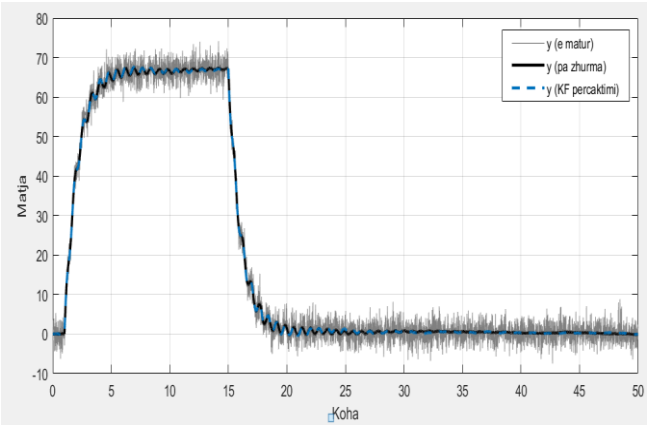


Fig. 25. Monitoring the signal with Kalman Filter

Figure 25 displays the system's output signal, crucial for closed-loop control via feedback to the regulator. Noise, if unaccounted for, can distort this signal, leading to incorrect data transmission to actuators and system breakdown. To address this, LQR is combined with the Kalman Filter for more effective control. In Simulink, the Kalman Filter output feeds into the LQR scheme, with noise directly affecting the pendulum's behavior. Comparing simulations with and without noise (Figures 27 and 28), LQG successfully stabilizes the pendulum under realistic conditions, yielding significant improvements in system performance.

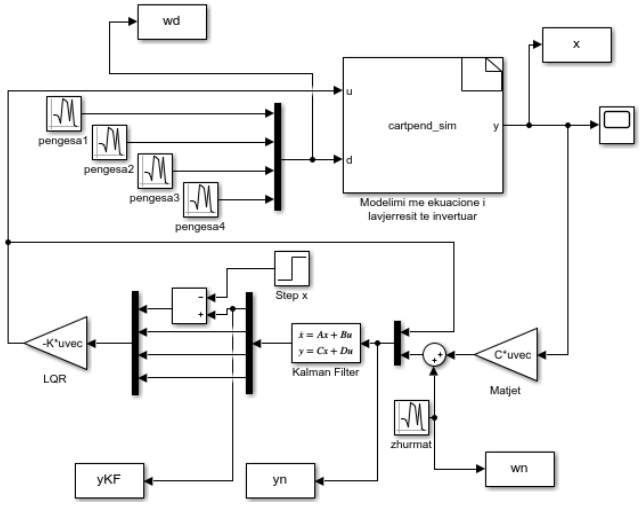


Fig. 26. Regulator LQG and simulation circuit [1]

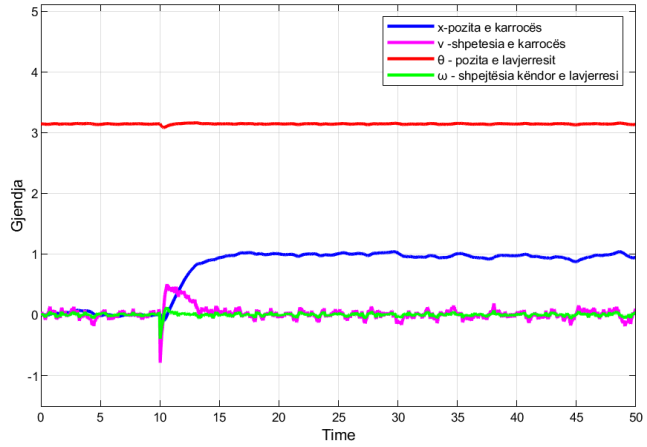


Fig. 27. Control of the cart and pendulum: position, velocity

To create the actual model of the pendulum, we start with a CAD design that includes dimensions and assembly instructions. The Arduino Uno Microcontroller, motor driver module, incremental encoder, angle potentiometer, DC motor, and power supply are all essential electronic components. The Arduino Uno functions as a control hub, with several digital I/O pins, analog inputs, and USB connectivity. Potentiometers measure location, while the angular variant tracks pendulum movement. Incremental encoders positioned on the motor axis detect displacement, which is critical for system feedback. The following photo depicts how the encoder detects light passing through holes on a disk attached to the motor axes, generating signals that are processed by the microcontroller.

ISSN 2682-9584

Physical implementation ensures the pendulum reaches the appropriate positions, which is critical for PID control with optimum parameters.

Figure 28 shows data obtained from multiple sensors: green represents the engine angle measured over 2000 samples, and blue represents the pendulum's potentiometer signal. High noise levels hampered stability without filtering. The pendulum angle is noticeably stabilized after using the Kalman filter (red). The study uses PID control to optimize constants and stabilize the pendulum at a desired point ($\theta=\pi$).

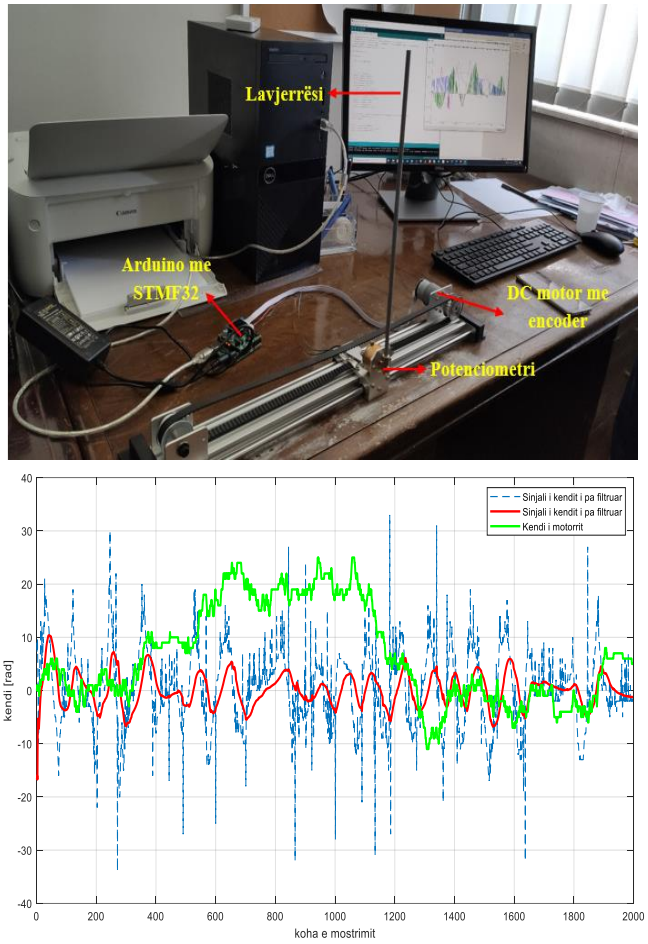


Fig. 28. Control of the pendulum: angle and sample time with filtered and non-filtered signal

VI. Conclusions

This project implementation is based on years of study and experience, and it provides insights on how to approach high-level academic projects. It provides a full overview of a Mechatronics engineer's normal job, including design, mathematical modeling, programming, assembly, electronic connections, simulation, and control technology application. It emphasizes the need of producing both simulated and real-world results for better work outcomes. The paper's primary purpose is to provide guidance on how to identify and develop efficient controllers for dynamic systems.

References

[1] Brunton, Steven L., and J. Nathan Kutz. Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control. Cambridge University Press, 2019.

[2] Automatic Control Systems – B. Kuo, F. Golnaraghi, 2009, Wiley

[3] Digital Control Systems – B. Kuo, 1985, Oxford University Press

[4] PID Controllers: Theory, Design and Tuning – K. Astrom, T Hagglund, 1995, Instrument Society of America

[5] Khalil Sultan, Ashab Mirza - Inverted Pendulum, Analysis, Design and Implementation, 2003, Institute of Industrial Electronics Engineering, Pakistan

[6] Retrieved 5 September 2020. Inverted Pendulum:System Modelling-(http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=InvertedPendulum&section=SystemModeling)

[7] Nonlinear Control Systems II – A. Isidori, 1999, Springer, London

[8] System dynamics with regulation. A. Shala, Pristina, 2017.

[9] Bajrami, X., Pajaziti, A., Likaj, R., Shala, A., Berisha, R., & Bruqi, M. Control theory application for swing up and stabilisation of rotating inverted pendulum. Symmetry, 13(8), 1491, 2021.

ISSN 2682-9584

RESEARCH OF A PID CONTROLLER BUILT WITH NEURAL NETWORKS, AND POSSIBILITIES OF APPLICATION IN UAV CONTROL SYSTEMS

Kiril Kambushev
Bulgarian Air Force Academy
"Georgi Benkovski"
Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: k_kambushev@mail.bg

Abstract: In this report, the properties of a PID controller built using artificial neural networks are investigated. A comparison of the obtained results with a classical PID regulator was made. Possibilities for application in UAV control systems are indicated.

Keywords: PID, neural networks, UAVs

I. INTRODUCTION

The development of unmanned aerial vehicles (UAVs) makes it possible to multiply the tasks they perform. [1]. Solving these tasks sometimes requires UAV flights to be performed at different altitudes at different speeds, carrying a variety of equipment and loads. The conditions in which UAVs operate can be both open flat areas and forested, mountainous or urban areas, where the parameters of the atmosphere sometimes change widely. For example, in urban conditions, in the presence of tall buildings, strong currents are formed [2], disrupting normal flight and reducing safety, and at the same time increasing the consumption of electrical energy, which in turn leads to the need to use rechargeable batteries with more high capacity and at the same time weight. [3].

Solving some of these problems can be solved by improving algorithms and automatic control systems. The use of controllers that provide greater speed and accuracy will lead to less influence of flight parameters by external disturbing influences and at the same time increase the reliability and safety of the flight.

The general task of an automatic control system is to maintain the value of a certain parameter, called an adjustable variable, equal to the value of a set effect. This determining influence can be constant, change according to a previously known law, or have a completely random character. The device performing the control is called a regulator. The regulator must ensure the set quality of system operation in all important modes. Regulators are created based on the properties of the control object and the tasks that the system must perform.

One of the most widespread and used regulators are those that implement the control effect as a function of the deviation, the derivative of the deviation and the integral of the deviation are PID-regulators. Their wide application has been established mainly because of their simplicity and efficiency. In many cases, even in the presence of imperfections and shortcomings of PID-regulators, it is not advisable to replace them with other more complex regulators using different principles for forming the control signal.

Applying different methods for tuning the PID controller can change its performance many times over, one of these methods being the use of neural networks.

The application of neural networks and artificial intelligence is gaining more and more dimensions. Their use is particularly useful when several processes need to be monitored, managed or controlled in parallel. Their implementation in automatic control systems that monitor several input parameters is also preferred by engineers, because instead of embedding and adjusting several controllers, all tasks are solved by a single system built on the basis of artificial neural networks (ANN). Another advantage of ANNs is that they can approximate data described by any arbitrary function, which is very useful when the functions are nonlinear in nature.

In today's high-tech world, in order to increase comfort, improve efficiency or increase economy, processes are managed where a large number of parameters are monitored. At the same time, the loss of just one of these parameters or the deterioration of its management leads to a departure from the optimal response of the entire system. The use of ANN in the management of complex technological processes is determined by their high reliability. Creating a neural network with a sufficiently large number of neurons and hidden layers will guarantee a high quality of the controlled process, even when part of the neurons drop out.

In this report, the possibility of creating an adequate PID controller based on ANN will be considered and its response will be investigated.

II. EXPERIMENT

A. PID controller

In order to obtain the necessary quality of the transient process, in many cases it is necessary to complicate the structure of the automatic regulation system. In the PID controller, the control signal u(t) contains three components: P (proportional to the error), I (proportional to the integral of the error) and D (proportional to the derivative of the error). The change in the output value of the regulator over time is described by the equation:

$$u(t) = K\left(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(\tau)d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

ISSN 2682-9584

where:
e – error;
u - control signal;
K - the amplification factor;
Ti – the integration time constant;
Td - the differentiation time constant.

Equation (1) represents the ideal PID control law.

The controller parameters are the gain factor K, the integration time constant Ti and the differentiation time constant Td. Integral, proportional and differential components can be interpreted as governing influences based on the past, present and future. Depending on the values of these three parameters, the response of the PID controller to various disturbances external to the system will also change. As the coefficient K increases, the error decreases, but fluctuations in the processes increase, and under certain conditions the system may become unstable. The static error in the regulator response can be eliminated by using an integral component. This is one of the positive qualities of the integral regulator, because of which the PID regulator has such a wide application. An important feature is that, depending on the magnitude of the integral component of the control signal, there may be no established mode in the system, since there is a possibility of creating non-damping oscillations.

The differential component of the control signal can be seen as a form of prediction by linear extrapolation for a time equal to Td. If the value of the error signal at a given time is known, the derivative (ie, the rate of change) of that signal can be used to predict what its value will be at a later point in time, thereby reducing overshoot and time of the transition process. The control signal of the regulator is a complex sum of the three signals, and the relationship between them, as well as their values, will determine the behavior of the system.

B. Artificial Neural Networks

Artificial neural networks are structures that model simple biological processes occurring in the human brain. They are distributed and parallel data processing systems capable of adaptive learning. The building block in these networks is the artificial neuron or simply neuron, so named by analogy with its biological prototype.

Each neural network contains three types of nodes: input nodes, which receive data from the environment in which the network operates; outgoing - sending data outside the system and hidden, whose signals remain in the network itself. During operation, neurons can change their state synchronously or asynchronously. In the first case, all neurons are switched simultaneously, and in the second, each node has the opportunity to change its state at a given moment and at a certain time, as a rule, only one neuron can do this.

One of the most important properties of neural networks is that they can be trained to respond to different inputs. This process takes place over time and certain rules must be followed. Neural network training involves an interactive process of adjusting the weights of individual connections. Ideally, neural networks gain knowledge at each iteration in the learning process. Training will be applied to the neural network to be studied, where we have initial weights set and a vector of network input values is fed.

The output response obtained is compared with a preset (reference) one and the error is found “Fig. 1".

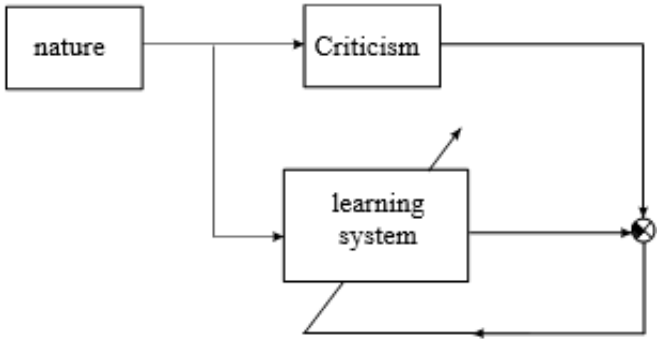


Fig. 1. Block diagram of neural network training

The error value is a criterion for changing the weighting coefficients. This process continues until the error is minimized. Therefore, this method is known as error minimization training. In order for it to be applied, we need to have a series of reference data to serve as a training target for the neural network, and to which it aims in its responses [4].

The ability of neural networks to self-learn predetermines their increasing application in the control of complex nonlinear systems, where a simple controller would not have the same speed and accuracy of generating the control signal [5, 6].

C. Study of a PID controller built with artificial neural networks

In order to accumulate initial data for training the neural network, experimental data is initially accumulated from a classical PID-regulator included in a negative feedback control system “Fig. 2". The simulation is performed in the MATLAB/Simulink programming environment.

In the diagram shown, the "error" and "pidcontrl" blocks are used to record the values of the error signal (the mismatch between the input signal and the system response) and of the control effect downstream of the PID controller. Data from these two signals are used to initially train the artificial neural network. At the input of the ANN, the signal values of the "error" signal are applied, and depending on their change, the neurons are trained to follow the "goals" ("pidcontrl" signal). In the process of this learning, the weights of the connections between individual neurons and layers are changed.

The type of studied neural network has two hidden layers, with forward propagation and back propagation of the error “Fig. 3". Experimentally, it was found that the most of the two signals is 0. In Fig. 10 shows the transient process occurring in the considered system.

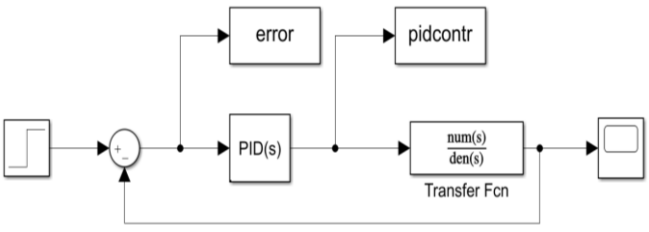


Fig. 2. PID controller connection diagram

ISSN 2682-9584

Suitable number of neurons in each of the hidden layers is 10. To reach this conclusion, the reactions of ANN with different number of hidden layers and number of neurons in them were tested, but when solving this task, it turns out that that after passing a certain number of layers and neurons, the results of ANN deteriorate and begin to require more and more time to process information. With the shown model of the ANN, an optimal relationship is achieved between the speed of information processing and the accuracy of the system's response. Response accuracy was measured by calculating the root mean square error.

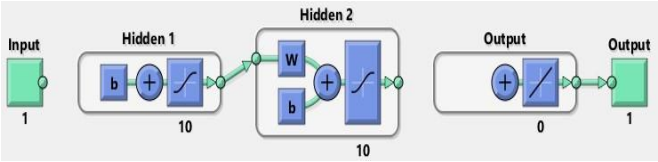


Fig. 3. Neural network

In Fig. 4 one can see the change of the mean-square error between the desired target and the response of the neural network during training. Adjustment of individual link weights continues until a desired set mean-square error bound is reached.

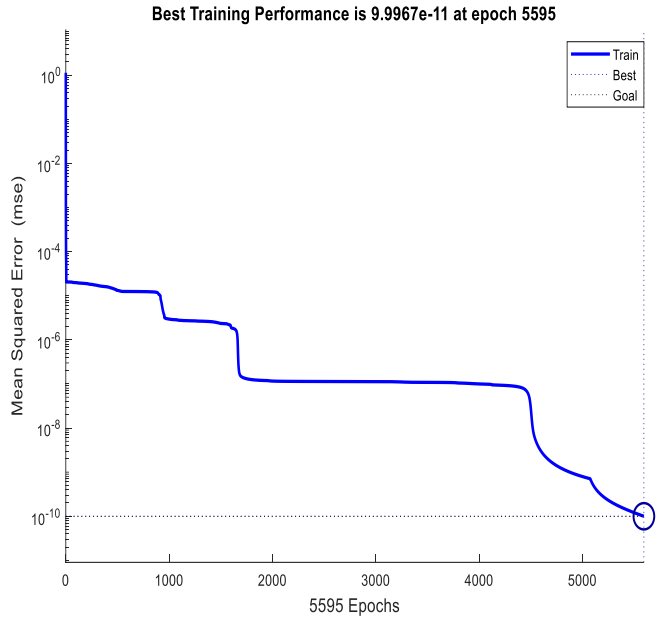


Fig. 4. Neural network training

For the purposes of the study, a desired limit of 10^{-10} is set, which is reached in 5595 epochs.

Just as the classic PID controller has several methods for adjusting the three coefficients, so the ANN has several methods for adjusting the link weights, the most widely used being the Levenberg-Marquardt (LM) algorithm. This method was applied to the studied ANN during its training. The results of the ANN reaction are shown in Figures 5, 6 and 7.

In Figure 7 shows the approximation of the ANN output and the set goals during training. It is observed that at the beginning of the process, the ANN makes errors (marked in yellow color), but in the process of adjustment, the errors decrease in value and then disappear completely.

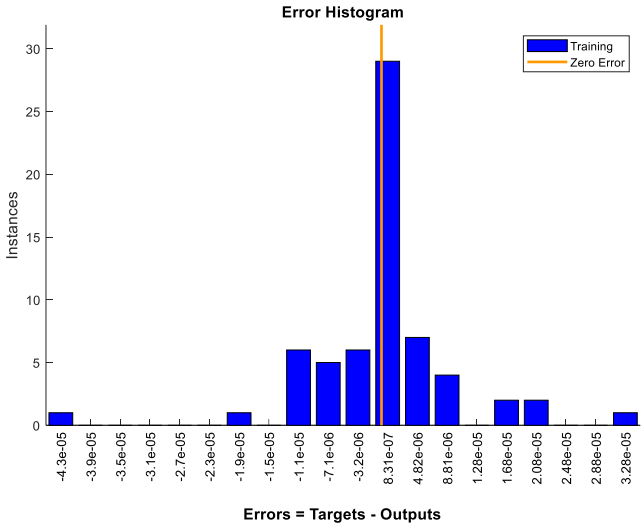


Fig. 5. ANN training error

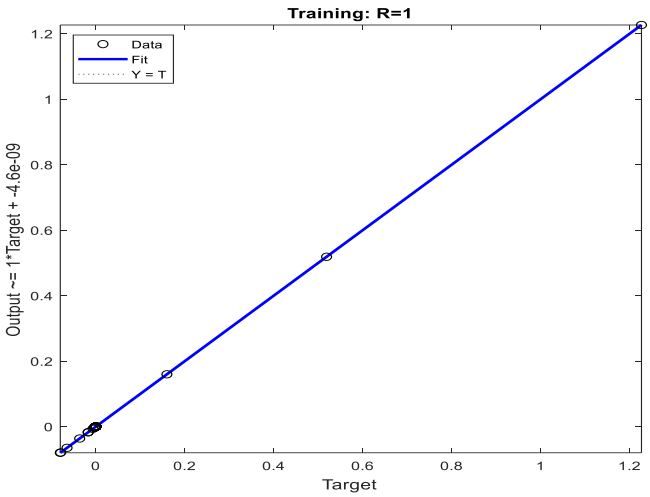


Fig. 6. Training of ANN

Figure 8 shows the scheme used to check the ANN response. Figure 9 shows the dependence of the input signal for the ANN and the control signal produced from it. When applying a single signal with level 1, after the completion of the transient process, the difference between the desired and the actual value

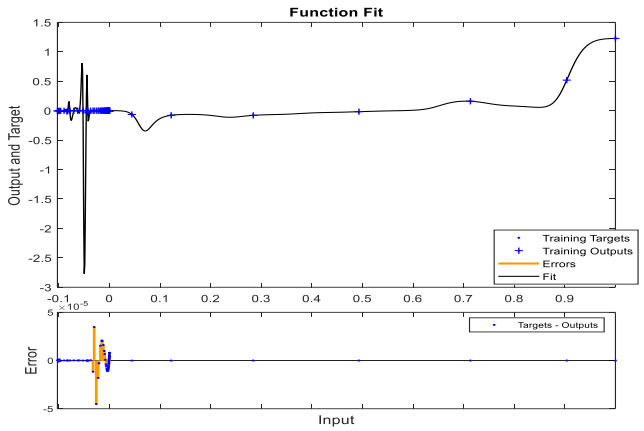


Fig. 7. Baseline ANN values during training

ISSN 2682-9584

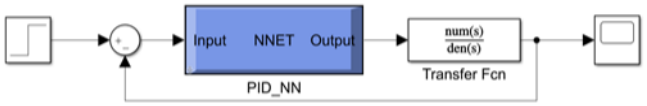


Fig. 8. Connection diagram of a PID-regulator built with ANN

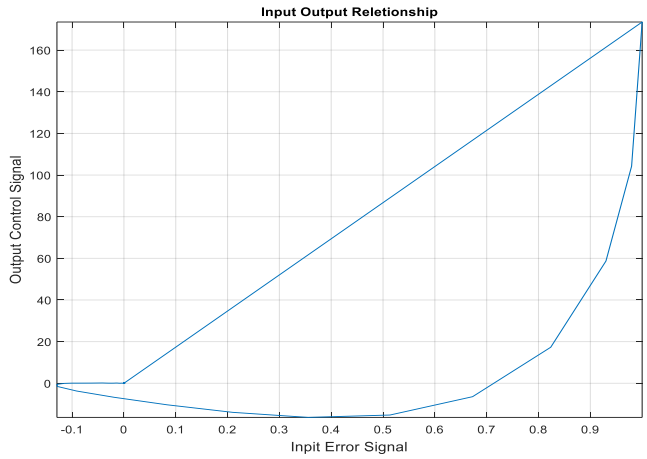


Fig. 9. Relationship input-output signal

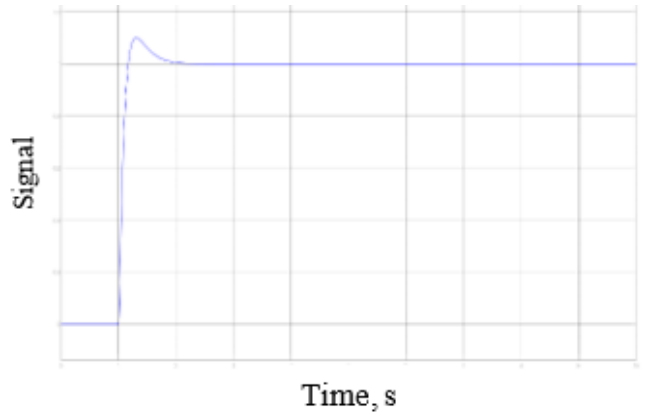


Fig. 10. Reaction of the system with a regulator built on the basis of ANN

The transient duration is 0.6 s and the maximum overshoot value is 0.1.

III. Application of ANN in the systems for automatic control of UAV

The use of UAVs to solve complex tasks is becoming more and more popular. With its development, UAVs are already successfully used for transporting cargo of different volume and weight, monitoring hard-to-reach areas in adverse weather conditions, disaster and accident areas, searching for injured and missing people, through image recognition, and many others civilian and military applications.

One of the great advantages of ANN is the possibility of their adaptive training. In areas of natural disasters or industrial accidents, the parameters of the atmosphere can be very unstable - a sudden change in wind direction, strong updrafts or downdrafts, a large difference in humidity or in the content of solid particles in the air.

Under these complex conditions, a classic PID controller would not be able to fully perform its functions of stabilizing the UAV's flight. At the same time, an ANN trained with an appropriate adaptive control algorithm would handle all changes in flight parameters.

If we consider the application of ANN in the automatic control of lower level systems, such as the aircraft power supply system, engine thrust and speed control system, airspeed maintenance system, etc., and only increase the reliability of the corresponding system with the property of ANNs to preserve their ability to work, when neurons drop out, without taking into account the possibility of adaptability, can be considered a great advantage over classical regulators.

IV. Conclusions

In the present report, the possibility of training an artificial neural network to perform the functions of a PID controller is investigated. The study was performed using the MATLAB/Simulink programming environment. The system on which the control is performed has a non-damping transmission function. The input and output data from a classical PID-regulator are used for initial training of the ANN.

The resulting ANN has two hidden layers, each of which contains 10 neurons. After completing the training and replacing the PID-regulator with the created ANN, the response of the system to a single signal with level 1 is shown in fig. 10. The transient process has parameters - duration 0.6s and the maximum value of reregulation is 0.1.

From the research done, it can be concluded that ANNs are fully applicable in automatic control systems, and their possibility of parallel processing of several parameters makes them very convenient for controlling modern UAVs.

Acknowledgment

"The research in this article was carried out in fulfillment of Task 3.1.9. "Construction of a network of autonomous low-powered aerial devices (quadracopters) for control of an urbanized area" by the National Scientific Program "Security and Defense", adopted by PMC No. 731 of 21.10.2021. and according to Agreement No. Д01-74/19.05.2022."

References

[1] Kanchev N., Suav-assisted atmospheric research and monitoring systems: current status and perspectives, ISC “G.Benkovski”, Dolna Mitroplolia, pp 31-42, 2023.

[2] Ilieva D., Low altitude turbulence patterns, ISC “G.Benkovski”, Dolna Mitroplolia, pp 171-178, 2022.

[3] Georgiev Y., Aviation rechargeable batteries trends and perspectives ISC “G.Benkovski”, Dolna Mitroplolia, pp 226 - 231, 2021.

[4] Zhao Y., X. Du, G. Xia, L. Wu, A novel algorithm for wavelet neural networks with application to enhanced PID controller design, Neuro computing, 158 (2015) 257–267.

[5] Jung J. W., V. Q. Leu, T. D. Do , E. Kim and H. H. Choi, Adaptive PID speed control design for permanent magnet synchronous motor drives,. IEEE Transactions on Power Electronics, 30 (2014)

[6] Savran A., G. Kahraman, A fuzzy model based adaptive PID controller design for nonlinear and uncertain processes, ISA Transactions, 53 (2014) 280–288.

ISSN 2682-9584

SIMULATION AND MODELING OF A UAV MISSION WHEN PERFORMING A FLIGHT IN AN URBANIZED AREA

Radostina Calovska
BAFA 'Georgi Benkovski'
Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: radostina.calovska@gmail.com

Stefan Biliderov
BAFA 'Georgi Benkovski'
Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: biliderow_ss@yahoo.com

Abstract – To study the operation of an unmanned aerial vehicle (UAV) in the performance of a given mission, it is necessary to make a flight plan that will be simulated in order to determine the possibilities of embedding in autonomous integrated computer control systems. The presented material examines the principles for synthesizing and modeling a flight along a set route in an urbanized area. During the execution of the mission, it is necessary for the UAV to pass over certain points of the plan, which are set by a digital map in the memory of the control computer. Knowing the cadastral location of the buildings above the area of interest, it is necessary for the points and the distance between them to be consistent with ensuring a safe flight when performing the desired mission. The MATLAB environment and various free software products were used to visualize the cadastral location of buildings, flight planning and its simulation.

Keywords – urbanized area, mission plan, route flight, autonomous unmanned aerial vehicle

I. INTRODUCTION

Unmanned aerial vehicle (UAV) mission planning and execution involves the synthesis and selection of a route to achieve specific objectives. Increasing the number of proportional commands in radio control equipment [1] and flight along a predetermined trajectory finds application in aerial surveillance systems [2], reconnaissance, mapping, photogrammetry, operating in hazardous environments for humans, etc. Important for the flight of an unmanned aerial vehicle (UAV) is the definition of the tasks that will be carried out during the execution of the mission. Another important point in planning and modeling the flight along a given trajectory in an urbanized area is to clearly define the specificity of the area of interest, as well as the algorithms for avoiding obstacles in the path of the UAV. In the event of an obstacle, it is necessary to synthesize controlling effects so that they are avoided and the mission is continued by completing the set tasks. In order to implement and realize the confidential communication between the UAV and its operator, it is necessary to analyze the influence of the means of network and information telecommunication signaling. An example of such an analysis is described in [3]. UAVs are widely applied in the construction of cyber-physical systems for controlling various physical processes, creating a virtual copy of the physical world and making independent decisions. Through the Internet of Things (IoT), cyber-physical systems communicate and coordinate with each other and with humans in real time. Such a study of a system for measurement, visualization and control of electrical and non-electrical parameters is described in [4].

On the other hand, looking at aviation storage batteries [5] and their energy storage technology [6] shows the need for more energy on board UAVs during flight. Exploring the possibilities of extending the flight time of UAVs and incorporating more powerful motors into the UAV structure through power hybridization [7],[8] enables aviation to expand its involvement in new areas of aircraft design and operation.

By applying the principles of mechatronics in the design and development of UAVs, a final product is created that is distinguished by its flexibility and variety of applications [9]. It is necessary that the physical structure and the overall design of the UAV be tailored to the objectives of the specific mission. The use of technologies for 3D design and printing of elements for the construction of the mechatronic system is tailored to the specifics of the real system. The application of 3D technologies in mechatronic products is shown in [10].

As technology advances, autonomous robotic and mechatronic systems are increasingly entering aviation. The use of intelligent means of measurement and control enable embedded computer systems to perform assigned tasks completely autonomously. As described in [11], applying a route traversal motion algorithm using an AI camera to determine the upcoming trajectory, higher average motion speed and more stable trajectories were obtained compared to a standard algorithm for trajectories.

Autonomous unmanned aerial vehicles (UAVs) are also gaining more and more popularity in transport services, for example for package delivery. The main problem is stabilization of the payload during movement and its transportation. As described in [12] the analysis of the movement trajectory and the application of feedback to stabilize, optimize and correct the set trajectory of the UAV can be realized with the help of artificial intelligence.

There are many products through which it is possible to plan the UAV mission. Many of them are designed for a specific platform, while others are free and can be modified. By using 'OpenStreetMap' software product, it is possible to determine and visualize the mission of the UAV, as well as the specific location of the buildings between which the UAV will pass when performing the assigned mission in an urbanized area. The product provides a world map created for free use and under an open license. Mission planning and "QGroundControl" products are used to plan and ensure the mission of the UAV in flight, which have a pleasant and user-friendly human-machine interface through which the mission route is planned and visualized.

ISSN 2682-9584

After these two products, the developed mission is fed into the UAV's control computer. After that, start of the mission it executed.

II. FLIGHT SIMULATION OVER A SET TERRAIN

As described in [13], the USGS provides the ability to retrieve the terrain data along the set route. The selected flight line is between two settlements with real geographical coordinates, and after taking off from the starting point, the UAV reaches the second point of the set route and enters the urbanized area in which it will operate (Figure 1).

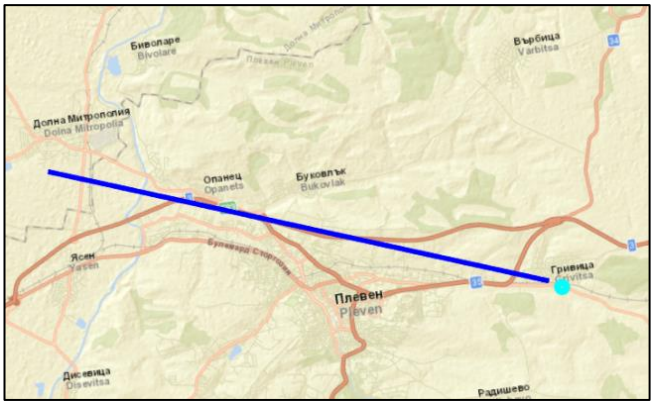


Fig. 1. The line of flight and location of the ground control station

The flight path is considered in two planes. Passing vertical lines through all its points until they intersect with the horizontal plane, we get a horizontal projection of the trajectory (Figure 2) or this is the route of the flight of the UAV relative to the earth's surface.

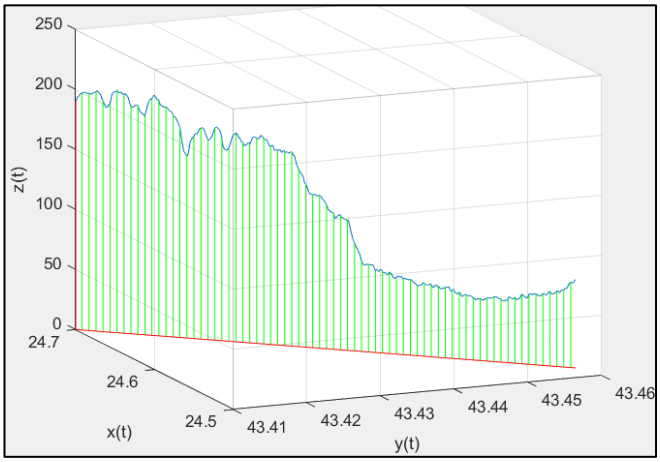


Fig. 2. The flight characteristics along the route line

In the vertical plane, the profile of the flight itself is obtained. The trajectory angle is calculated by the tangent of the slope angle of the line that is touched to the current point of the trajectory and the horizontal projection of the trajectory itself along the flight path.

Using the coordinates and data of each point of the relief of the area, a calculation is made for the safe height of the flight, which will visualize the passage of the unmanned aerial vehicle at the desired safe height above the relief. In Figure 3, the relief is shown in blue, and in red the simulated flight line over the specific relief of the given area is shown.

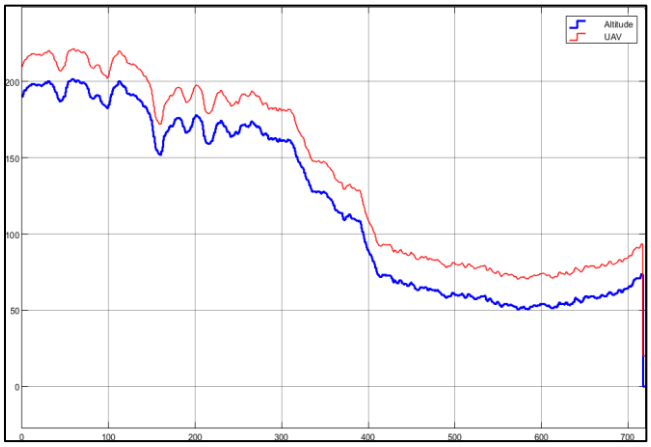


Fig. 3. Terrain and flight over the terrain

III. MISSION PLANNING AND VISUALIZATION IN AN URBANIZED AREA

When planning the flights along a set trajectory, some of the important criteria that need to be determined and evaluated in advance are:

- determination of the area of interest;
- the geographical coordinates of the points through which the UAV will pass during the simulation;
- the speed at which the flight will take place;
- the safe height that the UAV will maintain, etc.

A. Software Mission Planning and Engineering Navigation Plan (ENP) preparation

The main purpose of the mission is to flight through the specific area of interest by passing given intermediate points of the route (IPR). Using a Mission planning software product, it is possible, through satellite imagery, to visualize and determine the position of all IPR's, also to be setting a desired altitude and speed during the flight. Some of the main features [14] that mission planning software provides are:

- Entering waypoints using Google Maps/Bing/Open street maps/Custom WMS;
- Planning, saving and downloading files of the assigned mission, which can be analyzed;
- Configuring autopilot settings for a specific UAV;
- Interface with a computer flight simulator to create a complete unmanned aircraft simulator (SITL);
- Execution of own SITL simulation of many types of frames for all UAVs;
- With appropriate telemetry hardware, it is possible to record and analyze mission performance data.

The software generates the geographic coordinates of each PPM and provides a graphical representation of the synthesized mission in the urbanized area of interest. Figure 4 and Figure 5 show the possibilities of synthesizing two flight plans through Mission planning, respectively in different areas, the first being entirely in a flat area and the second in an urban environment with changes in terrain and altitude.

ISSN 2682-9584

Using the software QGroundControl [15] it is possible to make an additional analysis of each of the sections between individual IPR's, defining an appropriate safe flight height and avoiding collision with the ground surface. Figure 6 shows in red the flight plot when the altitude parameter is set to a low value.

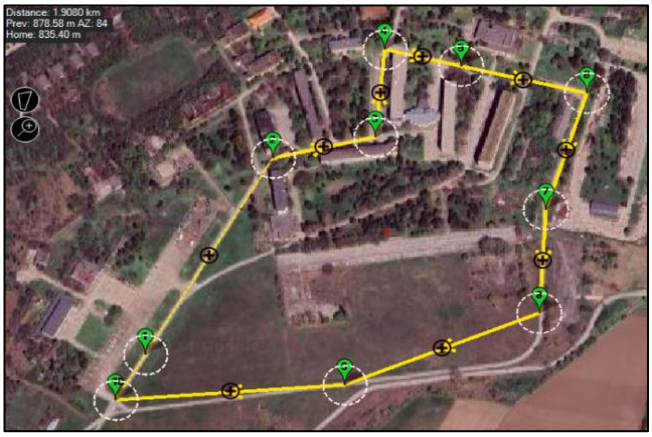


Fig. 4. View of the Mission planning software - planning a mission in an urbanized area without changes in altitude



Fig. 5. Mission planning software - planning in an urban environment with changes in terrain and altitude

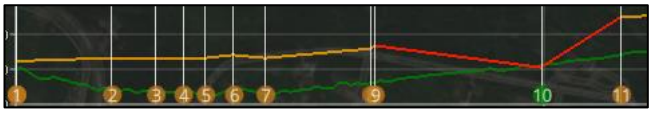


Fig. 6. QGroundControl software - flight height analysis

All the parameters of the flight are described in detail in the preliminary calculation of the flight during the preparation of the engineering navigation plan (ENP), which is prepared in tabular form according to the nature of the mission (Table1).

TABLE 1 EXAMPLE OF AN INDIVIDUAL FLIGHT PLAN IN AN URBAN ENVIRONMENT WITH ALTITUDE CHANGES

ENP	Altitude	Latitude	Longitude	V(m/s)
Mission Start	By card	43.40085261	24.61378964	8
IPR 1	By card	43.40382665	24.61678839	8
IPR 2	By card	43.40428109	24.61682518	8
IPR 3	By card	43.40490929	24.61918923	8
….	….	….	….	….
Return	By card	43.4593869	24.5254487	8

B. Exploring the mission plan in the MATLAB environment

The graphical display functions in the MATLAB environment [16] make it possible to visualize the flight line along the set plan, passing through all the IPR's. For this purpose, a program code of the MATLAB scripting language has been developed, including functions and parameters through which it is operated. The graphs in Figure 7 and Figure 8 show the route of the UAV in flight on different assignments of planned missions.

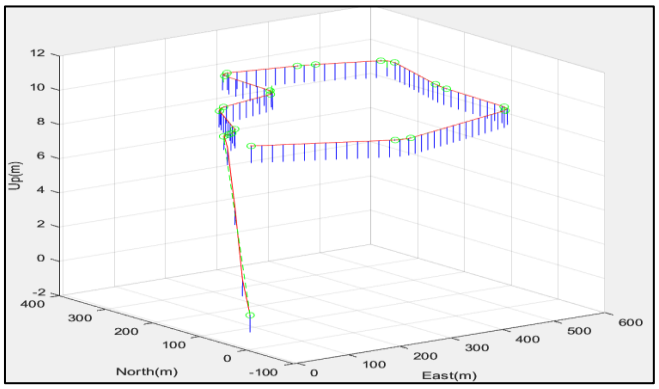


Fig. 7. Visualization of a route in an urbanized area without changes in the flight altitude in the MATLAB environment

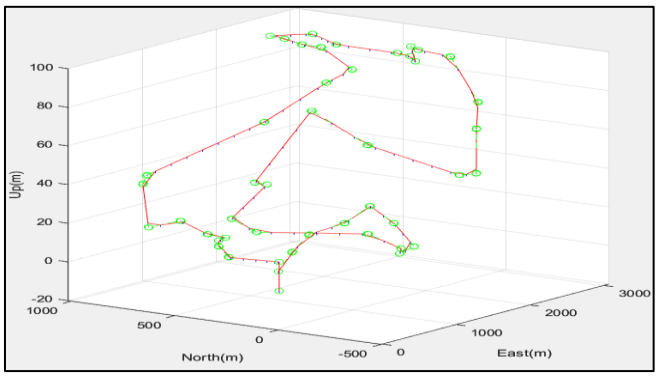


Fig. 8. Visualize a route in an urban environment with changes in altitude in the software MATLAB

IV. FLIGHT SIMULATION ON A SET TRAJECTORY

In order to simulate the flight along the set trajectory, it is necessary to use a graphic image of an unmanned aerial vehicle. The MATLAB environment provides developed functions and models, with the help of which it is possible to play and explore the field of the UAV in the execution of the assigned mission. The Simulation 3D UAV Vehicle [17] block implements an unmanned aerial vehicle (UAV) in a 3D simulation environment. This environment is rendered using the Unreal Engine by Epic Games. The block takes as input the location of the UAV (X, Y, Z) and its spatial orientation via the Euler angles (roll, pitch, yaw) of the UAV in the simulation.

To achieve the set tasks, a quadcopter model (Quadrotor) was used, which allows using a virtual model of the UAV in the simulation. The model contains a MATLAB function block that generates the flight trajectory by driving the quadcopter and receives the trajectory information as parameters from the MATLAB workspace, then generates a motion state vector based on the set time.

ISSN 2682-9584

One of the main goals in the design and implementation of autonomous unmanned aerial vehicles is precisely monitoring and photographing targets and objects in different areas. This is used in landslides, avalanches, earthquake zones, fires, hard-to-reach terrains, buildings, etc. With the development of technology in recent decades, increasingly high-tech equipment with intelligent sensors and cameras on board UAVs is possible. Thus, when performing a flight along a set trajectory, it is possible to map the area of interest and gather information about the overall situation. Therefore, on a re-traversal, it is possible in software to make a comparative analysis of the changes that have occurred and to undertake the corresponding changes in the mission plan.

The processed information from the digital form of the cadastral location of the buildings in the areas of interest, synthesized by the OpenStreetMap software, and various scenarios of the planned flight, developed with the software product QGroundControl, is implemented in the digital map on board the UAV, which is required by the UAV's computer control system for autonomous mission execution.

Using all the previously synthesized and analyzed data, it is possible to make a flight simulation along a set trajectory. The purpose of such a simulation is to identify and remove as many interference factors as possible that would prevent the UAV from fulfilling its mission objectives. Figure 9 shows the digital view of the cadastral location of the buildings in the areas of interest and the 3D graphics of the flight simulation during the implementation of the ENP. After analyzing the obtained data, it is possible to move on to empirical research.

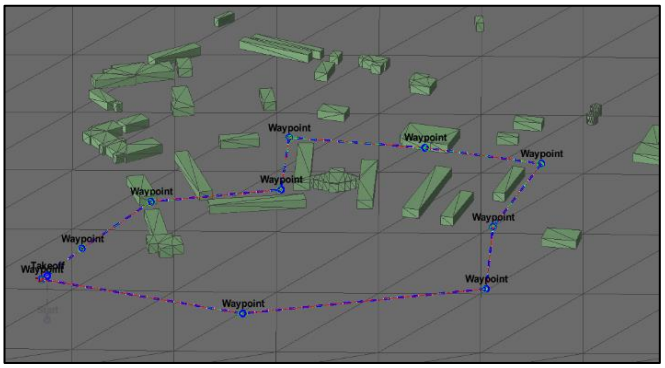


Fig. 9. 3D flight simulation graphics in an urbanized area without changes in altitude

V. Conclusions

- An urbanized UAV flight environment is synthesized in MATLAB environment.
- A mission plan is developed.
- The flight parameters were analyzed when performing a flight along a set trajectory.
- A flight between buildings in an urbanized area was simulated.

Acknowledgments

The research in this article is carried out in fulfillment of Task 1.2.3. “Research on robotic and machine learning-based systems for environmental analysis and decision-making, and prototype development” by the National Scientific Program “Security and Defense”, adopted by RMS No. 731 of 21.10.2021. and according to Agreement No. D01-74/19.05.2022.

References

[1] Dimitrov D., Increasing the number of proportional commands for the radio control equipment of remotely piloted aircraft “. Collection of reports of the scientific conference " 100 years of aviation education in Bulgaria” – Faculty of Aviation 2014. ISBN: 978-954-713-216-8.

[2] Dimitrov D., Penev, P. „ Aerial surveillance system using remotely piloted aircraft “. Collection of reports of the scientific conference "100 years of aviation education in Bulgaria” – Faculty of Aviation 2014. ISBN: 978-954-713-216-8.

[3] Pasarelski R. „Analysis of the impact of network and information confidentiality on the signaling of telecommunication networks“. Publishing complex of the National Military University "Vasil Levski" 2018. ISSN: 2367-7473.

[4] Angelov K., Sadinov, S. “System for remote visualization and control of data from low voltage power supply grids”. International Scientific Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems, CIEES 2021. ISBN: 0094-243X.

[5] Georgiev Y. „Aviation batteries – trends and perspectives“. Annual International Scientific Conference of "Georgi Benkovski" Bulgarian Air Force Academy, Dolna Mitropolia, 2021. ISSN: 2738-716X.

[6] Georgiev Y. „Battery energy storage technology for aviation - An overview“. Aeronautical Research and Development, Dolna Mitropolia, "Georgi Benkovski" Bulgarian Air Force Academy 2022. ISSN: 2815-2948.

[7] Biliderov S., Georgiev, G. “Synthesis and study of an engine-generator control system for a hybrid drone”. Proceedings of the International Scientific Conference “Robotics & Mechatronics 2023” Complex Control Systems. ISSN: 1310-8255.

[8] Georgiev G. “Development and research of an electric generator for powering a hybrid UAV”. Institude of Informatics and Innovative Technologies, 2023. ISSN: 2682 – 9517. ISSN: 2683 – 0930.

[9] Biliderov S., Dimitrova, R., Chakarski, D. „Principles of mechatronics in the design of a flight- navigation unit for an unmanned aircraft“, XXIX International scientific and technical conference ADP 2020. ISSN: 2682-9584.

[10] Nikolov S., Dimitrova R., Dimitrov S. „Using of 3D Printing Technologies in the Manufacture of Mechatronic Products“. 13th National Conference with International Participation ELECTRONICA 2022. ISSN: 2738-8530 (print) ISSN: 2738-8549 (online).

[11] Anchev A., Georgieva T., Ivanov A., “Experimental Comparison of Standart and Trajectories Movement Algorithm Using Inteligent Camera” International Conference of Communnications, Information, Electronic and Energy Sistems (CIEES) 2023.

[12] Georgieva T., Ivanov A., Anchev A. “Payload Stabilization in Multidirectional Robot Motion by Applying Trajectory Analysis Algorithm and Feedback Encoders”, International Conference Automatics and Informatics (ICAI) 2023.

[13] Biliderov S., Calovska R., Genchev A. “Unmanned aircraft mission modeling”, XXXII International scientific and technical conference ADP 2023. ISSN: 2682-9584.

[14] ArduPilot Mission Planing, <https://ardupilot.org/planner/docs/common-planning-a-mission-with-waypoints-and-events.html> 23.02.2024.

[15] Simulate UAV Mission in Urban Environment, <https://www.mathworks.com/help/uav/ug/simulate-uav-mission-in-urban-environment.html> 17.02.2024.

[16] Generate trajectory for multirotor UAV from missionSince, <https://www.mathworks.com/help/uav/ref/multirotormissionparser.html> 19.03.2024.

[17] Matlab UAV Toolbox, <https://www.mathworks.com/products/uav.html> 10.03.2024

.

ISSN 2682-9584

A COMPARISON BETWEEN CONVENTIONAL AND COMPUTER-ASSISTED MODELLING APPROACHES FOR ESTIMATING THE THERMAL ENERGY DEMAND OF PUBLIC BUILDINGS

Bedri Dragusha
University of Prishtina, Faculty of Mechanical Engineering
Prishtina, Kosovo
e-mail: Bedri.m.dragusha@uni-pr.edu

Fatlinda Berisha
Consultant
Prishtina, Kosovo
e-mail: fatlinda.Berisha4@student.uni-pr.edu

Drilon Meha
University of Prishtina, Faculty of Mechanical Engineering
Prishtina, Kosovo
e-mail: Drilon.meha@uni-pr.edu

Abstract: The method used to estimate building's heating and cooling load is crucial for maintaining the desired levels of internal thermal comfort. Conventional approaches to designing a building's heating and cooling load often overlook key factors affecting indoor air quality, such as achieving optimal relative humidity, air circulation, variable temperature settings, and solar heat gains. To address these oversights, a computer modelling tool called Design Builder has been employed to simulate a building's energy performance and ensure internal thermal comfort in public buildings. This modelling approach considers various aspects including indoor climate conditions, the building's architectural features, types of construction materials, and indoor air quality parameters among others. By establishing an accurate energy balance within the building, the model calculates the heating and cooling demand more effectively. The outcomes from the Design Builder software will be compared with those from the traditional energy demand estimation methods to evaluate their efficiency.

Keywords: Design builder, thermal comfort, heating and cooling demand, public buildings

I. INTRODUCTION

Heating needs in buildings make up a significant portion of global energy consumption [1]. Depending on a country's energy sources and climate conditions, buildings contribute to 19% of worldwide greenhouse gas emissions [2]. Within the European Union (EU), heating and cooling alone account for half of the final energy consumption [3]. Moreover, research indicates that between 25% to 30% of the EU's total final energy consumption is used for heating of buildings, depending on location and country [3].

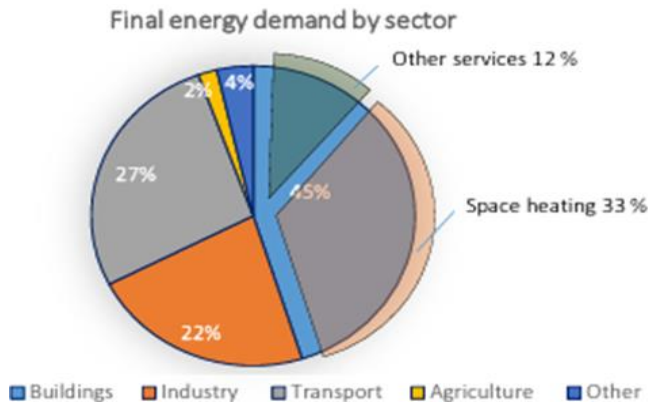


Fig. 1. Final energy demand by sectors in Kosovo (referent year 2015) [4]

Figure 1 presents the final energy consumption in Kosovo, situated in south-eastern Europe, indicating that the demand for space heating of building with 33 % dominates the country's total energy demand.

The assessment of thermal energy losses and gains in buildings is extremely important since buildings comprise 40% of the final energy consumption globally and are responsible for 30% of global CO2 emissions [1]. Advanced tools for calculating building demand for space heating and cooling, such as various computer programs and conventional calculations in Excel, are important to discuss and analyse. The traditional way of calculating thermal losses and gains in buildings takes into account the analysis of heat transfer in individual components of the building and does not take into account all the indicators of internal thermal comfort related to the way the building is used, the response of its materials properties to changes of external climatic conditions, considering the three-dimensional model of the building, the building's operating hours, shading, the concentration of light during the day in the building, HVAC control strategies, etc.

The purpose of this work is to evaluate the demand for heating and cooling of public buildings using the approximate calculation method based on the VDI 2055 and VDI 2078 standards and comparing the results with the dynamic simulation method integrated in the Design Builder program.

II. METHODOLOGY

Two different methodologies for evaluating thermal losses and gains have been analysed for a public building using the traditional method of calculating thermal losses and gains in Excel tables [5] and the dynamic transfer program Design Builder [6]. Both methods can be used in the conditions of designing the energy demand of the building, although the modelling method in Design Builder considers more parameters in the energy balance and boundary conditions during the evaluation of the energy demand of the object.

A. Traditional method for calculating thermal losses and gains

The traditional method of heating and cooling load calculation is based on VDI 2055 and VDI 2078 and the same is based on the appropriate mathematical formulations which have been used to study the dynamics of energy flow in buildings. The following mathematical formulations are based on stationary conditions of heat transfer, taking into account thermal losses and gains in buildings.

ISSN 2682-9584

B. Heat loss

The demand required for heating Qn consists of the heat required for covering heat losses with transmission Qt and the heat required for ventilation heat losses, so:

$$Q_n=Q_t+Q_v=(Z+1)\cdot Q_t+Q_v \quad (1)$$

Where:

Q_t – The amount of heat that is exchanged by transmission through building structures, in stationary conditions, is determined according to the expression.

$$Qt=\sum n(i=1)U\cdot F\_i\cdot(tbp-tjp),\ W \quad (2)$$

U_i, W/m^2 – Overall heat transfer coefficient for the particular surface "i";

F_i, m^2 –the surface through which heat is transferred (walls, doors, windows, floor, ceiling, etc.);

t_{bp}, °C – internal design temperature.

t_{jp}, °C – external design temperature.

Z – additional factors for considering losses

C. Additional heating factor Q_t

Transmission heat losses for an object Q_t must be corrected by corresponding additions made to these losses, which are summed up by a multiplying factor Z. These additions are:

Z_D –allowance for heating after the interruption of the heating and

Z_O – for room (building) orientation.

In this way, the amount of heat needed for heating is determined according to the equation:

$$QT=Qt\cdot Z=Qt\ (1+ZD+ZO) \quad (3)$$

D. Heat for infiltration losses

The amount of air entering the premises under the influence of the wind depends both on the size of the window and door openings, and on the pressure difference from both sides of the premises. For this reason, the size of the cracks on the side that is under the influence of the wind, the size of the cracks on the protected side, and the length of these cracks have an impact on the amount of air entering the premises.

The amount of heat needed to heat the air that enters the premises through the cracks of the doors and windows, to the internal temperature of the premises, is:

$$Qv=V\cdot c\cdot\rho\cdot(tbp-tjp) \quad (4)$$

Where the amount of air flowing through the cracks can be determined by the expression:

$$V=\sum(a\cdot l)\cdot(pj-pb\ )(2/3)\ ,\ m3/h \quad (5)$$

a, $m^3/m\ h\ Pa^{(2/3)}$ – coefficient of penetration due to air sealing;

l, m – the length of the air sealing for the door or window;

p_j, Pa – external air pressure;

p_b, Pa – internal air pressure;

c, J/kg K – the specific heat of the air entering the premises;

ρ, kg/m^3 – the density of the air entering the premises.

The DIN 4701 standards for determining the heat lost due to the infiltration of outside air into the premises give this expression:

$$Qv=\sum(a\cdot l)\cdot R\cdot H\cdot(tjp-tbp)\cdot Ze \quad (6)$$

where:

$\sum(a\cdot l)$, m^3/s – air permeability through doors and windows;

Z_e- Additional factor for windows and doors.

E. Heat gains

The heat gains are taken from the solar orientation in the walls of the building and the radiation in the walls and windows are considered. In addition, the heat gains from people and related technologies are considered during the evaluation of the internal heat gains in the analysed object. The input data regarding the equipment and the relevant persons in the object were obtained from the architectural modelling database. The desired indoor air temperature for summer conditions necessary to achieve the appropriate indoor air comfort is accepted as 26˚C.

F. Dynamic approach for calculating thermal losses and gains

Design Builder is an integrated set of high-productivity tools to assist in the sustainable design of buildings that provides design solutions that enable the optimization of energy efficiency, comfort and cost. Different aspects of building performance can be used for modelling and simulating building efficiency based on a mathematical computer model based on the basic principles of building physics and engineering practice. Design builder is a device which, for the current case, requires data regarding the technical characteristics of the object, the way of use in order to evaluate the energy demand, the quality of the internal air (internal thermal comfort), the urban model, etc. The input data in the simulation model are: Climate - ambient air temperature, relative humidity, direct and indirect solar radiation, wind speed and direction: Location - location and orientation of the building, shading according to topography and surrounding buildings; Geometry - the shape of the building and the geometry of the area; Structure - materials and constructions, windows and shades, thermal bridges, infiltration and openings; Internal profits - lighting, equipment and people present; Control - for opening windows, shading devices, ventilation systems.

The output data from the model that show the facility's performance are: Comfort indicators - radiant temperature asymmetry, CO_2 concentration, relative humidity; Load types - for heating and cooling demand, electricity for equipment and lighting; Energy demand - for heating, cooling, ventilation, lighting, equipment, auxiliary systems (eg pumps, fans, elevators); Concentration of light during the day - in certain areas, at different points of time with variable external conditions.

ISSN 2682-9584

In this paper, Design Builder is used for the modelling and simulation of the energy performance of the public building from the perspective of dynamic thermal simulation and air flow through infiltration.

III. BACKGROUND

The facility of the Faculty of Mathematical and Natural Sciences (FSHMN) is part of the Technical Campus and is located in the southern part of the city of Pristina, close to three residential districts of the city - Ulpiana, Bregu i Diellit and Mati 1 onwards, the southern side with the Center University Clinic of Kosovo. The space includes an unfinished location in terms of urban development even though the entire surrounding area is already fully built. Providing natural light, based on geometry and solar topography, it is possible for the building to be exposed to maximum solar radiation, making natural light penetrate the building during the day without obstacles for natural light and the sun. The restrictions include the use of natural materials, not the use of intense colors, not the use of reflective and colored windowpanes, and minimally to use hazardous materials.



Fig. 2. Faculty of Mathematical and Natural Sciences and 3D modelling in Design builder

IV. RESULTS AND DISCUSSIONS

The way of applying mathematical models to estimate the energy demand for heating and cooling of the building plays a role in the accuracy of the modelling and simulations. The following tables present the data obtained from the two applied calculation methods for the third and fourth floors according to the VDI 2055 and VDI 2078 standards and those calculated with Design Builder. Mainly due to the more compact method of calculating thermal energy losses and gains in the facility, the demand for energy has been lower compared to the traditional method of calculation.

TABLE 1 HEATING AND COOLING LOAD

ZGJEDHJA E TRUPAVE NGROHË /FTOHËS (Sipas Standardit VDI 2055 dhe 2078)						
Nr. Rendor	Emërtimi i hapsirës	Temperatura e brendshme	Vëllimi	Sasia e nevoj. e nxehtë. Qn	Sasia e nevoj. e ftohjes. Qf	Tipi i trupave ngrohës / ftohës
-	-	°C	m³	W	W	-
1	2	3	4	5	6	7
Kati i tretë						
1	301	20.00	179	3079	3850	FCL 36
2	302	20.00	179	2851	3985	FCL 36
3	303	20.00	185	3015	3652	FCL 36
4	304	20.00	179	3151	4202	FCL 36
5	305	20.00	179	2974	4256	FCL 36
6	306	20.00	193	3259	4884	FCL 36
7	307	20.00	30	1225	1524	FCL 32
8	308	20.00	44	529	952	FCL 32
9	309	20.00	193	3311	4852	FCL 42
10	310	20.00	193	3157	4321	FCL 36
11	311	20.00	30	1225	1425	FCL 32
12	312	20.00	44	523	852	FCL 32
13	313	20.00	192	3265	4152	FCL 36
14	314	20.00	95	1254	1435	FCL 32
15	315	20.00	136	2785	2652	FCL 42
16	316	20.00	46	736	725	FCL 32
17	317	20.00	25	473	421	FCL 32
18	318	20.00	25	473	421	FCL 32
19	319	20.00	46	736	769	FCL 32
20	320	20.00	46	736	769	FCL 32
21	321	20.00	46	736	769	FCL 32
22	322	20.00	46	736	769	FCL 32
23	323	20.00	46	736	769	FCL 32
24	324	20.00	46	736	769	FCL 32
25	325	20.00	46	773	769	FCL 32
26	326	20.00	382	8521	12854	FCL 62
27	327	20.00	337	5862	10806	FCL 42
28	328	20.00	337	6021	11958	FCL 42 FCL 36
29	329	20.00	231	4134	7985	FCL 62
30	330	20.00	222	3952	7325	FCL 62
31	331	20.00	52	685	1251	FCL 32
32	332	20.00	69	2038	2502	FCL 42
33	333	20.00	231	4038	5965	FCL 42
34	334	20.00	233	3871	3568	FCL 62
35	335	18.00	448	1241	958	FCL 32
36	336	18.00	2033	26325	38521	FCL 122
37	337	20.00	46	657	754	FCL 32
38	338	20.00	171	854	1251	FCL 32
39	339	20.00	45	842	652	LUX - 500/1080
40	340	20.00	23	358	251	LUX - 500/1080
41	341	20.00	16	209	614	LUX - 500/1080
42	342	15.00	16	148	254	LUX - 500/1080
43	343	15.00	62	923	958	LUX - 500/1080
44	344	15.00	65	562	569	LUX - 500/1080
45	345	20.00	233	3251	2568	FCL 36
Kapaciteti total i ngrohjes/ ftohjes				116967	165508	

ISSN 2682-9584

TABLE 2 HEATING AND COOLING LOAD

ZGJEDHJA E TRUPAVE NGROHËS/FTOHËS (Sipas Design Builder)						
Nr. Rendor	Emërtimi i hapsirës	Temperatura e brendshme	Vëllimi	Sasia e nevoj. e nxehtë. Qn	Sasia e nevoj. e ftohjes. Qf	Tipi i trupave ngrohës / ftohës
-	-	°C	m³	W	W	-
1	2	3	4	5	6	7
Kati i tretë						
1	301	20.00	179	2860	3530	FCL 36
2	302	20.00	179	2390	3780	FCL 36
3	303	20.00	185	2610	3450	FCL 36
4	304	20.00	179	2540	3980	FCL 36
5	305	20.00	179	2370	4120	FCL 36
6	306	20.00	193	2570	4600	FCL 36
7	307	20.00	30	500	1330	FCL 32
8	308	20.00	44	490	820	FCL 32
9	309	20.00	193	2550	4570	FCL 42
10	310	20.00	193	2520	4210	FCL 36
11	311	20.00	30	480	1300	FCL 32
12	312	20.00	44	470	790	FCL 32
13	313	20.00	192	2360	4090	FCL 36
14	314	20.00	95	1090	1430	FCL 32
15	315	20.00	136	2680	2510	FCL 42
16	316	20.00	46	450	660	FCL 32
17	317	20.00	25	240	370	FCL 32
18	318	20.00	25	250	370	FCL 32
19	319	20.00	46	450	650	FCL 32
20	320	20.00	46	450	650	FCL 32
21	321	20.00	46	440	640	FCL 32
22	322	20.00	46	460	670	FCL 32
23	323	20.00	46	420	630	FCL 32
24	324	20.00	46	450	660	FCL 32
25	325	20.00	46	460	670	FCL 32
26	326	20.00	382	7800	12600	FCL 62
27	327	20.00	337	5640	10600	FCL 42
28	328	20.00	337	5940	11840	FCL 42 FCL 36
29	329	20.00	231	3970	7600	FCL 62
30	330	20.00	222	3770	7150	FCL 62
31	331	20.00	52	600	930	FCL 32
32	332	20.00	69	1350	2420	FCL 42
33	333	20.00	231	2900	5520	FCL 42
34	334	20.00	233	2880	3480	FCL 62
35	335	18.00	448	900	810	FCL 32
36	336	18.00	2033	25250	36910	FCL 122
37	337	20.00	46	470	680	FCL 32
38	338	20.00	171	760	1090	FCL 32
39	339	20.00	45	470	500	LUX - 500/1080
40	340	20.00	23	400	590	LUX - 500/1080
41	341	20.00	16	110	180	LUX - 500/1080
42	342	15.00	16	900	810	LUX - 500/1080
43	343	15.00	62	400	450	LUX - 500/1080
44	344	15.00	65	370	560	LUX - 500/1080
45	345	20.00	233	3154	2459	FCL 36
Kapaciteti total i ngrohjes/ ftohjes				100584	157659	

TABLE 3 HEATING AND COOLING LOAD

ZGJEDHJA E TRUPAVE NGROHËS/FTOHËS(Sipas Standardit VDI 2055 dhe 2078)						
Nr. Rendor	Emërtimi i hapsirës	Temperatura e brendshme	Vëllimi	Sasia e nevoj. e nxehtë. Qn	Sasia e nevoj. e ftohjes. Qf	Tipi i trupave ngrohës / ftohës
-	-	°C	m³	W	W	-
1	2	3	4	5	6	7
Kati i katër						
1	401	20.00	179	4215	3125	FCL 36
2	402	20.00	180	3521	3245	FCL 36
3	403	20.00	180	4021	3214	FCL 36
4	404	20.00	179	3952	3325	FCL 36
5	405	20.00	180	3569	3545	FCL 36
6	406	20.00	194	3895	3752	FCL 36
7	407	20.00	30	852	1125	FCL 32
8	408	20.00	44	851	1095	FCL 32
9	409	20.00	194	3852	3851	FCL 36
10	410	20.00	194	3712	3625	FCL 36
11	411	20.00	33	723	1034	FCL 32
12	412	20.00	44	721	952	FCL 32
13	413	20.00	194	3581	3652	FCL 36
14	414	20.00	236	6235	4835	FCL 36
15	415	18.00	448	3251	4325	FCL 32
16	416	20.00	46	425	452	FCL 32
17	417	20.00	25	421	462	FCL 32
18	418	20.00	25	395	485	FCL 32
19	419	20.00	46	698	762	FCL 32
20	420	20.00	46	674	759	FCL 32
21	421	20.00	46	693	748	FCL 32
22	422	20.00	46	725	760	FCL 32
23	423	20.00	46	743	802	FCL 32
24	424	20.00	46	751	806	FCL 32
25	425	20.00	46	712	783	FCL 32
26	426	20.00	320	9854	9125	FCL 42
27	427	20.00	152	5326	5419	FCL 42
28	428	20.00	157	4012	4518	FCL 36
29	429	20.00	100	2765	2751	FCX AS - 42
30	430	20.00	100	2751	2795	FCX AS - 42
31	431	20.00	100	2325	2591	FCX AS - 42
32	432	20.00	100	2751	2841	FCX AS - 42
33	433	20.00	100	2514	2612	FCX AS - 42
34	434	20.00	100	3015	2915	FCX AS - 42
35	435	20.00	100	2548	2635	FCX AS - 42
36	436	20.00	100	5248	2591	FCX AS - 42
37	437	20.00	77	1105	1345	FCL 32
38	438	20.00	100	7451	1856	FCL 36
39	439	20.00	116	2625	2015	FCX AS - 32
40	440	20.00	116	2153	1925	FCX AS - 32
41	441	20.00	116	2147	2015	FCX AS - 32
42	442	20.00	116	2846	1952	FCX AS - 32
43	443	18.00	2033	42157	37521	FCL 62
44	444	20.00	27	751	625	FCL 32
45	445	20.00	45	753	795	FCL 32
46	446	20.00	174	1214	1325	FCL 32
47	447	15.00	44	462	429	LUX - 500/1080
48	448	15.00	48	602	715	LUX - 500/1080
49	449	15.00	23	300	356	LUX - 500/1080
50	450	15.00	16	251	262	LUX - 500/1080
51	451	15.00	62	1351	1035	LUX - 500/1080
52	452	15.00	62	568	953	LUX - 500/1080
Kapaciteti total i ngrohjes/ ftohjes				163033	147436	

ISSN 2682-9584

TABLE 4 HEATING AND COOLING LOAD

ZGJEDHJA E TRUPAVE NGROHËS/FTOHËS (Sipas Design Builder)						
Nr. Rendor	Emërtimi i hapsirës	Temperatura e brendshme	Vellimi	Sasia e nevoj. e nxehtë. Qn	Sasia e nevoj. e ftohjes. Qf	Tipi i trupave ngrohës / ftohës
-	-	°C	m³	W	W	-
1	2	3	4	5	6	7
Kati i katër						
1	401	20.00	179	4140	3090	FCL 36
2	402	20.00	180	3470	3180	FCL 36
3	403	20.00	180	3940	3180	FCL 36
4	404	20.00	179	3790	3240	FCL 36
5	405	20.00	180	3460	3460	FCL 36
6	406	20.00	194	3720	3710	FCL 36
7	407	20.00	30	700	1050	FCL 32
8	408	20.00	44	710	900	FCL 32
9	409	20.00	194	3700	3780	FCL 36
10	410	20.00	194	3670	3550	FCL 36
11	411	20.00	33	670	990	FCL 32
12	412	20.00	44	680	860	FCL 32
13	413	20.00	194	3480	3500	FCL 36
14	414	20.00	236	6130	4710	FCL 36
15	415	18.00	448	660	740	FCL 32
16	416	20.00	46	360	740	FCL 32
17	417	20.00	25	370	420	FCL 32
18	418	20.00	25	660	430	FCL 32
19	419	20.00	46	660	730	FCL 32
20	420	20.00	46	650	730	FCL 32
21	421	20.00	46	670	720	FCL 32
22	422	20.00	46	680	750	FCL 32
23	423	20.00	46	670	760	FCL 32
24	424	20.00	46	670	750	FCL 32
25	425	20.00	46	620	700	FCL 32
26	426	20.00	320	9560	9000	FCL 42
27	427	20.00	152	5220	5260	FCL 42
28	428	20.00	157	3920	4470	FCL 36
29	429	20.00	100	2620	2640	FCX AS - 42
30	430	20.00	100	2630	2620	FCX AS - 42
31	431	20.00	100	2240	2510	FCX AS - 42
32	432	20.00	100	2630	2700	FCX AS - 42
33	433	20.00	100	2410	2560	FCX AS - 42
34	434	20.00	100	2970	2810	FCX AS - 42
35	435	20.00	100	2440	2530	FCX AS - 42
36	436	20.00	100	2440	2500	FCX AS - 42
37	437	20.00	77	1060	1220	FCL 32
38	438	20.00	100	1500	1780	FCL 36
39	439	20.00	116	2520	1930	FCX AS - 32
40	440	20.00	116	2000	1870	FCX AS - 32
41	441	20.00	116	2080	1900	FCX AS - 32
42	442	20.00	116	2710	1820	FCX AS - 32
43	443	18.00	2033	40920	36670	FCL 62
44	444	20.00	27	670	530	FCL 32
45	445	20.00	45	690	760	FCL 32
46	446	20.00	174	1100	1220	FCL 32
47	447	15.00	44	440	360	LUX - 500/1080
48	448	15.00	48	590	660	LUX - 500/1080
49	449	15.00	23	250	220	LUX - 500/1080
50	450	15.00	16	170	210	LUX - 500/1080
51	451	15.00	62	1280	820	LUX - 500/1080
52	452	15.00	62	1360	870	LUX - 500/1080
Kapaciteti total i ngrohjes/ ftohjes				147350	139110	

The factors that have influenced the obtained results include the release of heat from electrical equipment, the release of heat from people who are in the building, the shading parameters and the optimal penetration of natural lighting and light, the lighting control systems in the building and the determination of electricity saving rate. Energy control systems in buildings, the use of natural light (without using artificial lighting) play an important role when evaluating the necessary capacity of equipment to cover the demand for heating and cooling in buildings. For the 3rd and 4th floors presented in the table above, it has been identified that the demand for heating according to the VDI 2055 and VDI 2078 standards and with the use of the Design Builder computer equipment, which takes into account more factors that cannot be taken into account in the methods based on the calculation, the energy demand for heating and cooling the facility varies between 10-16%. The way of applying the mathematical apparatus to the separate components of the object compared to the way of calculating the object related to the desired internal conditions and the influence of external factors plays a significant role in the obtained results of the passage. Therefore, the use of equipment such as Design Builder enables a better assessment of the building's energy demand and at the same time it also allows to take into account the variable conditions of behaviour in the building, which affects the more efficient and qualitative assessment of the transfer of thermal energy in the building. Fig. 3 depicts the cooling load, indoor and external temperatures, and heating load over a year leap for two floor building inputs. Such dynamic simulations are important for investigation of internal parameters such as temperature and its impact in indoor thermal comfort and energy supply system. The model requires further attention regarding the distribution of heating load profile but as these are the initial results obtained from simulations, we did not go any deeper. Due to heat gains from people and equipment's, solar gains, the cooling load is significant for those two floor buildings as shown in fig 3. Contrary, we can see very small heating demand during the winter seasons.

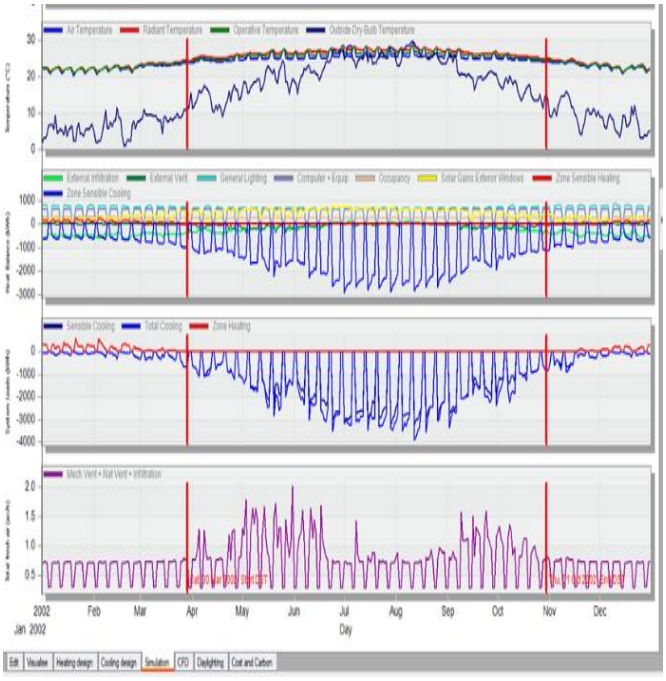


Fig. 3. Heating and cooling load profile, temperature and air flow

ISSN 2682-9584

V. CONCLUSIONS

In this paper, a comparative method for estimating the thermal energy demand for heating and cooling for public facilities is analysed. The first method is based on the application of mathematical models to specific components of the building based on the VDI 2055 and VDI 2078 standards. On the other hand, another model has been created in Design Builder that considers the entirety of the building, the desired internal parameters, and the external climate to estimate heat gains and losses for the same object. From the calculated results, it can be seen that the assessment of the demand for heating and cooling according to different methods varies between 10-16%. This means that the approach of using the relevant equipment plays an important role in the evaluation of the energy demand, respectively in the application of the relevant technologies of energy supply in buildings. From the relevant comparisons, it can be concluded that the way the building is used, the use of solar energy, the consideration of building materials from the aspect of thermal energy transfer and radiation makes the calculation results between methods to be different. Dynamic energy load profile, temperatures and air flow provide a better understanding of the energy performance of buildings and input data needed to design the novel energy supply systems in buildings.

REFERENCES

[1] “Internacional Energy Agency [IEA], accessed on 10.01.2020. https://www.iea.org/.” Mar. 03, 2020. Accessed: Mar. 03, 2020. [Online]. Available: https://www.iea.org/

[2] D. Ürge-Vorsatz et al., “Climate Change 2014: Mitigation. Chapter 9: Buildings. Report by the Intergovernmental Panel on Climate Change,” 2014.

[3] ”Heating and Cooling: facts and figures. link: https://heatroadmap.eu/wp-content/uploads/2019/03/Brochure_Heating-and-Cooling_web.pdf.”

[4] Eptisa, “National Building Energy Efficiency Study for Kosovo. Accessed on 15.04.2020. http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Feature%20Story/ECA/kosovo/Kosovo%20Eptisa%20Final%20Report_2013.04.13.pdf, ” Final Report, Feb. 2013. Accessed: Jan. 15, 2019. [Online]. Available: http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Feature%20Story/ECA/kosovo/Kosovo%20Eptisa%20Final%20Report_2013.04.13.pdf

[5] Fejzullah Krasniqi: Heating and Air conditioning I. Prishtinë 1997.

[6] “Design Builder: https://designbuilder.co.uk/ 15.04.2024.”

[7] Fatlinda Berisha: master thesis: Energy analysis for conversion with low Energy consumption of the FNMS building with design builder software, Masch 2023

ISSN 2682-9584

АВТОМАТИЗИРАН МЕХАТРОНЕН КОМПЛЕКС ЗА ОБРАБОТКА НА МАЛКИ ДЕТАЙЛИ ОТ МАСИВНО ДЪРВО

Татяна Андонова-Вакарелска
ТКС при ТУ - София
София, България
e-mail: vakarelska@tu-sofia.bg

Изабела Радкова
ФГП, Лесотехнически Университет
София, България
e-mail: izabelarad@abv.bg

Милчо Ташев
ФМУ, ТУ-София-филиал Пловдив
Пловдив, България
e-mail: m_tashev@tu-plovdiv.bg

Резюме: Докладът представя избор на ефективен автоматизиран електропневматичен мехатронен комплекс за осъществяване на логическо управление на изпълнителните механизми при обработка на малки ротационни детайли от масивна букова дървесина. Направен е синтез и анализ на различни варианти на решения за автоматизация на потока на детайлите при обработката на малки детайли от масивна дървесина. Описани са елементите, от които е изграден производственият комплекс, представена е схема на функционално разположение, показана е електрическата схема управляващата програма, реализирана на комплекса. Проведен е многокритериален анализ.

Ключови думи: автоматизиран мехатронен комплекс (АМК), ротационни детайли от масивна дървесина, логическо управление, контролер, многофакторен анализ.

I. Въведение

Автоматизацията на дискретното производство е свързана с решаването на сложени и многообразни инженерни проблеми. За всяка държава от важно значение е повишаването на жизнения стандарт, зависещо от нивото на развитие на индустрията й и степента на автоматизация. Това е възможно чрез прилагане на иновативни решения, нови технически решения и висока степен на автоматизация, производство на изделия с минимум човешки ресурси и високо качество.

Дървообработващата промишленост е отрасъл с голямо значение за българската икономика. В производствената практика е на лице голямо разнообразие от технологични процеси и операции, също и на решения за тяхното автоматизиране. При механичната обработка на изделия от масивна дървесина преобладават операциите с дискретен характер.

Производството се характеризира с голямо разнообразие на изделия с малка серийност и често пренастройване. Подходящи за автоматизирането на тези процеси и операции са автоматичните модул, клетки и комплекси осигуряващи висока производителност.

В условия на европейския пазар българските производители на детайли от масивна дървесина (мебели, дървени детски играчки, художествени изделия от дървесина и т.н.) се сблъскват с редица трудности, например: конкуренция в ценови аспект и качество, вложените суровини и материали трябва да са с висока безопасност, продукцията е с относително малки партиди и серийност, голямо разнообразие на формите и детайли с малки размери, завишени изисквания относно грапавост на повърхнините, точностни характеристики и др.

II. Изложение

A. Специфика на автоматизацията при дървообработването

За дигитализирането на производствените процеси и преминаването към Индустрия 4.0. е необходимо обединяването на усилията на експерти с интердисциплинарни знания и опит. Инженери по автоматизация, електротехника, измервателна и контролна техника и инженер-технолози могат успешно да внедряват автоматизацията на производствените процеси в дървообработващи и мебелни предприятия.

Ефективността на решенията за автоматизация зависят от определени изисквания, на които да отговарят:

- да позволяват увеличение на производителността на използваните машините и съоръженията;
- да водят до увеличаване на качеството на изделията и намаляване на брака;
- решението за автоматизация да е изгодно икономически, като се използват минимални човешки ресурси при многосменен режим на работа;
- да водят до социален ефект - намаляване на монотонния, вреден и тежък ръчен труд, като се сведат до минимум професионалните заболявания и злополуки;
- да позволяват да се пренастройва автоматизиращата техника за други видове изделия;
- автоматизираните съоръжения да работят без намесата на оператор продължително време;
- решенията да могат да участват в по сложни мехатронни системи;
- да позволяват използването на възможностите на компютърна техника и изкуствен интелект в структуриране на цялостния производствен процес.

Индустриалното производство на детайли за детски играчки от масивна дървесина се извършва от традиционни универсални и специализирани дървообработващи машини [21,22]. Механичната обработка на компонентите от масивна дървесина се реализира изцяло от операции, като струговане, фрезоване, пробиване на различни отвори, повърхностна обработка и др., с дискретен характер.

ISSN 2682-9584

Автоматизирането на такива дискретни технологични процеси и операции може да се осъществи чрез проектиране и внедряване на автоматизирани мехатронни комплекси, които включват програмируеми логически контролери и спомагащи за увеличаването на съществуващата производителност.

Върху автоматизираната обработка влияят редица фактори, като: форма, размери, физико-механични свойства на материала, маса и др.; обем на производствената програма; вид на технологичните операции и тяхната продължителност; конфигурация на работната зона и т.н. Съществува голямо разнообразие на детайли с помощта на които се компоноват разнообразни играчки от масивна дървесина (фиг. 1).



Фиг. 1. Компоненти за детски играчки

Важно значение има видът и характеристиките на дървесината от която се изработват детайлите. От избора зависи точно какви свойства ще придобие продуктът. Липа, бор, ела, бреза, смърч и бук са най-добрите материали.

В. Разработване и анализ на АМК

При автоматизацията на съществуващите машини и съоръжения потокът от детайли е предимно автоматизиран, като универсалните машини и полуавтоматите се превръщат в автомати. Задължително условие е осигуряването на автоматизиран работен цикъл на производствените звена. При планиране на ново автоматизирано производство на детски играчки от дърво се залага на проектиране на нови машини и оборудване, което се постига с въвеждането на иновативни автоматизирани технологии. Повишаването на степента на автоматизация се постига чрез внедряването на автоматизирани комплекси, които се състоят от специализирана производствена машина, извършваща конкретната обработка (основната операция) и периферните средства за автоматизация, осигуряващи изпълнението на спомагателните операции (фиг.2).

При разработването на ефективна автоматизирана мехатронна система за обработване на детайлите е важно определянето на автоматизирането потока на детайлите - съвкупност от манипулации с детайлите, които се извършват автоматично в пространството и времето за осигуряване автоматична работа на отделни машини, линии и комплекси за определен период от време без намесата на работника [1, 2].



Фиг. 2. Автоматично захранваща позиция

В промишленото производство на детски играчки от масивна дървесина навлиза създаването и използването на малки индустриални управляващи системи, изградени на базата на програмируемите логически контролери. Основните им характеристики са стандартният хардуерен ресурс, възможността за гъвкаво потребителско програмиране и препрограмиране.

Синтезирани са три варианта на електропневматични мехатронни системи за обработка на малки ротационни детайли от масивна дървесина, които включват програмируем логически контролер и работните органи на универсална и специализирана дървообработваща машина.

Въз основа на анализ на технологичния процес за производство са определени особеностите на автоматизиране на потока на детайлите на три варианта като в Таблица 1 са дадени получените резултати за оценка на вариантите чрез използване метода на безразмерните коефициенти.

ТАБЛИЦА 1 РЕЗУЛТАТИ ОТ ОЦЕНКА НА ВАРИАНТИ

Безразмерен коефициеунт Варианти	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Относителен коефициент K_{oi}
V_1	2	0,95	0,93	0,9	0,72	5,50
V_2	2	0,9	0,89	0,95	0,7	5,44
V_3	3	0,96	0,95	0,9	0,85	6,66

$K_{oi} = K_{oimax} = 6,66 \rightarrow V_3$ – оптимален вариант
K_1 – ръст на производителност
K_2 – коефициент на готовност
K_3 – коефициент на автоматизация
K_4 – коефициент на гъвкавост
K_5 – коефициент на концентрация

Като безразберни коефициенти (критерии) са използвани следните основни показатели:

ISSN 2682-9584

$$\begin{cases} K_1 = \beta \\ K_2 = K_\Gamma \\ K_3 = K_A \\ K_4 = (1 - K_G) \\ K_5 = 1/n \end{cases} \quad (1)$$

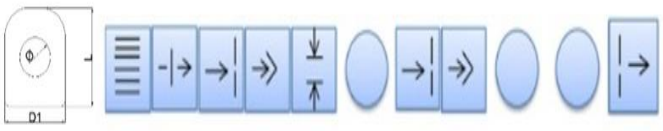
$$K_\Gamma = \frac{T_P}{T_P + T_B} = 0{,}96 \quad (2)$$

$$Ka = \frac{t_a}{t_a + t_p} = \frac{250}{250+15} = 0{,}95 \quad (3)$$

От анализа и оценката се установи, че оптимален е вариант 3 на АМС за детайли от дърво. Има максимален обобщен коефициент К01 = 6,66.

При производството на уникални и/или дребносерийни изделия най-подходящи са мехатронните комплекси, които включват програмируеми логически контролери. Основни техни характеристики са стандартния апаратен ресурс, възможността за гъвкаво потребителско програмиране и препрограмиране. При дискретните технологични процеси: разбичване, разкрояване, рязане, окрайчване, фрезоване, пробиване на отвори, изработване на специални форми, шлифоване, сглобяване, опаковане и складиране са създадени мехатронни системи, които включват програмируеми логически контролери, управляващи работните органи на универсалните или специализираните дървообработващи машини и автоматизиращи устройства, които осигуряват автоматизиран поток на детайлите [13, 20].

На фиг.3. е представена символната схема на манипулации и операции за обработка на ротационни обекти от масивна букова дървесина, извършвана от мехатронен комплекс с включен програмируем логически контролер.



Фиг. 3. Символна схема: съхранение; разделяне; подаване; позициониране (стягане); обработка 1; подаване (на детайла); позициониране; обработка 2 (струговане), обработка 3 (рязане); изнасяне

Компонентите на комплекса са: магазин-събирател; отсекател; приспособление за подаване; приспособление за затягане; механична обработка 1; приспособление за подаване; приспособление за позициониране и затягане; механична обработка 2; механична обработка 3; приспособление за изнасяне на детайла от работната зона на машината.

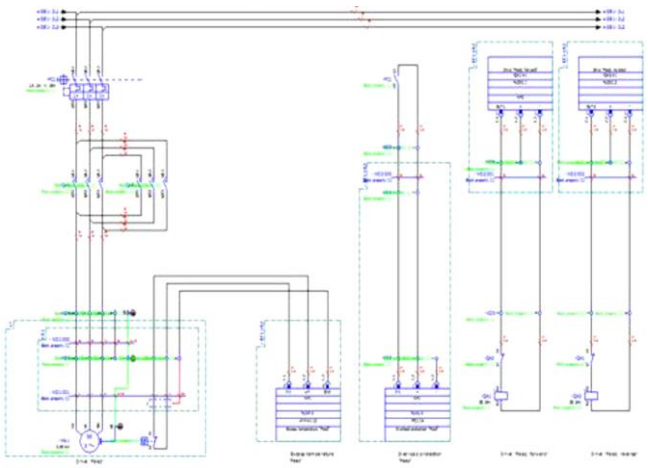
Резултатите от извършения анализ на технологичността на конструкцията на детайлите за детски играчки показват, че 80% от тях спадат към средна категория на сложност.

Това обуславя ниската автоматизационна дружелюбност на тези изделия, а именно автоматизирането на производството им е сложно и изисква специално организирани множество мероприятия по реализиране на техническа, материално-техническа и планово-организационна предварителна работа. Изделието може да се счита за технологично, ако са удовлетворени следните изисквания [4, 10,13, 19].

- В процеса на разработването му да се осигурят възможно минимални разходи за труд, материална и технологична стойност;
- В процеса на техническа подготовка на производството на дадено изделие да се осигурят минимални разходи за проектирането му и пренастройване на оборудването за пускане.

Тези изисквания към технологичността на изделието могат да се удовлетворят при използване на иновативни технологични процеси, типизация и унификация на конструктивните и технологични решения за автоматизация, икономически обоснован брой и вид материали, детайли и възли, специализация и кооперация на производството, повишаване на организационно-техническото ниво на предприятието въз основа на прогресивно техническо оборудване [5, 6, 7, 8].

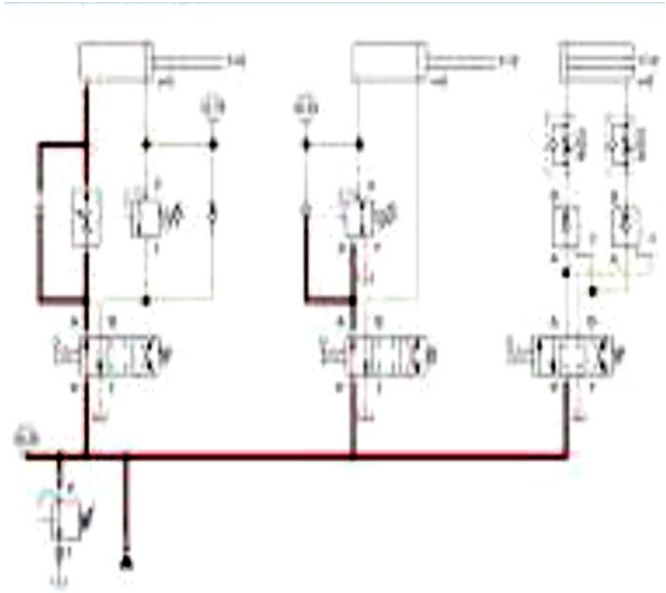
За създаване на електрическата схема на автоматизирания комплекс е използвана среда за програмиране "EPLAN" (фиг.4) [13,14]. Графичната електротехническа документация съдържа всички елементи, използвани за изработване на електрообзавеждането, правилното електрическо свързване на всички сензори и изпълнителни механизми.



Фиг. 4. Част от електрическа схема.

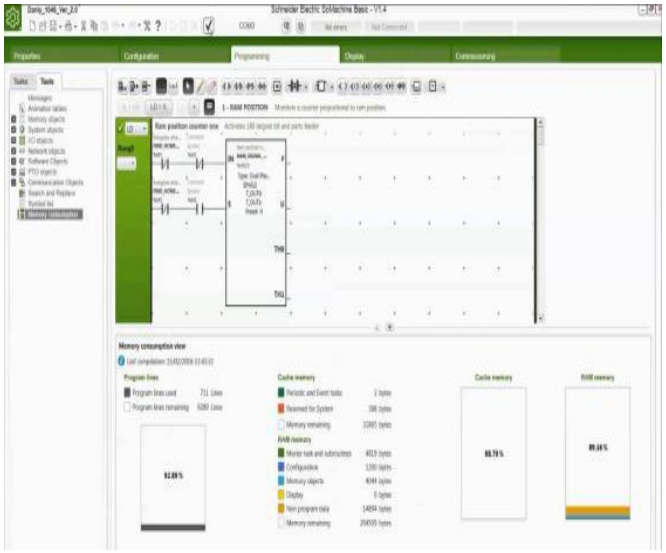
За създаване на пневматичната схема е използвана среда за програмиране "Fluid Sim" (фиг. 5) [13,15]. Тази среда за програмиране позволява симулация на избрания процес за своевременно отстраняване на грешки при проектирането. При съставянето на пневматичната схема трябва да се зададат всички разпределители и цилиндри с необходимата спецификация.

ISSN 2682-9584



Фиг. 5. Пневматична схема

За разработване на програмен код се използва специализиран софтуерен продукт за програмиране на логическия контролер, който дава възможност да се използват и външни устройства за различни визуализации. На фиг. 6. е представена примерна среда за създаване на програмен код за програмиране на контролери и периферия [13].



Фиг. 6. Среда за създаване на програмен код

III. МНОГОФАКТОРНА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА КОМПЮТЪРНА ПРОВЕРКА

За избраният вариант са проведени някои експериментални изследвания, като е определено влиянието на различни фактори. Приложената методика е подчинена на многофакторно ротатабилно изследване, като са определени нивата на влияещите фактори. Такива могат да бъдат дълбочина на рязане t, диаметър ∅, подаване s, обороти n и др.[10, 24]. В таблица 2. са дадени нивата на някои от факторите.

ТАБЛИЦА 2. ЦКРЕ 23 ФАКТОРИ И НИВА НА ФАКТОРИТЕ

Нива	**I фактор** X_1 – дълбочина на рязане [t]		II фактор X_2 – диаметър [∅]		III фактор X_3 – подаване [s]	
	Натурална стойност	Кодирана стойност	Натурална стойност	Кодирана стойност	Натурална стойност	Кодирана стойност
$X_{0i} + \alpha_i$	2,5	+ 1,683	250	+ 1,683	0,5	+ 1,683
$X_{0i} + J_1$	2	+ 1	200	+ 1	0,4	+ 1
X_{0i}	1,5	0	150	0	0,3	0
$X_{0i} - \alpha_i$	1	- 1	100	- 1	0,2	- 1
$X_{0i} - J_1$	0,5	- 1,683	50	- 1,683	0,1	- 1,683
J_1	$J_1 = 1$		$J_1 = 20$		$J_1 = 5$	

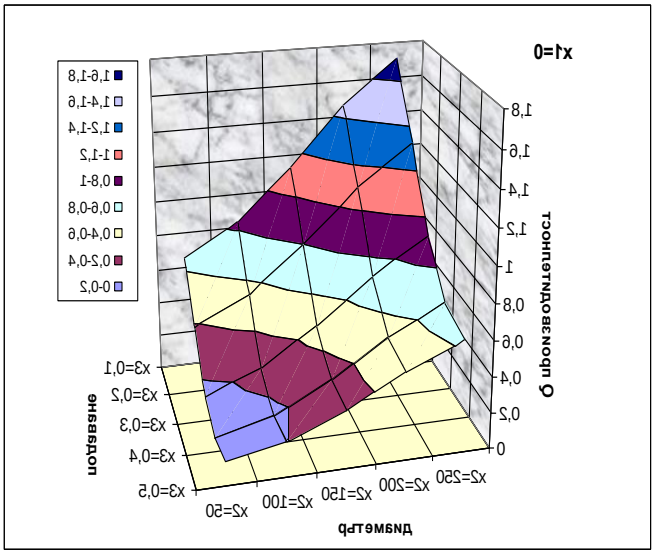
Ротатабилното планиране от втори порядък е широко приложимо в практиката. То се използва когато предварително е известна стационарната област.

Съставени са различни матрици за обработка на експерименталните данни. Параметъра на оптимизация е производителността, от която зависи ефективността на системата. В резултат на обработката на данните чрез метода на ротатабилния анализ е получен математически модел, описващ влиянието на факторите върху работата на АМК за обработка на ротационни детайли от дърво.

$$Y_R = b_0 + \sum_{i=1}^{n} b_i x_i + \sum_{i<j}^{n} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i-1}^{n} b_{ii} x_i^2 \qquad (4)$$

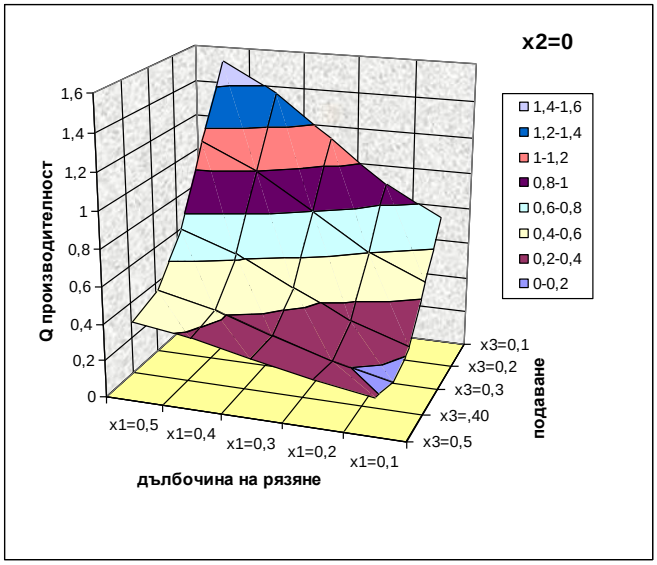
$$Q = 0,48 + 0,17x_1 + 0,25x_2 - 0,25x_3 + 0,08x_1x_2 - 0,07x_1x_3 - 0,07x_2x_3 + 0,04x_2^2 + 0,09x_3^2 \qquad (5)$$

Проверката за адекватност е извършена с помощта на критерия на Фишер. Таблична стойност на критерия е FT=4,95, а изчисленият параметър производителност е Q=4,23, т.е. изпълнено е условието за адекватност - Q< FT. Резултатите са обработени и във вид на 3D модели интерпретирани графично (фиг.7). Пресмятанията са извършени с помощта на програма, съставена под Microsoft Exsel и програма Solver.

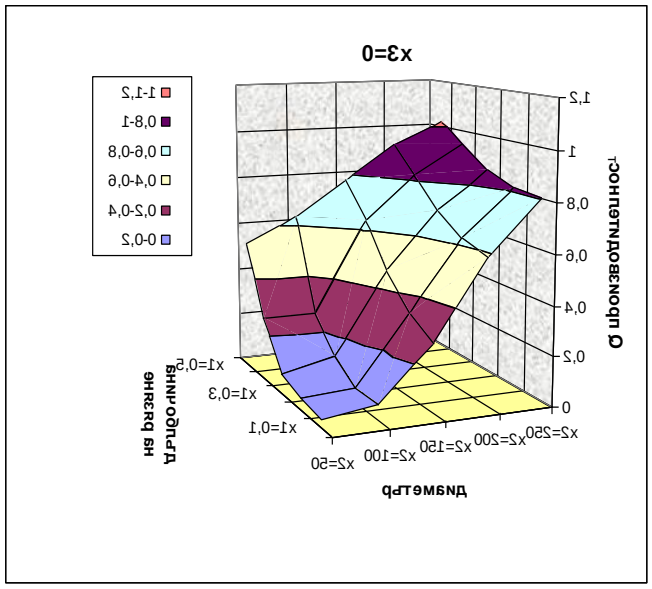


а)

ISSN 2682-9584



б)



в)

Фиг. 7. 3D графични модели определящи сеченията на влияещи фактори: а) x1=0; б) x2=0; x3=0;

IV. Заключение

- При производството на уникални малки серии продукти най-подходящи са мехатронните комплекси, които включват програмируеми логически контролери.
- Направен е синтез и анализ на различни варианти на решения за автоматизация на потока на детайлите при обработката на малки детайли от масивно дърво.
- Определен е оптимален вариант на АМК за производство на малки дървени детайли. За създадената мехатронна автоматизирана система, са изчислени показателите степен на автоматизация и ръст на производителността: A = 80%, λ = 7,2.
- В отделни технологични процеси: рязане, кантиране, фрезоване, изработване на специални форми, шлайфане, сглобяване др.и са създадени мехатронни системи, включващи програмируеми логически контролери, които управляват работните органи на дървообработващите машини и устройствата за автоматизация, осигурявщи автоматизиран поток от детайли.
- Използването на програмируеми логически контролери позволява повишаване качеството на получаваните продукти, увеличаване на производител-ността и ефективността на технологичните процеси при производството на детски играчки от масивна дървесина.
- Извършен е многофакторен анализ, като резултатите са обработени в аналитичен и графичен вид.

Използвана литература

[1] Chakarski D, Vakarelska T. Engineering studies, Publish House of Technical Uiversity of Sofia, 2008, ISBN 978-954-438-709-9.

[2] Chakarski, D, T. Vakarelska. Automation devices, IC of TU - Sofia, 2008.

[3] Shehtov Hr., Theoretical foundations and principles of structural construction of automated lines for mechanical processing of panel furniture details, MTK "ADP – 2015.

[4] Chakarski D, T. Vakarelska, R. Dimitrova. Technical and economic parameters of innovation projects on discrete production automation. Sp. Sustainable Development, no. 1, Varna, 2011.

[5] Genchev G., P. Obreshkov, Design and testing of woodworking machines, "BM" Publishing House, Sofia, 1998 ISBN 954-8563-14-2

[6] Todorov B.A., Drives of woodworking machines, Publishing house at LTU, Sofia, 2001, ISBN 954-8783-44-4

[7] Dimitrova R., Zhmud V, N. Petrov, J. Vakarelska T. , Study accuracy of a transportation system positioning of a test rig for automated mounting of luster terminals, 9th International Scientific Conference - Research and Development of Mechanical Elements and Systems (IRMES 2019), pp. 1-8, doi:10.1088/1757-899X/659/1/012031 ?

[8] Andonova-Vakarelska T., R. Venkov, Automated system for the production of solar collectors, Automation of discrete production, MNTK "ADP 2019", Publishing house of TU-Sofia, issue 1, July, 2019, Sofia, (99-104) , ISSN 2682-9584

[9] Dimitrova R., M. Kambushev, S. Biliderov, Method for design of special mechatronic devices and systems, XXIX МНТК „АДП – 2020”, Созопол, 29.06 – 02.07.2020 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.2/юли 2020 г., ISSN: 2682-9584,

[10] Bitzer T. Honeycomb technology: materials, design, manufacturing, appli- cations and testing. Kluwer Academic Pub2015.

[11] Chakarski D., P. Tomov, R.Dimitrova, T.Vakarelska,. Application of modern didactic media teaching of mechatronics. 12th International Conference - Standardization, Prototypes and Quality: A Means of Balkan Countries & #039; Collaboration, Kocaeli Univ, Izmit, TURKEY, 2015, ISBN:978-605-83983-0-6, 471-473

[12] Chakarski D., Malakov I. and c. 2015. Complex automation of discrete production. Chapter 1 Methods for design and engineering research of automated mechatronic systems in discrete production. TU-Sofia Publishing House, ISBN: 978-619-167-153-3, 5-24

[13] Chakarski D., Status and trends in the development of automation and robotics. Scientific Bulletins of the NTS in Mechanical Engineering, 2018., ISSN-1310-3946, year XXVI, issue 3/224, 4-11

[14] Dimitrov S., Programming and control of a volumetric dispenser, Automation of discrete production, MNTK "ADP 2019", Publishing house of TU-Sofia, issue 1, July, 2019, Sofia, (280-285), ISSN 2682-9584.

[15] Dimitrov S., Innovative electromechanical device for cutting ecobriquettes, XXIX MNTK "ADP - 2020", Sozopol,, Magazine "Automation of discrete production", issue 2, 2020, ISSN: 2682-9584

[16] Dimitrov S., D. Vasilev, Programming of a "PICK-AND-PLACE" device for removing assembled units from an automatic line, XXXII MNTK "ADP - 2023", Sozopol, Magazine "Automation of discrete production engineering ", issue 5, 2023, ISSN: 2682-9584.

[17] Sokolovski S., Staneva N. 2016. Additional load from radial misalignment of shafts at their Coupling. Innovation in woodworking industry and engineering design, 1/2016 (9): 63–70

[18] Vlasev V, Nikolov P., Camber G. 2019. A study of the run-out of band saw blades in band saw machines. Innovation in woodworking industry and engineering design, 1/2019 (15): 84–92

[19] Petrov P. 2014. Motion control in mechatronic systems. Textbook TU - Sofia, ISBN: 978-954-392-229-1

[20] Vakarelska T., Approbation of the methodology for experimental research and processing of the results in automated production, Scientific notices of the NTS on Mechanical Engineering, National Scientific and Technical Conference "ADP 2017", Year XXV, issue 2/217, Sozopol, 2017, p. (417 -422), ISSN 1310 394

[21] Chakarski D., S. Nikolov, T. Vakarelska and c. 2020. Complex automation of discrete production. Chapter - Experimental studies of automation technique. TU-Sofia Publishing House, p. (1 - 277), ISBN: 978-619-167-153-3, 5-24

[22] Kovatchev G, V. Atanasov ,Determination of vibration during longitudinal milling of wood-based materials, Acta Facultatis Xylologiae Zvolen, 2021 63(1):85-92 ISSN 1336-3824

[23] Atanasov V., G. Kovatchev, Determination of the cutting power during milling of wood-based materials, Acta Facultatis Xylologiae Zvolen, 2019, 61(1):93-101 ISSN 1336-3824.

[24] Vitchev P., D. Angelski, V. Mihailov, Influence of the processed material on the sound pressure level generated by sliding table circular saw. In Acta Facultatis Xylologiae Zvolen, 2019, 61(2):73-80, 2019, DOI:10.17423/afx.2019.61.2.07.

[25] Vakarelska T. , Modern aspects of the application of industrial robots in industry. "Avangard Prima" Publishing House, Sofia 2023.

AUTOMATED MECHATRONIC COMPLEX FOR PROCESSING SMALL DETAILS FROM MASSIVE WOOD

Tatyana Vakarelska
CEE of TU - Sofia
8, Kliment Ohridski St.
Sofia, Bulgaria
e-mail: vakarelska@tu-sifia.bg

Izabela Radkova
University of Forestry
10, Kliment Ohridski St.
Sofia, Bulgaria
e-mail: izabelarad@abv.bg

Milcho Tashev
FMU of TU-Sofia - Plovdiv branch
25 Tsanko Dyustabanov St
Plovdiv, Bulgaria
e-mail: m_tashev@tu-plovdiv.bg

Abstract: The report presents a selection of an effective automated electropneumatic mechatronic complex for implementing logical control of the executive mechanisms in the processing of small rotary details from solid beech wood. A synthesis and analysis of various solutions for automating the flow of details in the processing of small details from solid wood has been made. The elements from which the production complex is built are described, a diagram of the functional layout is presented, the electrical diagram of the control program implemented in the complex is shown. A multicriteria analysis was performed.

Key words: automated mechatronic complex (AMC), rotary parts of solid wood, logic control, controller, multifactorial analysis.

ISSN 2682-9584

РЕЦИКЛИРАНЕ НА МЕХАТРОННИ ИЗДЕЛИЯ. ПРИМЕРЕН МОДЕЛ ЗА РЕЦИКЛИРАНЕ НА ТИПОВО ИЗДЕЛИЕ – ПРАХОСМУКАЧКА

Стефан Къртунов
ТУ Габрово
Габрово, България
e-mail: skartunov@abv.bg

Петър Рачев
ТУ Габрово
Габрово, България
e-mail: ra4ev_petar@abv.bg

В статията се разглежда пример за рециклиране на мехатронни изделия – тип прахосмукачка по метода на Гънсбург. Описани са състоянието на изделието, съставните материали, детайлите и сглобяемите единици, групите преносими детайли (клъстери) и пресметната степента на рециклиране.

Ключови думи: рециклиране на мехатронни изделип, степен на рециклиране

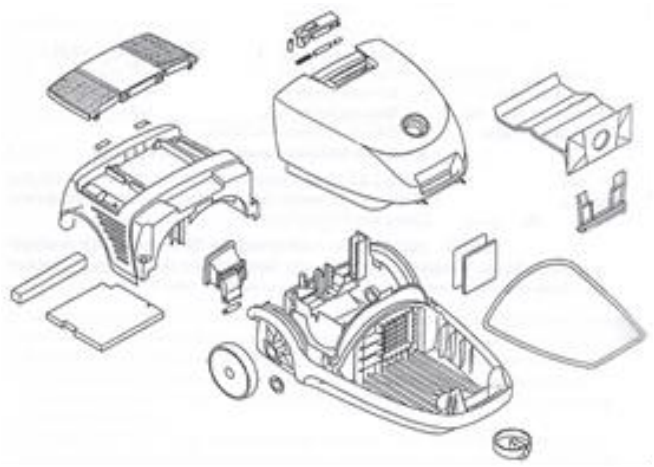
I. Увод

Определение за рециклиране - световната икономика е базирана на високо ниво на потребление на природни ресурси. Основните движещи сили на потреблението на ресурси са икономическият растеж, напредъкът на технологиите и промяната в моделите на потребление, производство и рециклиране. Според Агенцията за опазване на околната среда на САЩ, рециклирането е “Събиране, преработка, пласиране и повторна употреба на материали, окачествявани преди този процес като отпадъци” [1].

II. Изложение

A. Описание на изделието

Прахосмукачката е уред с обща маса 5-7 kg и се произвежда в серийно производство. Важните й съставни части са: базовата сглобяема единица с две колела и едно управляемо колело, която носи всички останали групи (рама); сглобяемата единица за смукане, която се състои от универсален двигател, турбина за въздуха от алуминий, както и детайли за зекрепване и уплътняване; тромел за кабела, състоящ се предимно от тромел (макара) за навиващия се мрежов кабел, контакт и пружина за обратно навиване; корпус на двигателя от пластмаса ABS с бутони за включване/изключване и шумозаглушител; капак, който заедно с базовата единица образува пространството за филтърната торбичка и носи изхода за тръбата на прахосмукачката и тръба, която се състои от огъващ се маркуч от пластмаса, две метални тръби и подова дюза. Всички части на прахосмукачката, както и типове модели, са показани на фиг. 1. и 2. Прахосмукачката, на която общата диаграма на материалите е показана на фиг. 3., се характеризира предимно с висок процент съдържание на пластмаси и мед. Конструктивни елементи, съдържащи материали, които се поразяват, не са налични. Съдържанието е: стомана 34,9%, мед (Cu) 13,0%, пластмаси ABS 21.80%, PP 19,1%, PA-FR 3,4%, PVC 2,8%, еластомер 1,5%, PC 1,1%, PE 0,7%, PETP0 3%, прах 0,7%, хартия 0,7%, други 0,1%.

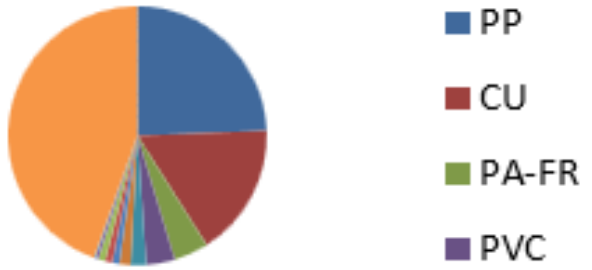


Фиг. 1. Съставни части на прахосмукачката



Фиг. 2. Външен вид на типове модели прахосмукачки на фирмите Елит, Албатрос, Бош, Ронсон и Ровента

ISSN 2682-9584



Фиг. 3. Диаграма на съдържанието на материали

Примерният модел на рециклиране използва т. н. „Материален баланс“ – раздробяване, което е модел на рециклирането на Гънсбург [1]. Като основна величина се приема „степента на рециклиране **v**”, която показва каква част от 1 kg материал се връща за рециклиране. За степен на рециклиране $\mathbf{v \geq 0,5}$ (0,5 – 50 %) се получава:

Фаза 1: v = 0, 5 kg

Фаза 2 v.v = 0.5. 0,5 = 0,25 kg

Фаза 3 v.v.v = 0,125 kg (0,125g)

Следователно: от 1 kg изходен материал се рециклира:

$$v + v^2 + v^3 + \ldots + v^n = \frac{v}{1-v} \quad (1)$$

$$0,5 + 0,25 + 0,125 + \ldots = \frac{0,5}{1-0,5} = 1 \quad (2)$$

Общият изходен достъпен материал е:

$$1 + \frac{v}{v-1} = \frac{1-v+r}{1-v} = \frac{1}{1-v} \quad (3)$$

Делът на първичния материал към общия използван е:

$$\frac{1}{1/1-v} = 1-v \quad (4)$$

B. Рециклиране на изделие - прахосмукачка

Изделието се оценява за рециклиране на две стъпки: анализ на материалите и средствата за откупуване и оценка на демонтажа. Определянето на годните и бракувани детайли се осъществява автоматично чрез първият анализ. Оценката на прахосмукачката показва, че от общо 45 детайли 10 са потенциална цел на демонтаж. Няма бракувани детайли, които са обект на оценка като материали. Това означава, че стойността на целия уред не е съществено допълнение при демонтажа на малцинството от материали. Целевите, стойностните детайли на прахосмукачката за откупуване са тези, които съдържат мед и различни пластмаси, показани в таблица 1.

Пресметнатият резултат показва, че преди всичко съдържащите мед детайли на прахосмукачката, особено двигателят, мрежовият кабел и големите детайли от пластмаса PP, носят печалба. Така показаните детайли и сглобяеми единици са достъпни в различни степени за демонтаж [2]. Капакът (изважда се от крепежните елементи за сглобяване), металната тръба (изтегля се) и мрежовият кабел (директно се изтегля и се отрязва) са добре достъпни.

Корпусът на двигателя се разглобява за повече време чрез три трудно достъпни винта. Не са предвидени специални места за закрепване. Освен това, две трудно достъпни и разглобяеми листови пружини под бутоните за обслужване възпрепятстват снемането на корпуса на двигателя и неговата употреба като пластмаса. Намиращите се под корпуса двигател и макара за кабела се разглобяват лесно, защото кабелът върви през шлиц на базовата рама. От тук могат да се направят конструктивни промени с преустройство на връзките, респективно структурата, за да се постигне по-добро разглобяване на споменатите закрепени детайли.

ТАБЛИЦА 1 ЦЕЛЕВИ ДЕТАЙЛИ И СГЛОБЯЕМИ ЕДИНИЦИ ЗА РЕЦИКЛИРАНЕ

Детайл/сгл. единица	**Откупуване, лв.**	**Използване**
Капак	0,70	ABS - употреба
Корпус на двигателя	0,66	ABS - употреба
Двигател	1,26	ТП – стандарт 1
Блок засмукване	0,74	ТП – стандарт 2
Долна част с колела	1, 42	PP - употреба
Базова рама	1,24	PP - употреба
Метална тръба	0,44	Стомана B
Мрежов кабел	1,14	ТП - кабел шредер
Мрежов кабел с щекер	1,06	Топене на мед <60%
Макара за кабела	0,60	ТП-комплекс е-скрап

Забележка: Цените са примерни и могат да се променят на борсата във времето.

За оценка на рециклирането се извършва анализ на сглобяемите единици (групите) като материално преносими детайли, наречени клъстери Пояснение е дадено в технологична схема на сглобяване в [1]. Детайлите на прахосмукачката биват подразделяни общо на 13 клъстери. С помощта на показаните в таблица 2. клъстери могат да бъдат образувани сглобяеми единици от материално преносими детайли. Най-важната разглобяема единица е една група от клъстер N: 5, чиито базов детайл съдържа входяшата дюза, колелата и тялото на управляемото колело. Всички те се включват в един клъстер и са от пластмаса полипропилен (PP).

Таблицата 2. показва една извадка от списъка на клъстерите в прахосмукачката, където 54 детайла участват в 13 клъстери. Примерът показва проблематиката на изделието с голямо разнообразие на материали. Така се създават клъстери с по-малки детайли или само с един детайл (например N: 1, 3, 7 и 9 до 12), защото няма зададена преносимост към други детайли. Резултатът от пресмятането на клъстерите може да се ползва при конструктивното преустройство на уреда. Така от клъстер N: 5 пластмасови детайли може да бъде образувана целево материална група за разглобяване. Освен това всички отделни детайли, преди всичко детайлите от клъстери N: 1 и 2, според техният материал да бъдат ориентирани към съседни групи на сглобяване, респективно пренасочени конструктивни групи. Мрежовият и свързващият кабел не са в един клъстер, въпреки че те попадат в един и същ процес на разглобяване и рециклиране.

ISSN 2682-9584

Това е поради различната им обвивка (съответно пластмасите поливинилхлорид PVC и PC/PVC), които при обща употреба ще бъдат смесени.

ТАБЛИЦА 1 ГРУПИ МАТЕРИАЛНО ПРЕНОСИМИ ДЕТАЙЛИ (КЛЪСТЕРИ) НА ПРАХОСМУКАЧКАТА

Клъстер	Съдържани сглобяеми единици и детайли
1. Стоманени закрепващи елементи	Винт VS 60 и ос
2. Стопилка B на желязо	Метална тръба, пружинни шайби, плоски пружини на корпуса на двигател
3. Стопилка мед (Cu)	Мрежов щекер
4. ABS - рециклиране	Капак, корпус на двигателя, макара за кабела, ролка, държач на филтъра, бутони за управление
5. PP - рециклиране	Входяща дюза, базовата рама, колелета, тялото на управляемото колело
6. PE - рециклиране	Пръстен от пластмаса - голям, табелка
7. Кондензатор - рециклиране	Кондензатор
8. ТП Разглобяване - стандарт 2	Дюза на дъното, тромел, ел. двигател
9. ТП Разглобяване – кабел шредер	Мрежов кабел
10. ТП разглобяване – кабел шредер	Свързващ кабел
11. Част C: твърди отпадъци за общинскоизгаряне	Хартиен филтър
12. Част D: твърди отпадъци за общинско изгаряне	Филтър за финния прах
13. Част E: твърди отпадъци за общинско изгаряне	Тръба от пластма-са, голям и малък гумени пръстени, уплътнение, гуми, ключ, заглушители 1 и 2, материал - пяна

Що се отнася до втората стъпка оценка на разглобяването трябва да се направи оценка на непроменената прахосмукачка и на оптимизираната такава и след това да се сравнят двата варианта технологични схеми (граф) на разглобяване [2].

Основните части, които определят общата стойност на откупуване са мрежовият кабел (намалява стойността на уреда), капакът и корпусът на двигателят я увеличават, а двигателят отново я намалява. Не се рециклира роторът. Така, че ако се сравни откупуването на разглобен и неразглобен вид балансът е 25,40 лв. за неразглобен към 10,20 лв. за разглобен оригинален уред и 25,90 лв. за разглобен оптимизиран уред. Друг ефект е, че се повишава степента на рециклирането „v“ (3, 4) от 67% (материали около 3 kg) на 84% (6,25 kg) при изделие с маса 7 kg поради употребата на долната част от пластмаса PP, която в стария вариант е трябвало да се изгаря. Общият икономически баланс за конструктивна промяна се получава от разходите за преустройство спрямо тези за настоящия уред и спестяванията за рециклиране (3). Информация за пресмятането му може да се види например в [3]. Освен тази икономическа оценка е важно и постигнатото спестяване на ресурси, които в серийно производство могат да се окажат доста големи и подобряването на свойствата за рециклиране на продукта.

III. ИЗВОДИ

Разработен е примерен модел за рециклиране на мехатронно изделие – прахосмукачка, което е оценено на две стъпки. Използван е известният модел на Гънсбург. Повишена е степента на рециклирането „v“. Моделът може да се прилага за различни модели прахосмукачки от този тип и подобни уреди.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Kartunov S., Technique and technologies for waste treatment, Gabrovo, UI “V. Aprilov”, 2014, ISBN 978-954-683-512-3, COBISS.BG-ID - 1268363492

[2] Kartunov S., P. Rachev, Technology of mechanical engineering and equipment construction, third revised edition, Gabrovo, UI „V. Aprilov”, 2009, ISBN 978-954-683-425-6

[3] Baier C., Progress reports VDI, Reihe 15, Darmstadt, 1998, ISBN 3-18-320815-6

RECYCLING OF MECHATRONIC PRODUCTS. SAMPLE PRODUCT RECYCLING MODEL - VACUUM CLEANER

Stefan Kartunov
TU Gabrovo
Gabrovo, Bulgaria
e-mail: skartunov@abv.bg

Petar Rachev
TU Gabrovo
Gabrovo, Bulgaria
e-mail1: ra4ev_petar@abv.bg

Abstract: The article deals with an example of recycling of mechatronic products - vacuum cleaner type according to the Gunsburg method. The condition of the product, the constituent materials, the details and the assembly units, the groups of portable details (clusters) and the calculated degree of recycling are described.

Key words: recycling of mechatronic waste, degree of recycling

ISSN 2682-9584

ПРОИЗВОДСТВО НА СВЕТОВОДИ И ВЪЛНОВОДИ В МЕХАТРОНИКАТА. ПРИМЕР ЗА КОНСТРУКТИВНА ЕДИНИЦА ЗА СГЛОБЯВАНЕ - СВЪРЗВАНЕ ВЪРХУ ЧИП НА ВЪЛНОВОД И СФЕРИЧНА ЛЕЩА

Стефан Къртунов
ТУ Габрово
Габрово, България
e-mail: skartunov@abv.bg

Диана Изворска
ТУ Габрово
Габрово, България
e-mail: dizvorska@gmail.com

Резюме: В доклада е представена задача за обучението по микро- и нанотехника за производство на световоди и вълноводи. Оразмерена е конструктивна единица за сглобяване на лазерен диод към световод с помощта на сферична леща. Анализирани са технологичните процеси за производство на фазовосвързани материали. Решени са задачи от упражнението за целта.

Ключови думи: световоди, вълноводи, конструктивна единица, технология

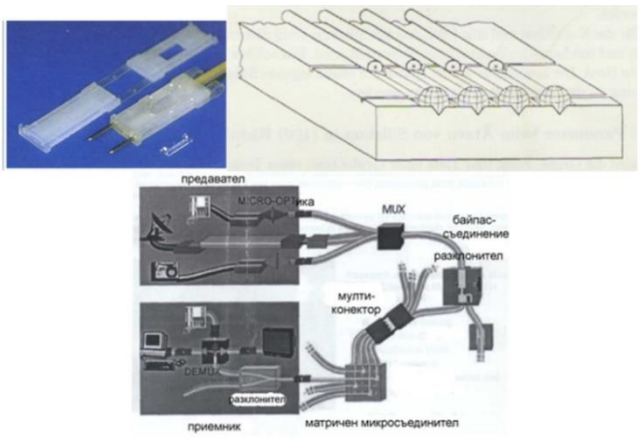
I. Увод

История на преноса на информация със светлина: Пренасянето на информация със светлина датира от дълбока древност. Помислете за слънчевия рефлектор и сигналните лампи, с които се е пренасял светлинно код на големи разстояния. Още през 1870 г. Александър Бел и Джон Тиндал правят опити за оптически телефон и за пренасяне на светлина във водна струя. Следващото развитие за пренос на информация с електрони през жичен проводник или чрез електромагнитни вълни през ефира не довело техниката с фотони до голям напредък. Едва през 1934 г. Норман Френч получава патент по темата:" Телефонизация със светлина посредством стъклени елементи". През 60-те години най-накрая се получиха модулируеми полупроводникови източници и подходящите за тях силициеви фотодетектори. През 1966 г. Чарлз Као открива световодите. След това през 1970 г. той произвежда първите светловълнови проводници (LWL), със степенен показател на пречупване, стъпаловиден профил и 20 dB/km затихване. Още през 1972 г. вече е достигната стойност от около 4 dB/km с новите влакна с градусен профил. Развитието на все по-добри източници, детектори, кабели и щепселни съединения довежда до стремително използване на новите медии. Днес, около 50 години по-късно, техниката със световоди е широко застъпена в милионите положени километри оптичен кабел, предимно единични влакна със затихване от около 0,1 dB/km. Пренасянето на сигнал с оглед на все по-нарастващите скорости на пренасяне на данни по телефона без тези елементи е немислимо.

II. Изложение

A. *Постановка на задачата*

Обучението по микро- и нанотехника включва лекции по дисциплината от [1] и ръководството за упражнения към нея. Целта на една от задачата, предлагана тук, е оразмеряване на конструктивната единица за сглобяване на лазерен диод към световод с помощта на сферична леща, показана на фиг.1. и анализиране на технологичните процеси и операции за целта. Елементите на сглобяемата единица се подреждат върху силициева интегрална схема. Необходимите вдлъбнатини за позициониране и разполагане на елементите се създават посредством анизотропно ецване в равнината (100) на кристала. Изчисляват се големините на силициевите вдлъбнатини за приемането на сферичната леща и световода, като подреждането на елементите върху основата се базира на законите на оптиката. В края на упражнението се получава план на метода за производството на тази конструктивна единица.



Фиг. 1. Външен вид и скица на съединител за оптични световоди. Подреждане на силициеви лещи и световоди. Микрооптичен съединител за лазерен диод и световод

B. *Технологични процеси за производство на фазовосвързани материали*

Технологичните процеси за производство на фазовосвързани материали се разделят основно на [2].

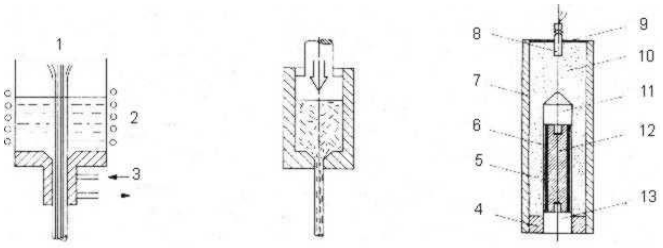
- преки (за съществуващи полуфабрикати);
- индиректни (за производство на материалите в единен процес).

Преките процеси от своя страна се подразделят на:

ISSN 2682-9584

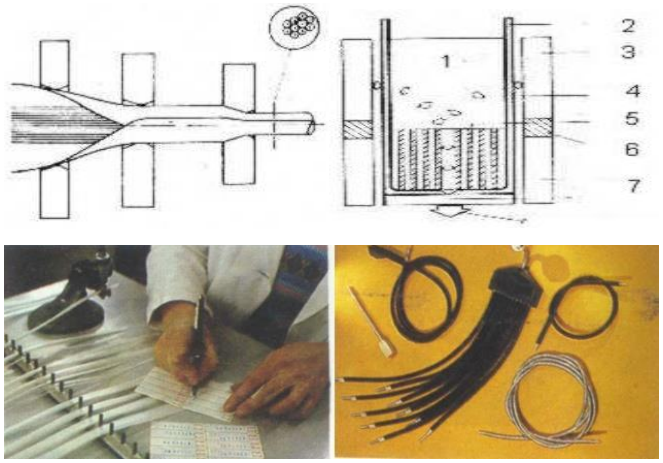
- метод за производство на платна, усилени с фазовосвързани композити;
- метод за производство на световоди от фазовосвързани материали.

Методът за производство на усилени платна е показан в [1, фигура 3. 35].



Фиг. 2. Операции за производство на световоди от фазовосвързани материали: 1-сноп-фазер, 2-стопилка, 3-вода, 4-пръстен от изкуствен материал, 5-фолио-фазер, 6-тръба, 7-тръба от изкуствен материал, 8-капсул детонатор, 9-пръстен, 10-материал, 11-глава, 12-ядро, 13-упор

Вторият пряк метод за производство на световоди от фазовосвързани материали се провежда в последователността: след вертикално инфилтриране на снопа през разтопена по индуктивен начин структура се прилага операцията пресоване за получаване на непрекъснат световод от материал с единна структура. На фигура 2. са посочени операциите при метода за производство на световоди, а в дясно са дадени примери за оптични световоди и кабели за светлина от стъклофазери [2].



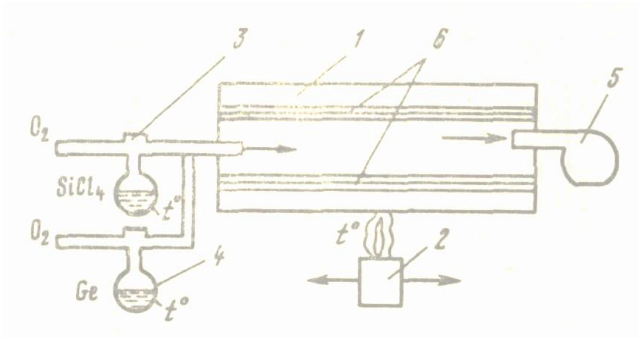
Фиг. 3. Изтегляне и втвърдяване на сноп от фазовосвързан материал: 1-стопилка, 2-тигел, 3-подгряване, 4-поток, 5-фазово разстояние d в твърдото тяло, 6-изолация, 7-охлаждане

Индиректният метод е предназначен за промяна формата на нишки, обвити с обща обвивка (сноповоди). Самото изработване на снопа става чрез целенасочено втвърдяване на евтектичната смес. Механизмът на втвърдяване и изтегляне през дюзи е даден на фигура 3.

C. Технологични процеси за производство на оптични влакна от фазовосвързани материали с къси влакна

Технологичният процес за получаването им се състои от операциите (фигура 4):

- отделяне в газова среда;
- редукция на металохалогенидите;
- електролитно отлагане.



Фиг. 4. Химично утаяване в газова фаза: 1-опорна тръба, 2-нагревател, 3-хлориран кварц, 4-германий, 5-изсмукване,6-утаяван слой

Пример за редукция (заместване) на металохалогенид: след химическото свързване халогенидът се изпарява при температура между 400 и 900о С и се редуцира в газова среда с кислород. Полученият метал кондензира по стената на реакторната камера, утаява се и може да бъде събран. Получават се т. н. W-тип оптически влакна с двойна оптична обвивка и дисперсия около 1,3 μm [2].

D. Производство на тънки оптични влакна

Технологичният процес за производство на тънки, непрекъснати влакна за световоди и вълноводи включва операциите:

- пластично деформиране в твърдо състояние;
- химична реакция;
- деформиране в течно състояние.

Деформирането в твърдо състояние се осъществява по метода на конвенционалното изтегляне през дюзи, наричан често в специализираната литература "Brunswick"-метод [2]. Получаваният минимален диаметър на изтегляното влакно се определя от превъзходните свойства на материала за целта и преходите на изтегляне и достига 5 μm. За премахване на наклепа влакното се валцова през течност. На фигура 5. е показан принципът на пластично деформиране в твърдо състояние.

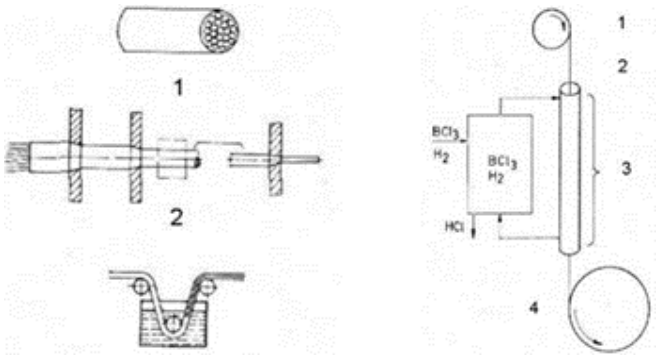
Предпоставка за осъществяване на химичната реакция при производството на непрекъснати влакна от фазовосвързан композит на борова основа се явява подложката от волфрамови влакна и загряването им до температура 1100о С по електросъпротивителен начин. Реакцията е термично заместване на бора в среда от водород и често в практиката се нарича химична реакция (CVD-метод) по формулата:

$$2\ BX\lambda 3 + 3\ H2 = 2\ B + 6\ HX\lambda \qquad (1)$$

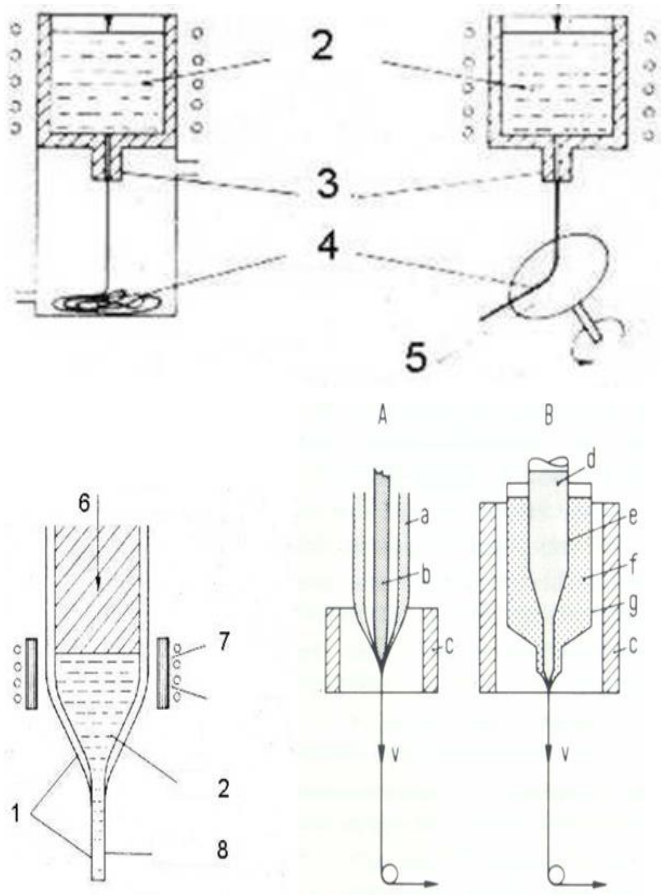
Скоростта на отлагане е 2-3 μm/s, а дебелината на получавания слой - около 40 μm. На фигура 5. е представена и принципна схема на протичане на операцията. Деформирането в течно състояние може да се осъществи по метода изтичане на стопилка през дюза и по метода на Тейлор [2]. Стопяването на материала се осъществява по индукционен начин.

ISSN 2682-9584

Фигура 6. онагледява получаването на влакно чрез деформиране в течно състояние. В дясно са посочени принципните схеми за производство на световод от стъкло-ядро и стъкло-обвивка по метода пръчка-тръба (А) и по метода с двоен тигел (В). Разликата е, че при метод (В) се стопяват и двата вида стъкло в отделни тигели, преди да бъдат изтегляни едновременно през концентрична двойна дюза [2].



Фиг. 5. Изтегляне на непрекъснато влакно през дюзи (в ляво). Химична реакция за производство на влакно от композит на борова основа: 1-изходна комбинация, 2-дефор-миране**;** 1-макара за подаване, 2-волфрамова нишка, 3-зона на реакцията, 4-макара за навиване на нишката



Фиг. 6. Деформиране в течно състояние чрез индукция и метод на Тейлор 1-стъклообвивка, 2-стопилка, 3-дюза, 4-влакно, 5-охлаждащ диск, 6-изходна пръчка, 7-бобина за индукционно нагряване, 8-микровлакно, a-стъклена тръба, b-стъклена пръчка, c-пещ, d-стопилка-ядро, e-вътрешен тигел, f-стопилка-обвивка, g-външен тигел

E. Конструктивни пресмятания

Трябва да бъде сглобена предавателна единица за светлина върху силициева подложка. Предавателната единица се състои от компонентите лазерен диод , сферична леща и единичен световод. Светлината на лазерния диод трябва да се свърже към световода. Ако световодът се свърже директно към лазерния диод, то в него би се използвала само една част от мощността на лазерния диод. Причината за това е, че светлината на лазерния диод се излъчва под голям ъгъл, а светлината, която може да провежда световода, трябва да се излъчва под малък ъгъл. По тази причина трябва да се напасва големината на лъча, което в това упражнение се постига посредством сферична леща. По този начин чувствително се завишава ефективността (к.п.д.) на свързването. Като основа за сферичната леща и световода трябва да послужи силициев чип, който се произвежда посредством анизотропно ецване и микро-механична обработка. Такава подложка се нарича микрооптична банка. По-късно би трябвало в съответствие с пресмятането лазерният диод да се позиционира върху собствена подложка с определен ъгъл към сферична леща.

Задача 1: Описание на параметрите при ецване на силиций в направление на (100) равнина. Как се определят големината, формата и дълбочината на една вдлъбнатина, респективно канал при ецване на силиций в направление (100)?

Параметрите при ецване на силиций в направление на равнина (100) са [1]:

- температура – от 20° до 180° С в зависимост от разтвора.
- концентрация на разтвора – калиева основа (KOH).
- скорост на ецване – 0,1μm / min.
- коефициент на ецване
- AR = h/b - отношение на височината на ецваната структура към широчината i.
- - полагане на маски за ецване.
- - използване на реагенти за регулиране на скоростта

Големината и формата на структурата или канала се определят чрез предварително направени подходящи изчисления, а дълбочината зависи пряко от дебелината на силициевата подложка

Задача 2: Изчисляване широчината B и дълбочината T на силициева V-образна структура. По какъв начин V-образна структура може да се ецва в силиция в направление на (100) равнина? Каква е зависимостта между широчината B и дълбочината T?

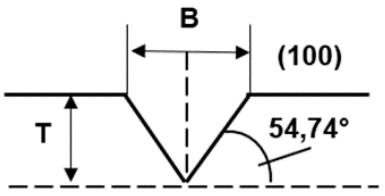
За да намерим зависимостта на широчината B от дълбочината T , разглеждаме V- образната структура, показана на фигура 7, като равнобедрен триъгълник, изобразен на фигура 8, в който дълбочината T се явява височина и ъгъл α, който е известен.

ISSN 2682-9584

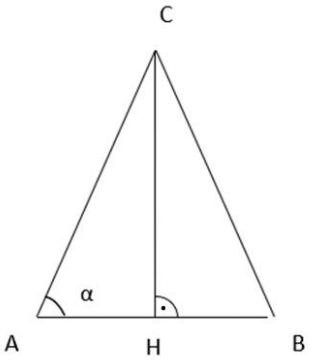
⟨ = 54,74° , B=AB

$$\tau\gamma\langle = XH/AH = T/B/2 \quad (1)$$

B = 2T/τγ⟨



Фиг. 7. V-образна структура, ецвана в силиций

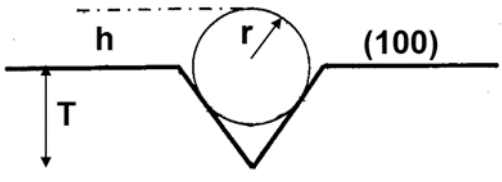


Фиг. 8. Равнобедрен триъгълник

Задача 3: Оразмеряване на силициева - V-образна и структура за световод

Един световод трябва да бъде положен в силициева - V-образна вдлъбнатина. Изчислете математическата зависимост между широчината B на вдлъбнатината, височината h, с която световодът излиза над подложката и радиуса r на световода: B=f (r, h) Световодът лежи, както е изобразено на фигура 9, на ецваните странични профили, а не на ръба!

За да се намери зависимостта на широчината B като функция от височината h и радиуса на световода r, се разглежда V-образната структура от фигура 10. Тя се изобразява като равнобедрен триъгълник - фигура 8, с височина H = h + T и известни ъгли – α = 54,74°, β = 70,52°, в който може да се впише окръжност с радиус r.

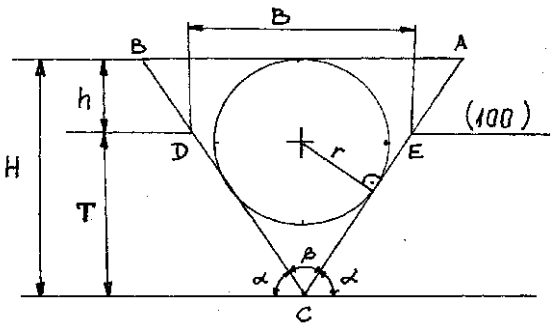


Фиг. 9. Световод във V-образна вдлъбнатина

От ACH- правоъгълен се намира зависимостта:

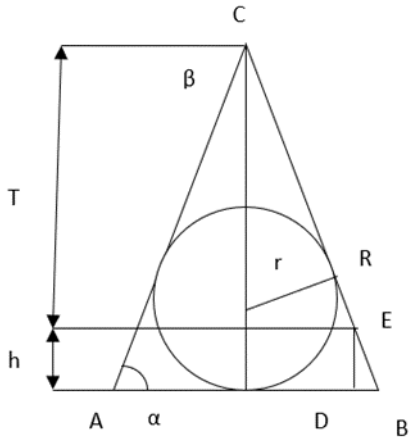
$$AC = BC = \frac{AB}{2\cos\alpha}$$

$$AC = BC = \frac{AB}{2\cos\alpha} \quad (2)$$



=

Фиг. 10. V-образна структура



Фиг. 11. Равнобедрен триъгълник

От формулите за лице на триъгълник се намира зависимостта между височината H и радиуса на окръжността r :

$$S = \frac{c.h_c}{2} = \frac{(a+b+c).r}{2}$$
$$c.h_c = (a+b+c).r \quad (3)$$

$$c.h_c = \left(\frac{2c}{2\cos\alpha} + c\right).r = c.r\left(\frac{1+\cos\alpha}{\cos\alpha}\right)$$

$$H = h_c = h + T = c.r.\left(\frac{1+\cos\alpha}{\cos\alpha}\right) \quad (4)$$

Тъй като разглежданият триъгълник е с основа, която се намира на разстояние h от основата на структурата, то за широчината на структурата B трябва да се вземе предвид, че:

B = AB □ 2.ΔB

$$DB = \frac{h}{2tg\alpha}$$

ISSN 2682-9584

$$B = \frac{2T-h}{tg\alpha} = \frac{2c.r\left(\frac{1+\cos\alpha}{\cos\alpha}\right)-h}{tg\alpha} - \frac{h}{tg\alpha} = \frac{2r}{tg\alpha}\left(\frac{1+\cos\alpha}{\cos\alpha}\right)-h \quad (5)$$

III. Изводи

- Решена е задача за оразмеряване на конструктивна единица за сглобяване на лазерен диод към световод с помощта на сферична леща.
- Анализирани са технологичните процеси за производство на фазовосвързани материали.

Използвана литература

[1] Kartunov S., Technological foundations in mechatronics, micro- and nanosystem engineering, Gabrovo, UI „V. Aprilov", 2012, ISBN 978-954-683-482-9, p. 383, COBISS.BG-ID – 1259450340.

[2] Kartunov S., Change the properties of Materials. Phase-Related Materials with an Emphasis in Mechatronics, San Francisco, Irish Publishers, Journal Modern Concepts in Material Science, 2023, Volume 5, Issue 3, ISSN 2692-5397, p. 1-9, DOI: 10.33552/MCMS.2023.05.000611.

[3] Schlaak H., Manuscript for lectures, Darmstadt, 2000

MANUFACTURING OF LIGHTGUIDES AND WAVEGUIDES IN MECHATRONICS. EXAMPLE OF ASSEMBLY UNIT - ON-CHIP CONNECTION OF WAVEGUIDE AND SPHERICAL LENS

Stefan Kartunov
TU Gabrovo
Gabrowo, Bulgaria
e-mail: skartunov@abv.bg

Diana Izvorska
TU Gabrowo
Gabrovo, Bulgaria
e-mail: dizvorska@gmail.com

Abstract: The paper presents a task for training in micro- and nanotechnology for the production of optical fibers and waveguides. A structural unit for assembling a laser diode to a light guide using a spherical lens is dimensioned. The technological processes for the production of phase-connected materials are analyzed. Tasks from the goal exercise have been solved.

Key words: lightguides, waveguides

ISSN 2682-9584

COMPARISON OF FLIGHT CHARACTERISTICS OF TRICOPTER AND QUADROCOPTER

Martin Kambushev
Bulgarian air force academy
"Georgi Benkovski"
Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: m_kambushev@yahoo.com

Abstract: The report shows results of parallel simulation of quadcopter and tricopter nonlinear models controlled with PID controllers. This publication is part of a research whose goal is to find the optimal configuration (tricopter, quadcopter, octacopter, etc.) in terms of flight stability and energy efficiency.

Keywords: tricopter, quadcopter, energy efficiency, sustainability.

I. INTRODUCTION

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are widely used in the civil and military spheres. The civil purpose of the various types of UAVs is in agriculture, fishing, forestry, mapping, energy, geology, construction, media, transport sector, etc. The use of UAVs in the military field, especially since the outbreak of the war in Ukraine, has become mandatory to achieve success on the battlefield. Despite the huge spread and application in many spheres of human life, UAVs are not perfect and many optimizations are ahead in terms of flight stability, duration and energy efficiency. This publication is part of a study that will compare the characteristics of different types of copters [1]. The first study is on the properties of a tricopter and a quadcopter with the same engines and dimensions. The aim of the research is to determine the optimal configuration in terms of sustainability and energy efficiency.

II. MATHEMATICAL MODELS OF TRICOPTER AND QUADROCOPTER

The differences in the mathematical models of a tricopter and a quadcopter are in the number and location of the engines. To develop them, Euler's differential equations are used for the change in the amount of motion and the change in the kinetic moment[2].

In order to be able to analyze the properties of the tricopter and quadcopter, the same engines were used in the creation of the mathematical models of the two objects. The weight of both models is the same - 2.5 kg. This corresponds to a class 450 UAV copter.

The lift and reactive force created by each engine is calculated using formula 1. The angular velocity of the rotor i, denoted ω_i , creates an axial force f_i. The angular velocity and acceleration of the rotor also create a reactive moment about the rotor axis.

$$\begin{aligned} f_i &= k\omega_i^2, \\ \tau_{M_i} &= b\omega_i^2 + I_M\dot{\omega}_i, \end{aligned} \tag{1}$$

where:

k is the constant proportional to thrust,

b is a constant proportional to the reactive moment;

I_M is the moment of inertia of the rotor.

Usually, the effect of the change in angular velocity - ω_i is considered small, and is therefore omitted.

A. Mathematical Model of Tricopter

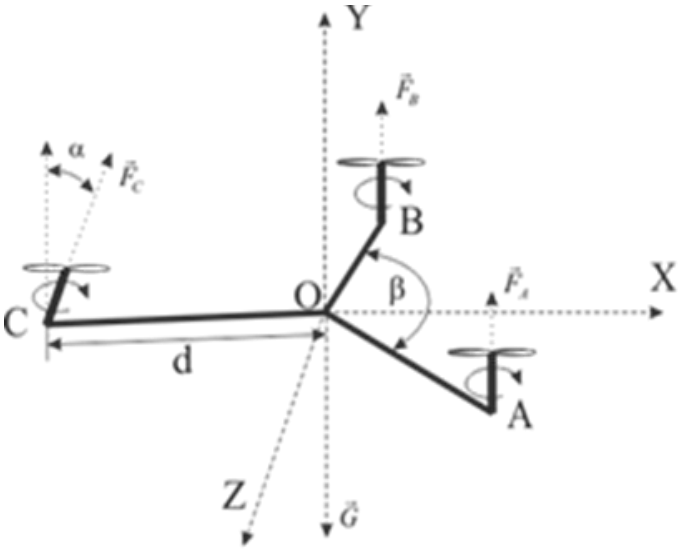


Fig. 1. The distribution of external forces and moments acting on a tricopter

The origin of a connected coordinate system is located at the center of mass of the tricopter (p. O) [3].

The incremental movement of the tricopter is described by the following expressions:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_x \\ \dot{V}_y \\ \dot{V}_z \end{bmatrix} = \frac{1}{m}\begin{bmatrix} -G.sin(\vartheta) \\ f_A + f_B + f_C - G.cos(\gamma)cos(\vartheta) \\ f_C sin(\alpha) + G.sin(\gamma)cos(\vartheta) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & -\omega_z & \omega_y \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix}. \tag{2}$$

The rotation about the axes of the coupled coordinate system is described by:

ISSN 2682-9584

$$\begin{bmatrix}\dot{\omega}_x\\ \dot{\omega}_y\\ \dot{\omega}_z\end{bmatrix} = \begin{matrix}\frac{1}{I_{xx}} & 0 & 0\\ 0 & \frac{1}{I_{yy}} & 0\\ 0 & 0 & \frac{1}{I_{zz}}\end{matrix}$$

$$(f_A - f_B).sin\left(\frac{\beta}{2}\right)d$$

$$f_c sin(\alpha)d - \left(\tau_{M_A} + \tau_{M_B} + \tau_{M_C}.cos(\alpha)\right) -$$

$$\left[(f_A + f_B).d.cos\left(\frac{\beta}{2}\right) - f_C.cos(\alpha).d + \tau_{M_C}.sin(\alpha)\right]$$

$$-\begin{bmatrix}0 & -\omega_z & \omega_y\\ \omega_z & 0 & -\omega_x\\ -\omega_y & \omega_x & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_{xx} & -I_{xy} & -I_{xz}\\ -I_{yx} & I_{yy} & -I_{zx}\\ -I_{zx} & -I_{yz} & I_{zz}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\omega_x\\ \omega_y\\ \omega_z\end{bmatrix}, \quad (3)$$

where:

f_A, f_B, f_C – lift forces created by the three engines;

$\tau_{M_A}, \tau_{M_B}, \tau_{M_C}$ – reactive moments of the three engines;

m – weight;

d - distance from the center of mass (O) to each of the engines;

G– force of gravity;

V_x, V_y, V_z – velocities along the axes of the coupled coordinate system;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – angular velocities about the axes of the coupled coordinate system;

I_{xx}, I_{yy}, I_{zz} – principal moments of inertia;

I_{xy}, I_{yz}, I_{zx}, ... – cross moments of inertia;

B. Mathematical Model of Quadcopter

The origin of a coupled coordinate system is located at the center of mass of the quadcopter (point O) [4].

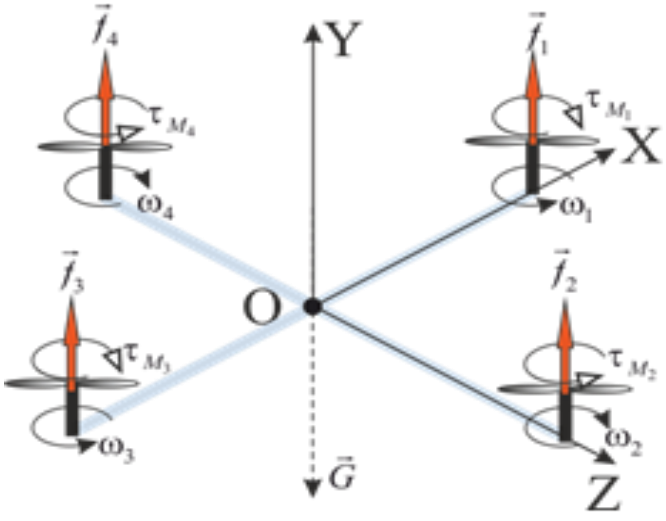


Fig. 2. The distribution of external forces and moments acting on a quadcopter

The incremental motion of the quadcopter is described by the following expressions:

$$\begin{bmatrix}\dot{V}_x\\ \dot{V}_y\\ \dot{V}_z\end{bmatrix} = \frac{1}{m}\begin{bmatrix}-G.sin(\vartheta)\\ f_1 + f_2 + f_3 + f_4 - G.cos(\gamma)cos(\vartheta)\\ G.sin(\gamma)cos(\vartheta)\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}0 & -\omega_z & \omega_y\\ \omega_z & 0 & -\omega_x\\ -\omega_y & \omega_x & 0\end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}V_x\\ V_y\\ V_z\end{bmatrix}. \quad (4)$$

The rotation about the axes of the coupled coordinate system is described by:

$$\begin{bmatrix}\dot{\omega}_x\\ \dot{\omega}_y\\ \dot{\omega}_z\end{bmatrix} = \begin{matrix}\frac{1}{I_{xx}} & 0 & 0\\ 0 & \frac{1}{I_{yy}} & 0\\ 0 & 0 & \frac{1}{I_{zz}}\end{matrix}\left[\begin{bmatrix}h(f_4 - f_2)\\ \tau_{M_1} - \tau_{M_2} + \tau_{M_3} - \tau_{M_4}\\ h(f_1 - f_3)\end{bmatrix} - \cdots -\right.$$

$$\left.\begin{bmatrix}0 & -\omega_z & \omega_y\\ \omega_z & 0 & -\omega_x\\ -\omega_y & \omega_x & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_{xx} & -I_{xy} & -I_{xz}\\ -I_{yx} & I_{yy} & -I_{zx}\\ -I_{zx} & -I_{yz} & I_{zz}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\omega_x\\ \omega_y\\ \omega_z\end{bmatrix}\right] \quad (5)$$

where:

f_1, f_2, f_3, f_4 – lift forces created by the four engines;

$\tau_{M_1}, \tau_{M_2}, \tau_{M_3}, \tau_{M_4}$ – reactive moments of the four engines;

m – weight;

h - distance from the center of mass (O) to each of the engines;

G– force of gravity;

V_x, V_y, V_z – velocities along the axes of the coupled coordinate system;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – angular velocities about the axes of the coupled coordinate system;

I_{xx}, I_{yy}, I_{zz} – principal moments of inertia;

I_{xy}, I_{yz}, I_{zx}, ... – cross moments of inertia;

III. PARALLEL SIMULATION OF THE NONLINEAR TRICOPTER AND QUADROCOPTER MODELS

In fig. 3 shows a block diagram in Simulink containing:

- the non-linear models of Tricopter and Quadcopter;
- PID [5, 6] the regulators for the channels controlling the height, as well as the angles determining the spatial position of the objects – ψ, γ, θ.

Figures 4, 5 and 6 show the variation of the heading, roll and pitch angles of the two models in their parallel simulation. The simulation starts with zero initial conditions for both objects. The desired values of the three angles and the height are the same for the tricopter and quadcopter.

From fig. 4 and fig.8 it can be seen that the slow establishment by the quadcopter of the desired course (0^°) leads to a greater deviation. Fig. 6 and Fig. 7 show the faster and with less readjustment, on the part of the quadcopter, reaching the desired pitch angle.

ISSN 2682-9584

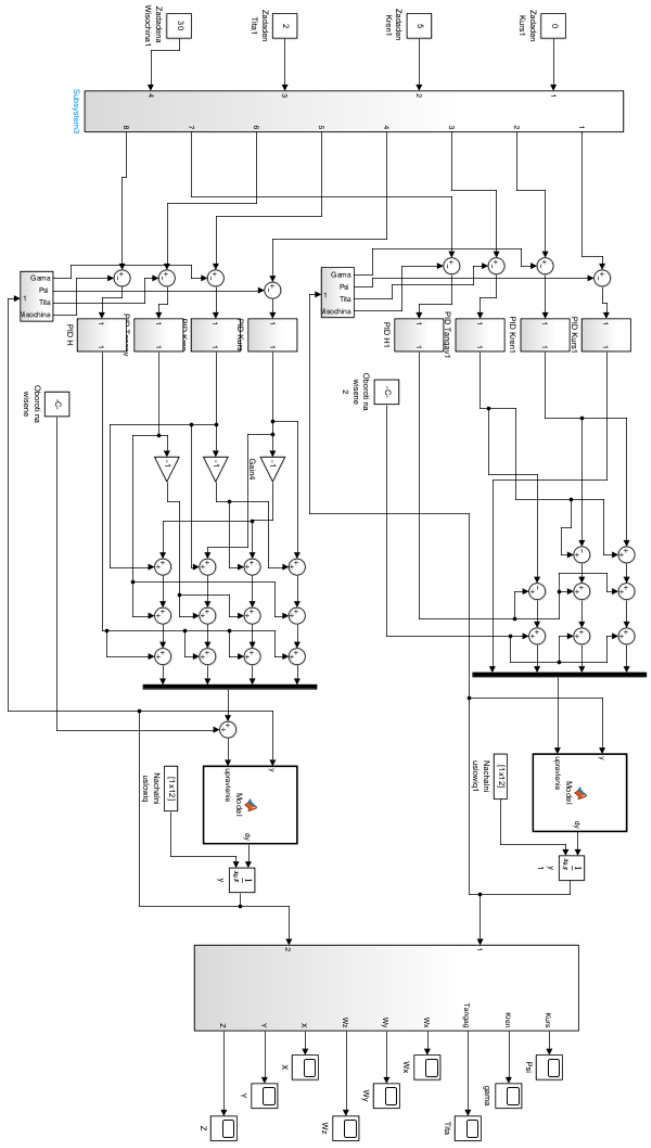


Fig. 3. Block diagram in Simulink providing the parallel simulation of tricopter and quadcopter

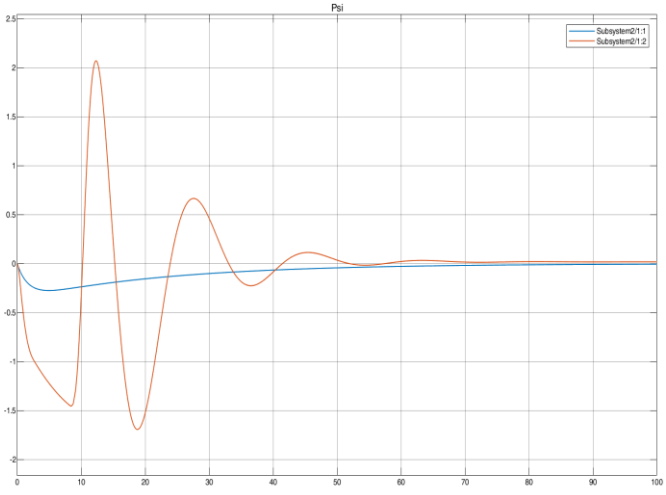


Fig. 4. Changing the course of the Tricopter (blue) and Quadcopter (red)

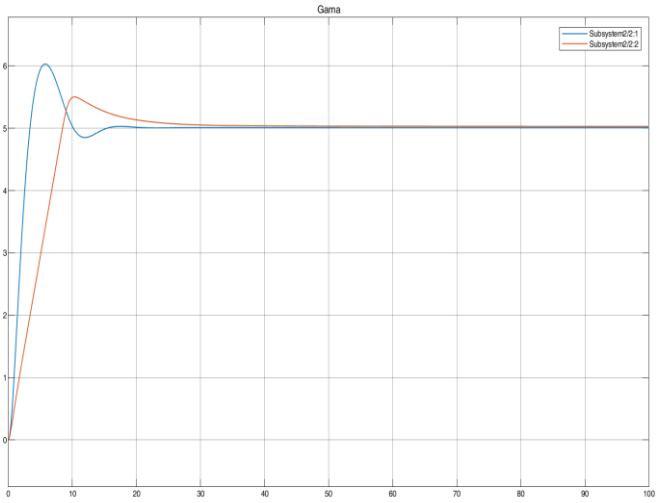


Fig. 5. Changing the roll of the Tricopter (blue) and Quadcopter (red)

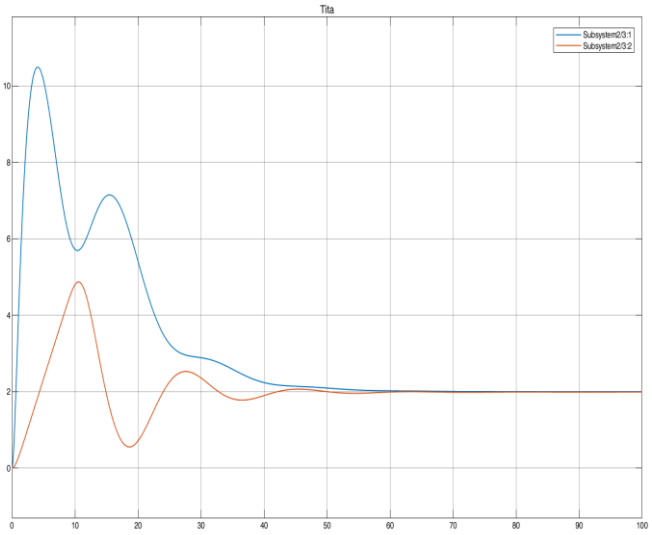


Fig. 6. Tricopter (blue) and Quadcopter (red) pitch change

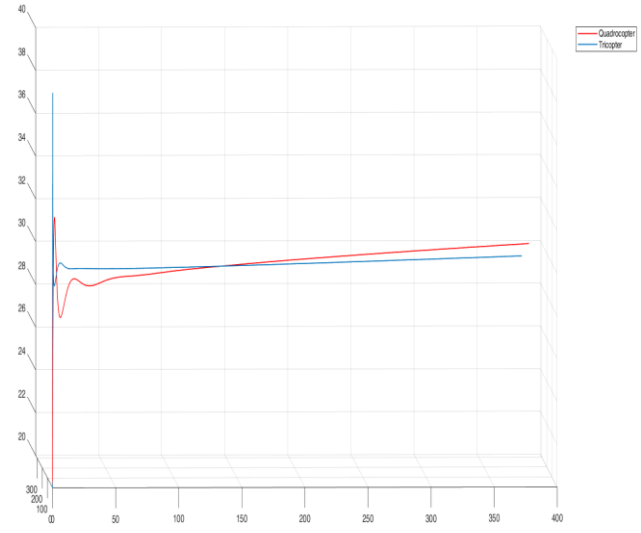


Fig. 7. Spatial movement of the Tricopter (blue) and Quadcopter (red)

ISSN 2682-9584

Figures 7 and 8 show the spatial movement of the Tricopter (in red) and the Quadcopter (in blue).

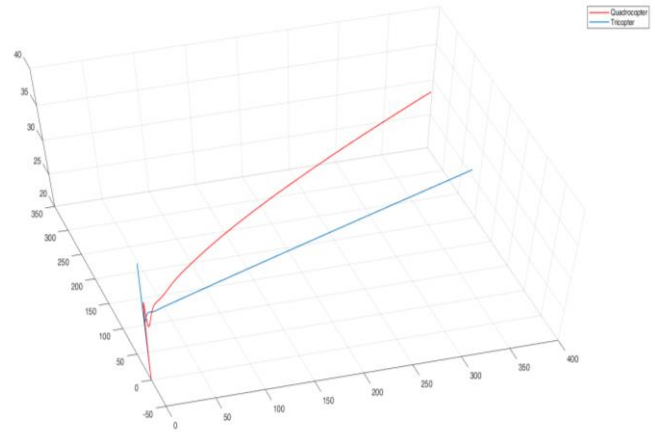


Fig. 8. Spatial movement of the Tricopter (blue) and Quadcopter (red)

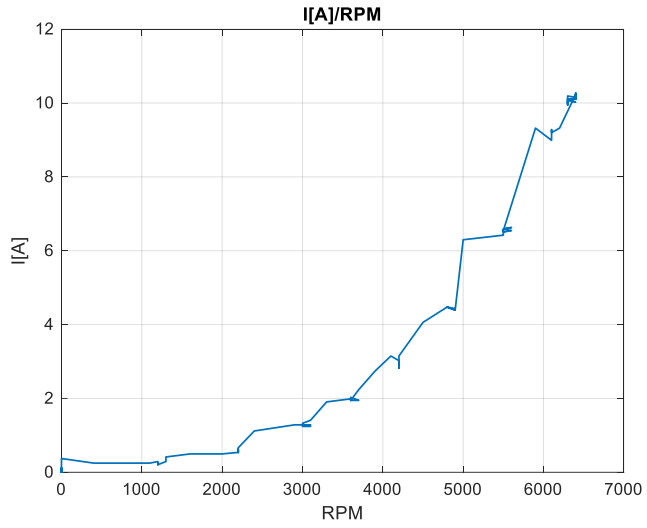


Fig. 9. Real data on the consumption of the engines used

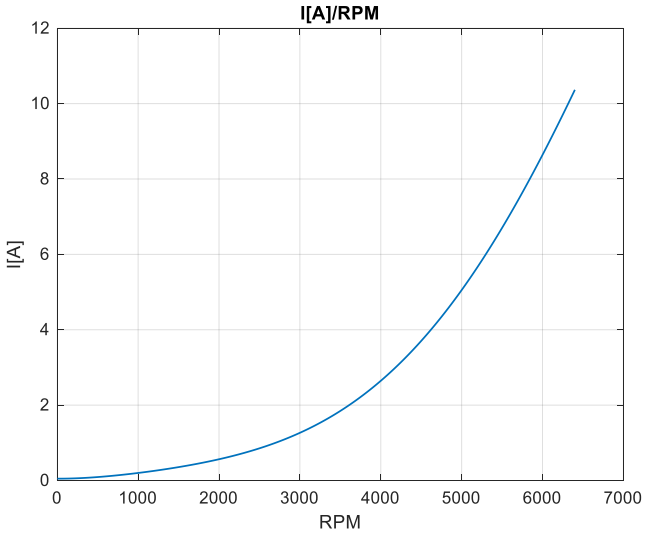


Fig. 10. Processed data on the consumption of the engines used

In fig. 9 shows a plot of experimental data of the propellers and engines used in the current model. In fig. 10 shows the same data, but polynomially smoothed. A polynomial created for the purpose allows to obtain the energy consumed by the engine for the specific revolutions of rotation, which is necessary for the optimal choice of battery [7].

The duration of the simulation is 100 seconds. The created model allows the revolutions of each engine to be recorded every second, which makes it possible to calculate the energy consumed by them.

On average, the quadcopter's motors rotate at 4,938 revolutions per minute.

From Fig.10, it turns out that the average consumption of one of the motors of the quadcopter is 4.8693 [A]. The total consumption of the quadcopter per minute is 19.47[A].

Tricopter motors have different consumption. The reason for this is the design of the tricopter. Engines A and B of fig. 1 rotate at an average of 5,756 revolutions per minute and have an average consumption of 7,661 [A], motor C is at 5,943 revolutions per minute and has a consumption of 8.4 [A]. The total consumption of the tricopter per minute is 23.72[A].

As a result of the simulations and research, the following conclusions can be drawn:

1. The tricopter quickly settles on the desired course - fig. 4;
2. The desired roll and pitch angles are reached faster by the quadcopter - fig.5 and 6;
3. The power consumption of a quadcopter is 18% less than that of a tricopter. The reason for this is the high revolutions with which the tricopter's engines work, which is where the greater energy consumption comes from;
4. The tricopter is an interesting machine from the point of view of control and balancing, but the quadcopter is much more practical and more economical.

ACKNOWLEDGMENT

The research in this article was carried out in fulfillment of Task 3.1.9. "Construction of a network of autonomous low-powered aerial devices (quadracopters) for control of an urbanized area" by the National Scientific Program "Security and Defense", adopted by RMS No. 731 of 21.10.2021. and according to Agreement No. D01-74/19.05.2022."

REFERENCES

[1] Şahin, H., & Oktay, T. (2019). Properties of Novel Tricopter And Comparision of Other Unmanned Aerial Vehicles. Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi(16), 816-825. https://doi.org/10.31590/ejosat.586900

[2] Geshv D., Uzunov S., Savov V., Dimitrov K., „Aerodynamics and flight dynamics of the aircraft“, Publishing House of the Ministry of Defense „ St. George the Victorious “, Sofia 1996.

[3] Nam K. -J., J. Joung and D. Har, "Tri-Copter UAV With Individually Tilted Main Wings for Flight Maneuvers," in IEEE Access, vol. 8, pp. 46753-46772, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2978578. keywords: {Unmanned aerial vehicles;Rotors;Torque;Automotive components;Aerodynamics;Force;Servomotors;Tri-copter;tilt wing UAV;individually tilted main wings;reaction torque;flight performance}.

ISSN 2682-9584

[4] Idrissi, M., Salami, M. & Annaz, F. A Review of Quadrotor Unmanned Aerial Vehicles: Applications, Architectural Design and Control Algorithms. J Intell Robot Syst 104, 22 (2022). https://doi.org/10.1007/s10846-021-01527-7

[5] Salih1 A., Moghavvemi1 M, Mohamed H., Flight PID controller design for a UAV quadrotor, Scientific Research and Essays Vol. 5(23), pp. 3660-3667, 4 December, 2010, ISSN 1992-2248.

[6] Brian R Copeland ”The Design of PID Controllers using Ziegler Nichols Tuning” IJETE, pp.1-4, Mar. 2008.

[7] Georgiev Y. Aviation rechargeable batteries – trends and perspectives; Annual international scientific conference of the Higher Air Force School "Georgi Benkovski", Dolna Mitropolia, "Georgi Benkovski" Air Force Academy - Dolna Mitropolia, issue 2, p.226-231, ISSN 2738-716X,

ISSN 2682-9584

THE APPLICATION OF 5G TECHNOLOGY IN THE INDUSTRIAL INTERNET

Chen Tongyang
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
Chentongyang@hotmail.com

Abstract: The Industrial Internet is a core support of the new round of industrial revolution and constitutes an important cornerstone of intelligent manufacturing.5G networks, with their lower latency, higher transmission rates, and better service experience. The development of 5G will greatly promote the realization of the deep integration of informatization and industrialization. This article aims to analyze the Industrial Internet's demand for 5G networks, 5G's typical application scenarios, and how 5G can promote the transformation of intelligent services.

Keywords: Industrial Internet, 5G technology, 5G application

I. INTRODUCTION

The rise of 5G technology represents a change not, in telecommunications but also in various sectors worldwide. As nations compete for dominance the development and inclusion of 5G infrastructure have become national objectives, especially in leading economies like the United States, China and South Korea. These countries acknowledge the potential of 5G to drive innovation fueling progress in fields such as manufacturing, healthcare, transportation and beyond. Unlike its predecessors 5G provides speed decreased latency and the ability to link devices together setting the stage for a fully interconnected global community.

This technological advancement is set to transform industries by enabling applications and services that were previously unimaginable. From boosting efficiency in factories to facilitating data sharing, in self-driving vehicles 5G is positioned at the forefront of the upcoming industrial revolution reshaping how businesses function and how services are rendered on a worldwide level.

II. INDUSTRIAL INTERNET

A. Industrial Internet of Things definition

The industrial internet represents a new type of infrastructure, application model, and industrial ecosystem that deeply integrates next-generation information and communication technologies with the industrial economy.

By comprehensively connecting people, machines, objects, and systems, it creates a new manufacturing and service system that spans the entire industrial and value chain, providing a pathway for the digitalization, networking, and intelligent development of industries and beyond, providing a pathway for the digitalization, networking, and intelligent development of industries and beyond, and is an important cornerstone of the fourth industrial revolution [1].

Industrial Internet of Things (IIoT) defines one. The other significant element of Industry 4.0 is that it supports the connectivity of devices in a high-frequency environment to give an allowance for data exchange between various machines used in production.

This is enabled through intelligent actuators and sensors that allow the capture, processing, and sharing of real-time data across the manufacturing network, including M2P (Machine to Person), M2M (Machine to Machine), and P2M (Person to Machine) interactions. This interoperability leads to actionable insights that increase manufacturing operations' efficiency and speed.

In addition, the IIoT improves communication with the machine itself, between the machines, and with human operators during on-the-spot troubleshooting, prognostication of possible failures, and fault prevention from occurring. The feature further attests to the system drifting away from human intervention in execution and adaptability of its running in real-time data towards more automation and less human. Industrial Internet Trends.

B. The development trends and challenges facing the industrial internet

The industrial internet presents the following new development trends: evolution of technical standards, infrastructure construction, innovation in terminal products, and development of the industrial ecosystem [2].

- Evolution of Technical Standards: Industry-leading organizations are dedicated to establishing a comprehensive standardization system to unify and enhance standards across networks, terminals, security, and applications. This effort aims to ensure compatibility and interoperability between devices and services, laying a solid foundation for the development of "5G + Industrial Internet".
- Infrastructure Development: The rapid expansion of 5G base stations has fostered a virtuous cycle of "build to use, use to build," and explored ways to reduce usage costs and new network construction models.
- Innovation in Terminal Products: As the prices of 5G modules decrease, the variety and technological adaptability of terminal products, such as 5G Automated Guided Vehicles (AGVs) and 5G cameras, continue to increase.

ISSN 2682-9584

- Industrial Ecosystem Development: Public service platforms, by integrating resources, not only support the growth of small and medium-sized enterprises but also strengthen the construction of the "5G + Industrial Internet" ecosystem.

These trends and challenges highlight the depth of integration between "5G + Industrial Internet," which will drive the digital, networked, and intelligent development of industries and markets. This process, however, requires overcoming challenges in technical standardization, infrastructure construction, terminal product innovation, and the industrial ecosystem.

III. 5G TECHNOLOGY

A. Three major application scenarios for 5G

The International Telecommunication Union (ITU) defines 5G to include three major application scenarios: Enhanced Mobile Broadband (eMBB), Massive Machine Type Communications (mMTC), and Ultra-Reliable Low Latency Communications (uRLLC) [5].

- Enhanced Mobile Broadband (eMBB) eMBB focuses on providing high data rate transmission and extensive media content, covering applications such as high-definition video streaming, virtual reality (VR), and augmented reality (AR). As a result, users can experience high-quality video and media experiences in mobile environments, such as watching UHD video live streams on public transport, or utilizing VR and AR technology for remote training and collaboration in the business and education sectors. [3]

- Massive Machine Type Communications (mMTC) This includes sensors for smart cities, smart meters, environmental monitors, and smart home devices, among others. mMTC aims to connect numerous low-power devices, promoting the widespread deployment of Internet of Things (IoT) applications.

- Ultra-Reliable Low Latency Communications (uRLLC) uRLLC, distinguished by its ultra-low communication delay and high reliability, is suitable for scenarios requiring high real-time responsiveness, including autonomous driving, industrial automation, remote medical services, and emergency response. Within autonomous driving, uRLLC guarantees immediate communication between vehicles and between vehicles and infrastructure, thus improving road safety. In the context of industrial automation, uRLLC facilitates exact synchronization among robots, streamlining the manufacturing process. In remote healthcare services, uRLLC enables physicians to conduct precise surgeries through remote control devices, minimizing the risks due to latency.

B. 5G key technologies

- Multi-access edge computing (MEC)

Multi-access edge computing allows operators and third-party businesses to position services near user access points, reducing latency and load for efficient service dissemination.

MEC supports the three primary application scenarios of 5G, reducing network bandwidth stress in the eMBB scenario by offloading and diverting traffic. For the uRLLC scenario, it improves network performance through the offloading of the 5G user plane and the establishment of edge Data Centers (DCs). Within the mMTC scenario, it alleviates the central unit's burden by offering local analytics, mobility, and session management supplementary information.

- Network Slicing

Network slicing technology is a key component of 5G networks, allowing the creation of multiple virtual networks on the same physical network infrastructure. Each virtual network or "slice" can offer a customized network environment for different services, applications, or user groups, meeting specific requirements for speed, capacity, connectivity, and security. This technology enables 5G networks to adapt flexibly to various scenarios, such as providing high-speed data services, supporting a large number of IoT device connections, and meeting critical applications' requirements for low latency and high reliability. 5G networks must address the challenges of three major scenarios: eMBB, URLLC, and eMTC, which have highly diversified requirements for network performance. Through network slicing, it is possible to configure specific network logical functions for different business scenarios on a shared network platform, achieving flexible customization of network architecture and functions. This not only provides differentiated services for diversified business needs but also realizes network isolation between customers and customized security solutions for specific business requirements, demonstrating the significant value of network slicing technology for the future development of 5G networks

IV. APPLICATION OF 5G IN INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

A. Typical application of 5G

- Industrial Sensor

Sensors act as the "senses" of robots, divided into internal and external types. Sensors generally consist of sensitive elements, conversion elements, and basic conversion circuits. Robotic technology integrates various sensors such as tactile, visual, force, ultrasonic, and auditory sensors to monitor and control key parameters in the production process, ensuring optimal product quality. 5G is prominent in industrial sensor applications, especially in segments sensitive to environmental changes and requiring high-precision manufacturing. The data collected by sensors needs to be transmitted to the execution devices with minimal delay, to achieve high-precision production control. Moreover, the high reliability of the network throughout the production process is key to ensuring production safety and efficiency. For different production scenarios, manufacturing areas of factories may need to connect tens of thousands of sensors and actuators, relying on the strong connectivity capabilities of the 5G network.

- Cloud AR/VR

In the future of smart factories, the key to reducing risk and improving production efficiency will be the application of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies.

ISSN 2682-9584

For instance, in industrial assembly and maintenance within smart manufacturing, employees can undergo virtual assembly training through VR technology, and designers can transform design drawings into visualized virtual factory models. To ensure the flexibility and portability of AR-assisted tools for efficient maintenance, it is necessary to migrate information processing functions to the cloud, allowing AR devices to mainly handle connection and display. Wireless networks facilitate the connection of AR devices to the cloud, significantly reducing the cost of the devices.

The critical factor is that the round-trip transmission delay must be controlled within 10 milliseconds to meet the requirements for real-time interaction, a standard that current LTE networks cannot achieve. The combination of 5G with VR/AR technologies will enhance interactivity and immersion, expected to be widely applied across various industries.

- Cloud robot

In the 5G model, the "brain" of smart robots is located in the cloud, transforming robots into pure execution units. Through cloud technology, costly computing resources can be centrally deployed in the cloud, and robots can connect and share data with the cloud via the 5G network. Given the large space occupied by numerous CPUs and GPUs and their high energy consumption, it is impractical to directly assemble these computing resources onto robots. The 5G network makes it possible to process complex tasks in the cloud, reducing hardware costs and increasing efficiency. The 5G network makes it possible to process complex tasks in the cloud, reducing hardware costs and increasing efficiency. The 5G network needs to process in real-time, swiftly sending the information collected by robots to the cloud, and instantly feeding back the processing results to the robots.

- Asset tracking

By the end of 2017, the number of global status monitoring connections had reached 18 million, and it is expected to increase to 88 million by 2025. [6] The continuous growth of online shopping has led to an increasing demand for asset tracking. Connectivity technologies in the logistics sector, covering everything from warehouse management to delivery, need to achieve extensive and deep coverage, low power consumption, high connectivity, and low cost. Connectivity technologies in logistics, from warehouse management to delivery, require broad and deep coverage, low power consumption, high connection numbers, and low costs. Once 5G technology achieves economies of scale, the cost of connections is expected to decrease, enhancing the efficiency of asset positioning and tracking, and improving the capability to dynamically track goods in transit. [7]

- 5G integrated information interaction platform [5]

In order to facilitate the broader development of the Industrial Internet, companies need to establish uniform standards. The introduction of a 5G integrated information interaction platform can amalgamate the unique platform features and properties across various businesses. An open and inclusive 5G technology platform will promote collaborative development in the industrial sector. Within an open and equal platform, industrial production can investigate the basis for creating cross-sector standards.

By leveraging interconnected technologies and the practical applications of 5G, all aspects of industrial production can be interconnected, allowing for the scientific creation of standards across companies [4].

REFERENCE:

[1] https://info.support.huawei.com/info-finder/encyclopedia/zh/%E5%B7%A5%E4%B8%9A%E4%BA%92%E8%81%94%E7%BD%91.html#content1

[2] 5G+Industrial Internet" Trend in 2023 DOI: 10.13571/j.cnki.cww.2023.02.008.

[3] Jin X X. Research on the application of 5G in equipment manufacturing industry[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(11): 1-5, 10.

[4] Xincai Shu. A brief discussion on the impact of 5G technology on industrial Internet applications [J]. Science and Technology Innovation, 2017(33):83-84. ETSI TR 138 913 V17.0.0 (2022-05) page (9-21).

[5] Jio Platforms Introduces Jio Brain, a 5G-Integrated ML Platform for Enterprise; to Offer AI Services to Clients https://www.gadgets360.com/internet/news/jio-brain-5g-integrated-ml-platform-ai-services-enterprise-clients-4959419.

[6] Huawei technology EOOD -Top ten application scenarios in the 5G era (5-10).

[7] The transformation of IoT data for insurance companies and insurance users, http://news.rfidworld.com.cn/2017_ll/63281bbd654blb77.html.

[8] Tomov P., "Industrial Development in the Context of Global Changes in Technology and Automation," 2021 IV International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech), Sofia, Bulgaria, 2021, pp. 01-04, doi: 10.1109/HiTech53072.2021.9614213.

[9] Information and Communications Administration. Interpretation of "Guiding Opinions on Deepening "Internet + Advanced Manufacturing" and Developing the Industrial Internet" [Z] 2017.

[10] Industrial Internet Industry Alliance. Industrial Internet Platform White Paper [Z] 2017.

ISSN 2682-9584

ПРОЕКТИРАНЕ И ПРОГРАМИРАНЕ НА ШЕСТКРАК ХОБИ РОБОТ

Ренета Димитрова
Технически Университет - София
МФ, АДП
София, България
email: rkd@tu-sofia.bg

Слав Димитров
Технически Университет - София
МФ, АДП
София, България
email: sbd@tu-sofia.bg

Алдин Хаджиев
Технически Университет - София
МФ, АДП
София, България
email: idnhadziev@gmail.com

Резюме: Целта на настоящата разработка е да се проектира и програмира шесткрак хоби робот. Проектирането ще се извърши в дигитална среда, а програмирането ще се извърши чрез специализиран софтуер използван в индустриалната автоматизация, след избор на всички необходими електронни компоненти.

Ключови думи: проектиране, шесткрак робот, моделиране, програмиране.

I. Увод

Хоби роботът ще бъде проектиран за изпълняване интерполационни движения и проследяване на предварително зададени координати, чрез движение и преместване на шест крака. В заданието е предвидено самостоятелно ориентиране на робота в пространството, както и заобикаляне на препятствия, чрез сензори за наличие на обект и разработване на специализиран програмен код, позволяващ тяхното заобикаляне.

За осигуряване на синхронизация на движение е предвидено към системата за управление да се интегрира „Motion Control“, позволяващ следене на един от краката на робота и управление на останалите. Задвижването е предвидено да се извършва чрез стъпкови двигатели на всеки крак. Двата стъпкови двигателя на всеки крак позволяват на специализирания хоби робот да се придвижва чрез повдигане на крак с първия двигател и завъртане на крак с втория двигател [1-3]. При движение напред се движат три крака – два от едната страна и един от другата, като така образуват винаги три точки на контакт или триъгълник. Останалите три крака са в статично положение върху контактната повърхност за движение. Следва движение нагоре и напред на първите три крака, като след преместването им напред те се позиционират до контакт с повърхността. След което се осъществява преместване на другите три крака, които досега са осигурявали стабилност на конструкцията на робота. По този начин се ограничават до минимум нежелани или случайни колизии като наклон или преобръщане на конструкцията. Ако е необходимо да се извърши кръгово движение в една от двете посоки, краката на робота спират да изпълняват еднакво движение [4-6]. Част от тях се завъртат на по-малък или по-голям ъгъл до достигане на крайната точка на завъртане, след което движението отново е три на три крака. Предвижда се максималната скорост на движение на хоби робота да е 20 [m/min].

II. Проектиране на шесткрак хоби робот

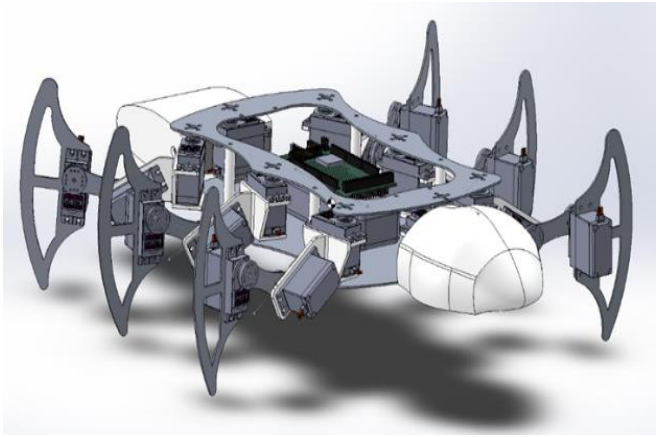
A. *Концептуален модел*

Концептуалния модел за реализиране на зададения за проектиране робот е следния:

- Конструкция наподобяваща насекомо с шест крака, тяло носещо елементите за управление, предна и задна част асемблирани към тялото, осигуряващи баланс и стабилност.
- Осъществяване на задвижване на краката чрез необходимия брой стъпкови двигатели, осигуряващи линейно и кръгово движение.
- Реализиране на управление с помощта на серво контрол, регулатори и Arduino платка.
- Осъществяване на автономно захранване чрез специализирана батерия.
- Осъществяване на управление и контрол чрез използване на модул за безжична връзка.
- Изпращане на команди чрез специално създадено мобилно приложение.

B. *Разработване на 3D модел*

В зависимост от заданието и създадения концептуален модел за движение е разработен 3D модел на шесткрак робот, показан на фиг.1.



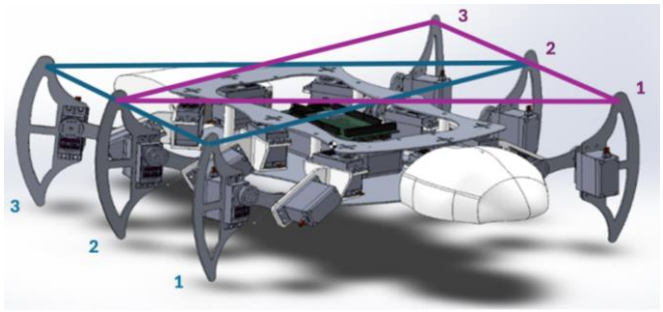
Фиг. 1. Общ 3D модел на шесткрак робот.

По време на движение краката на робота са програмирани да се движат в две групи по 3 крака, като групи са:

ISSN 2682-9584

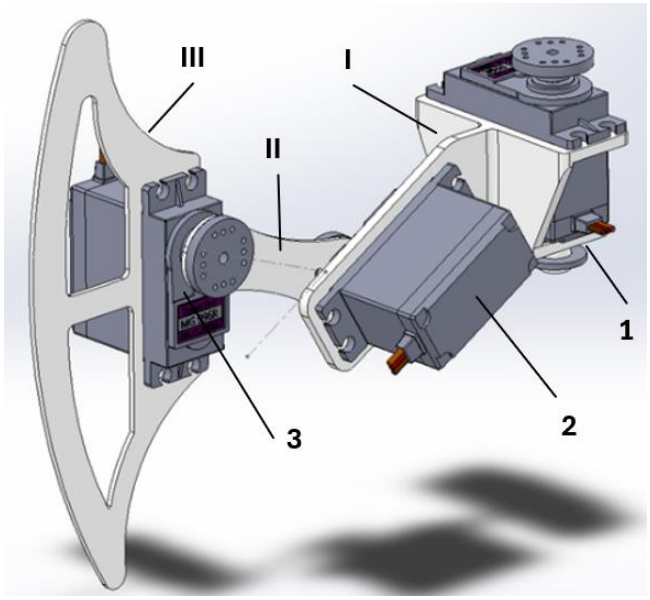
- първа група - два крака от едната страна (първи и трети) и крак от другата страна (втори);
- втора група - два крака от страна две (първи и трети) и крак от другата страна (втори).

Двете групи са огледални една на друга и образуват еднакви фигури на триъгълници, показани на фиг.2.

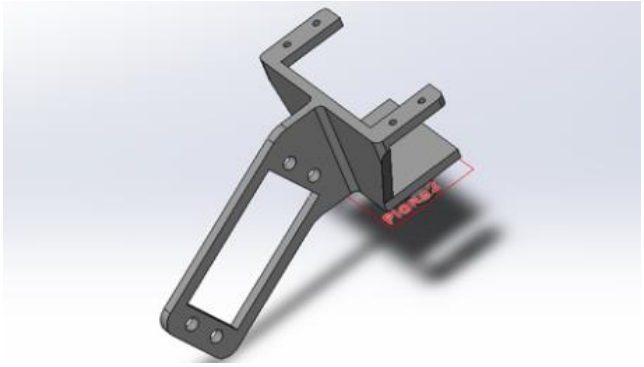


Фиг. 2. Огледални групи осигуряващи движението.

На фиг. 3 е показан 3D модел на сглобена единица на крак. Всеки един от шестте крака е изграден от три детайла – детайл I (фиг.4), носещ двигатели 1 и 2, свързващ детайл II (фиг.5), детайл III (фиг.6) носещ двигател 3.



Фиг. 3. 3D модел на сглобена единица крак.

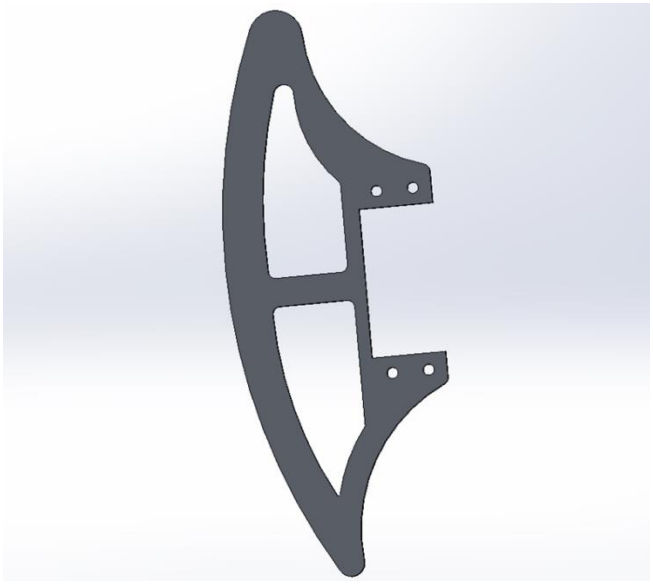


Фиг. 4. 3D модел на детайл I

Към детайл I се асемблират 2 двигателя, а самият детайл I се присъединява към основните две плочи на тялото на новопроектирания шесткрак робот. се Предвижда се детайлът да се изработи чрез 3D принтиране, за осигуряване на възможно най-лек материал за изработка. Детайлите са проектирани да бъдат възможно най-леки. Избраният материал за детайл III е 1.5 [mm] алуминий.

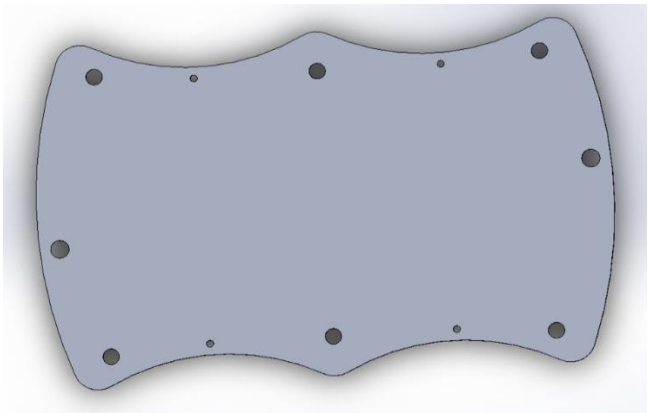


Фиг. 5. 3D модел на детайл II



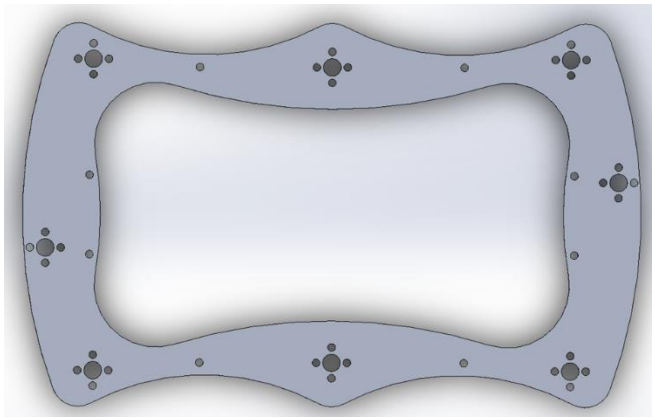
Фиг. 6. 3D модел на детайл III

Тялото на хоби робота е съставено от долна носеща основа (фиг.7) и горна плоча (фиг.8) с габаритни размери 280 [mm] на 175 [mm]. Избраният материал за детайлите е 1.5 [mm] алуминий.



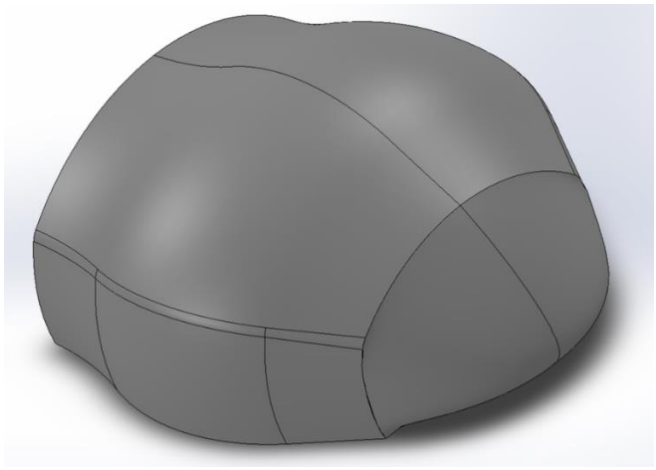
Фиг. 7. 3D модел на долна носеща основа

ISSN 2682-9584

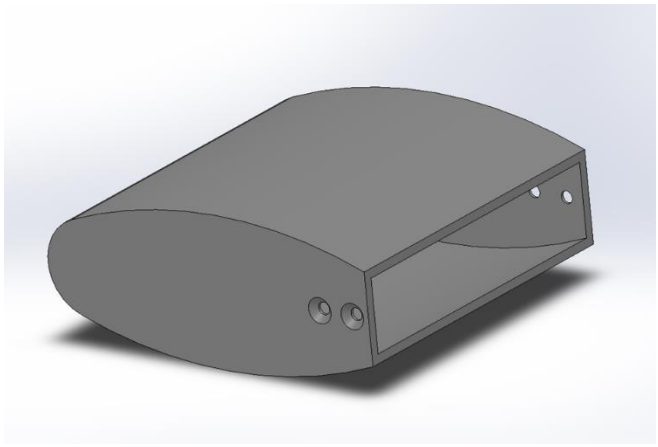


Фиг. 8. 3D модел на горна плоча

Горната плоча е проектирана така, че да има възможност да бъде поставен капак, който ограничава достъпа до електронните компоненти.



Фиг. 9. 3D модел на преден балансиращ детайл - глава



Фиг. 10. 3D модел на заден балансиращ детайл - опашка

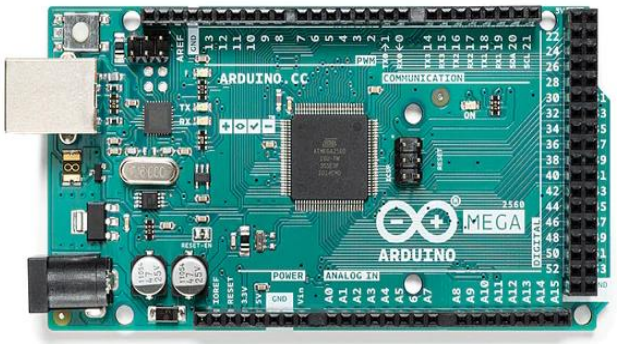
На фиг.9 и фиг.10 са показани 3D модели на преден балансиращ детайл - главата и заден балансиращ детайл - опашката на робота. Детайлите се предвижда да бъдат 3D принтирани. Тежестта на тези два детайла заедно с тежестта на батерията служат за балансиране на центъра на тежестта на робота.

III. Програмиране и електрическа част

За изграждане на системата за управление са избрани и интегрирани специализирани електронни и електрически компоненти.

A. *Програмируем микроконтролер*

Микроконтролерът „Arduino Mega 2560“ (фиг.11) разполага с общо 256 [KB] флаш памет за програмиране, което предоставя достатъчно място за сложни програми. От тези 256 [KB] около 8 [KB] се използват за вградения бутлоудър, който позволява на Arduino Mega да бъде програмиран просто и лесно. Освен това, разполага с 8 [KB] “EEPROM” и 8 [KB] статична рам памет “SRAM”. Цифрови и аналогови входове/изходи (I/O): Arduino Mega 2560 има общо 54 цифрови пина, от които 15 могат да бъдат използвани като PWM изходи за управление на напрежение. Също така разполага с 16 аналогови входа, които могат да се използват за измерване на аналогови стойности като напрежение или температура.



Фиг. 11. Програмируем микро контролер „Arduino Mega 2560“ [7]

B. *Безчетков серво двигател MG996R*

Избраният MG996R (фиг. 12) е серво двигател от по-висок клас, имащ висок въртящ момент и метална предавка с двоен лагер. MG996R е оборудван с подобрена защита от удар.

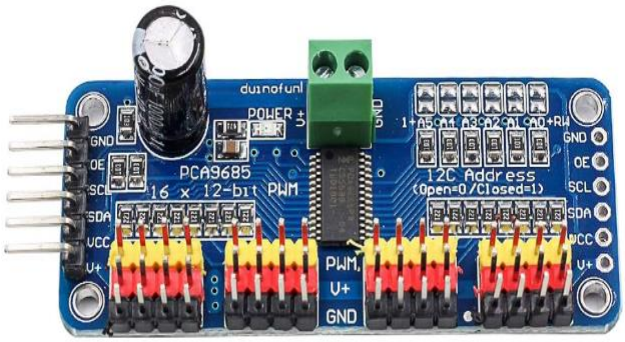


Фиг. 12. Безчетков серво двигател MG996R [8]

ISSN 2682-9584

C. Контролер за управление серво двигател PCA9685

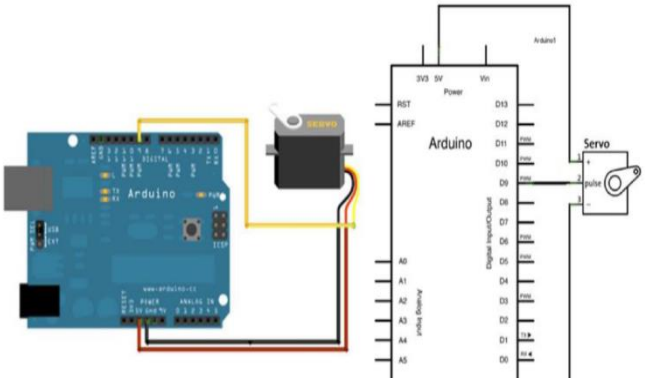
Контролера за управление на серво двигател PCA9685 (фиг.13) е многоканален PWM (широчинно импулсен модулатор) контролер, който предоставя възможност за управление на много серво двигателя едновременно или други устройства с аналогово управление. Той разполага с общо 16 независими канала, всеки от които може да генерира PWM сигнали с разделителна способност до 12 бита. Това дава възможност всеки канал да има разделителна способност до 4096 импулса, което осигурява гладко и прецизно управление на двигатели и други устройства.



Фиг. 13. Контролер за управление на серво двигател PCA9685 [9]

D. Разработване на електрическа схема

Разработена е електрическа схема за свързване на компонентите и достигане на обща функционалност, показана на фиг.14. Електрическите компоненти са поставени върху долна носеща основа и се захранват с независима батерия. Това позволява на робота да се придвижва в пространството без помощта на допълнителни захранващи кабели.



Фиг. 14. Електрическа схема за управление

E. Разработване на програмен код

За нормална работа на системата за управление е създаден специализиран програмен код за движение. Движението може да се извършва както праволинейно така и кръгово. Програмния код съдържа в себе си и опция за управление през телефон, което позволява на робота да бъде управляван отдалечено чрез Bluetooth модул. На фиг.15 е показана извадка от разработения специализиран програмен код.

```
#define SERVOMAX 350 // This is the 'maximum' pulse length count (out of 4096)
#define USMIN 0// This is the rounded 'minimum' microsecond length based on the minimum pulse of 150
#define USMAX 4096 // This is the rounded 'maximum' microsecond length based on the maximum pulse of 600
#define SERVO_FREQ 50 // Analog servos run at ~50 Hz updates
// our servo # counter
uint8_t servonum = 0 , servonuml = 1 ;
void setup() {
 Serial.begin(9600);
 Serial.println("8 channel Servo test!");
 pwm.begin();
 pwm.setOscillatorFrequency(23000000);
 pwm.setPWMFreq(SERVO_FREQ); // Analog servos run at ~50 Hz updates
 //delay(10);
}
void setServoPulse(uint8_t n, double pulse) {
 double pulselength;

 pulselength = 1000000;   // 1,000,000 us per second
 pulselength /= SERVO_FREQ;    // Analog servos run at ~60 Hz updates
 Serial.print(pulselength); Serial.println(" us per period");
 pulselength /= 4096;  // 12 bits of resolution
 Serial.print(pulselength); Serial.println(" us per bit");
 pulse *= 10000000;  // convert input seconds to us
 pulse /= pulselength;
 Serial.println(pulse);
 pwm.setPWM(n, 0, pulse);
}
  Serial.println(servonum);
  Serial.println(servonuml);
  uint16_t pulselen = 160;
 while (pulselen < SERVOMAX)
 {
       pwm.setPWM(servonum, 0, pulselen);
       pulselen++;

     if( pulselen > 180 && pulselen < 240)
     {
      pwm.setPWM(servonuml, 0, pulselen);
     }
     delay(1);
 }
delay(250);
 while ( pulselen > SERVOMIN)
 {
       pwm.setPWM(servonum, 0, pulselen);
       pulselen--;

     if( pulselen > 180 && pulselen < 240)
     {
      pwm.setPWM(servonuml, 0, pulselen);
     }
     delay(1);
 }
delay(250);
}
```

Фиг. 15. Специализиран програмен код

IV.Изводи:

В резултат на проектирането и програмирането са постигнати следните резултати:

- Създаден е концептуален модел за изпълнение на поставеното задание, въз основа на който са проектирани структурните единици.
- Предложена е схема на движение на шестте крака с възможност за осигуряване на линейно и кръгово движение.
- Разработен е общ 3D модел шесткрак хоби робот, както и 3D модели на отделните му структурни компоненти.
- Създадена е електрическа схема на свързване на избраните електронни и електрически компоненти.
- Разработен е програмен код за управление с интегриран модул за отдалечен достъп.

Използвана литература

[1] Dimitrova R., A. Velkov, S. Dimitrov, Selection of a drive for an automated braille printing stand, XXXI MNTK "ADP - 2022", Sozopol, 29.06 - 02.07.2022, Magazine "Automation of the discrete production", issue 4/July 2022, ISSN: 2682-9584, (69-74).

[2] Dimitrov S., R. Dimitrova, V. Stoimenov, 3D modeling of an automated stand for printing Braille letters, XXXI MNTK "ADP - 2022", Sozopol, 29.06 - 02.07.2022, Magazine "Automation of discrete production ", issue 4/July 2022, ISSN: 2682-9584, (238-242).

[3] Totev D., "Main problems with the integration of existing systems for automation and control of industrial and manufacturing processes to the requirements of the concept "Industry 4.0"", XXXI "ADP – 2022", Sozopol, 29.06 – 02.07.2022, Magazine "Automation of Discrete Production Engineering", 4/ July 2022 г., ISSN: 2682-9584, (124-128).

[4] Dimitrova R., M. Kambushev, S. Biliderov, Method for design of special mechatronic devices and systems, XXIX МНТК „АДП – 2020", Созопол, 29.06 – 02.07.2020 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство", бр.2/юли 2020 г., ISSN: 2682-9584, (14-17).

[5] Dimitrova R., S. Nikolov, S. Dimitrov, A-M. Lazarova, BG. Application for utility model No. 5360 (17.11.2022).

[6] S. Nikolov; R. Dimitrova; S. Dimitrov, Using of 3D Printing Technologies in the Manufacture of Mechatronic Products, 13th National Conference with International Participation ELECTRONICA 2022, Scopus, IEEE, DOI: 10.1109/ELECTRONICA55578.2022.9874404, Electronic ISBN:978-1-6654-8100-7, CD:978-1-6654-8099-4, Print on Demand (PoD) ISBN:978-1-6654-8101-4

[7] https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3

[8] https://www.ardboard.com

[9] https://strobotic.com

DESIGN AND PROGRAMMING OF A SIX-LEG HOBBY ROBOT

Reneta Dimitrova
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
email: rkd@tu-sofia.bg

Slav Dimitrov
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
email: sbd@tu-sofia.bg

Aldin Hadjiev
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
email: idnhadziev@gmail.com

Abstract: The aim of the present development is to design and program a six-legged hobby robot. The design will be done in a digital environment and the programming will be done through specialized software used in industrial automation after selecting all the necessary electronic components.

Keywords: design, six-legged robot, modeling, programming.

ISSN 2682-9584

DETAILED DESIGN CONSIDERATION FOR AUTONOMOUS PLATFORM WITH VISUAL TRACKING

Valentin Penev
Institute of Mechanics – BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: v.penev@imbm.bas.bg

Nikolay Zlatov
Institute of Mechanics – BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: zlatovn@hotmail.com

Rumen Ivanov
Institute of Mechanics – BAS
Sofia, Bulgaria

Gary Rowlands
Institute of Mechanics – BAS
Sofia, Bulgaria

ABSTRACT: The research, design and testing of new unmanned autonomous vehiclewith visual tracking are connected with considerable time-based and development risks due to the product and requirement complexity. In order to accelerate the introduction of innovative technologies for better performance, more accurate and safer air platforms as autonomous platforms and to better control the technological risks involved, guiding concept is used. High demands are put on the numerical methods and solvers.

The present paper outlines the methods for design of two aerodynamic configurations – tandem and tailless with different self-stabilization, the framework, and the simulation models for particular extended accuracy application, the virtual system identification flights of a medium size jet transport.

Ключови думи: tandem, lifting body, guidance and navigation, Non-linear control

I. INTRODUCTION

Overall design strategy and design stages. The design process was divided into three stages:

- conceptual design
- preliminary design
- detailed design

The conceptual design stage embodies the initial design ideas to provide a clear design way with a credible valuation of likely performance, possible looks, expected complicates and cost, and providing a clear view whether to proceed to the preliminary design phase or not.

The preliminary design phase reveals the potential faults, as well as the valuable solution for these problems hereafter producing a sophisticated design which will allow a flying prototype to be built, it ultimately answers whether the conceptual design idea is viable of not.

The detailed design phase primarily includes the conversion of the resulted design from the preliminary design into a tangible design that can be built and eventually flown. The strategy of the current design was mainly to select appropriate aerodynamic configuration to maximize the weight and flight endurance and to increase stability and quality of flight performance. Accordingly, sorts of quantitative methods and numerical analysis were used for major design decision making.

Therefore, identifying firstly the necessary key performance parameters was of significant to steer the whole design process. In the following subsections the design phases are presented.

The design phases include wing shape, wing mounting position, tail configuration, fuselage configuration, engine configuration, propeller configuration, AHRS algorithms and their quality, FLCS algorithms and their quality, visual tracking algorithms and joint work of aerodynamics, AHRS, FLCS and visual tracking.

The research investigates two aerodynamics configurations, which fit perfectly requirements for short-range autonomous platforms. The autonomous platforms covered in the present research are used for a variety of targets. Apart from the type of target, the mission is characterized by the required loitering time (endurance) and the distance of the target (range).

Now the efforts in development autonomous platforms is primarily focused on guidance, navigation without GPS and control aspects including target recognition and swarming techniques. Accurate flight path control under real world conditions such as wind and turbulence is of prime importance for autonomous platforms. Besides the ability to follow a prescribed flight path with high accuracy it is also key for mission success to select an effective flight path and to identify ground targets. Optimal path planning strategies for autonomous platforms are described in Ref. [8,9,10]. On a higher level, collaboration aspects between multiple autonomous platforms must be addressed.

A limited number of research articles investigate design aspects of subsystems of autonomous platforms or specific vehicleshe aerodynamic characteristics of a specific autonomous platform design were investigated in Ref. [1,2,3].

This article is structured as follows. In section 2, the relationship between design criteria for autonomous platforms and aircraft performance theory is established. Most importand parameters for evaluating the frames are defined here Sizing correlations and statistical trends are presented in section 3. Two example case studies are presented in Section 4. The first case study addresses the flight performance of a long range fixed-wing autonomous platform with a conventional configuration (high aspect ratio wing and conventional empennage) used in the Yemen conflict.

ISSN 2682-9584

The second case study is dedicated to a relatively new autonomous platform with a delta wing design. Finally, conclusions and recommendations will be made.

The system is a two parts tool consisting of a ground control unit (GCS) and a flying vehicle. The vehicle is a handheld launched. The vehicle airframe shown in Fig.1 consists of a 2 inches diameter body, two mid-body wings and rudder. The control surfaces are chosen to be ailerons, elevators, flaps and rudder. The set of control surfaces could be reduced to elevons only without loss of controllability and precision. *Elevons* or tailerons are aircraft control surfaces that combine the functions of the elevator and the aileron.

Attitude Heading Reference System (AHRS) calculates the orientation of the vehicle. The visual tracking system (VTS) or strapped-down seeker module consists of two cameras daylight and IR. Both cameras have their own processor who process the video stream and feed the autopilot with coordinates of displacement of target to LoS and additional information. The two processors are responsible for detection and segmentations of the target and on this stage; they exchange the information about the detected "blobs". Flight Control System (FLCS) generates control surface commands. The GCS shows video streams from both on-board cameras is a control unit used by the operator to lock the target or manually detect and identify targets. Guidance is based on an infrared and daylight seekers requiring the target to remain in the squared area of interest around the line of sight (LOS). Moreover, to a LOS view the seeker must have limited roll with respect to the target to maintain a lock with the target. The first problem occurs when the seeker maintains view of the target but the guidance responds poorly to moving target. The second type of failure occurs when excessive yaw, pitch or roll causes seeker failure. The third problem is the accuracy of attitude determination and it is of primary importance. Of course, the requirement for low cost AHRS plays significant role. This research uses simulation to predict the response of a platform to both types of trajectories midcourse and terminal stage and estimate the probability of failure in both cases. The second phase of flight is climb out. The platform climbs at a constant rate until one of two constraints met, the vehicle reaches an altitude of 100 m, or the line of sight (LOS) of the seeker nears its maximum value. The flight of autonomous platform [7] has four stages: Launch; Climb; Loitering (midcourse); Terminal.

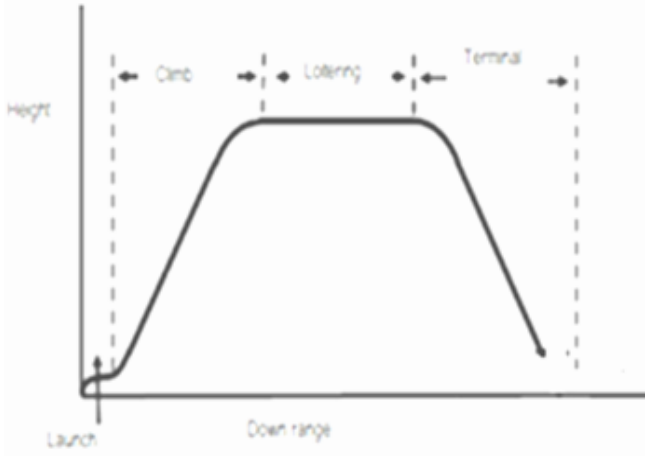


Fig. 1. Flight stages of platform

II. Flight Dynamics Modeling and Simulation of Fixed Wing UAV

According to mission requirements, previous experience and analysis of contemporary achievements the following aerodynamic configuration have been selected (fig.1).



Fig. 2. Demonstrators of all aerodynamic configurations

The following list of parameters affects basically the aerodynamics AHRS algorithms and their quality, FLCS algorithms and their quality, visual tracking algorithms and joint work of aerodynamics, AHRS, FLCS and visual tracking:

- Wing shape and mounting position.
- Wing shape and mounting position.
- Flight envelope.
- Drag analysis.
- Steady level flight.

Knowing the drag values after drag calculations, a graph of steady level flight was plotted for a range of velocities 39 to 110 ft/s as shown in [Fig. 12]. The graph indicates the total drag including its components (Parasite & Induced) against the available thrust. Values below the stall speed were neglected. Results show maximum speed of 50 m/s, while the speed for minimum drag/thrust is 39 m/s.

ISSN 2682-9584

- Climbing flight (ROC).

The vertical velocity component of aircraft velocity can be stated as the Rate of Climb. To determine at which aircraft speed, the best ROC can be got, the ratio between excess power & weight versus the aircraft speed. The best ROC 4.6 m/s is achieved at aircraft speed 45 m/s. Rate of Dive more important because in the final stage the vehicle is supposed to fly with deep dive, where FPA should be very stable

- Static and dynamic thrust.

A static thrust test was conducted to confirm the calculations using the test station. A trial was made to model the dynamic thrust theoretically before doing the dynamic thrust test.

- Static and dynamic stability.

Stability analysis does not correctly capture the multi-element airfoil interaction. However it generates acceptable approximations with one section wing, hence was coupled with validation from the moment equation. To make the aircraft stable the total moments acting on it must be equal to zero and maintain a trimmed cruise flight. Static stability occurring whenever there is no acceleration of the aircraft. After any disturbance occurs on an aircraft, the static stability is the initial tendency to return the aircraft to its equilibrium state by determining the rate of change of moment with respect to the angle of attack to be negative to make it stable. So, we determined the maximum lift to be 6.2 with a 11.4° angle of attack to avoid the stall. Furthermore, stability derivatives computed by AVL showed that Cnb is positive and Cmq, Clp and Cnr are negative, which is a necessary condition for static stability.

- Aileron and elevator.

To achieve the required banking angle of 60 ° in a time of 1 s we started by estimating steady-state roll rate of a cargo aircraft is to be greater than 0.07 but less than 0.09, where effectiveness is also estimated. Some of the following data is calculated numerically using ANSYS Fluent: coefficient of lift due to aileron deflection (Clda = 0.05), aileron span/wingspan (ba/b = 0.45), Aileron Chord/ Wing chord (Ca/C = 0.15) and a deflection angle of ± 17 °

- Rudder and flaps.

As crosswind landings are the most critical condition for an aircraft, this was in our consideration during the phase of rudder design. To ensure that the aircraft will be able to be in a lateral trim in this case, the forces and moments equations that govern the flight condition were solved. The rudder allows the airplane to fly with a sideslip angle = 15.0 °, a maximum deflection at 17.0 ° and accordingly. Servo Sizing

- Servo sizing.

Servo sizing is important part of solving the problem with dynamic stability. Two working modes of servos have been used: the linear and the exponential ones.

The above list of parameters is not the full one ant the parameters are not the simple coefficients, because of that the evaluation of the parameters and their effect on flight performance of vehicle was done using the Simulink models presented in the next chapters.

That requires to run the simulation model with evaluation block many times for different configurations and their variations.

III. Defining Vehicle Geometry

The geometry of this tandem fixed-wing platform is described below. The original design objective for this geometry was a general aviation UAV that was safe, simple to fly, and easily maintainable with specific mission and performance constraints. Potential performance requirements for this aircraft include level cruise speed; acceptable rate of descent and climb; acceptable stall speed; controllable low level velocity flight. The partial input set for calculating the forces, moments, aerodynamic coefficients and derivatives is given in table 1.

TABLE 1 Autonomous UAV geometry

UAV Specifications	
Wingspan	0.75 m
Fuselage Length	0.625 m
Max Speed	130 Km/h
Cruise Speed	70 Km/h
Max Altitude	300 m
Max Takeoff Weight	5 Kg
Flight path angle during terminl stage	20°

A. Determining Vehicle Aerodynamic Characteristics

The aircraft's geometrical configuration determines its aerodynamic characteristics, and therefore its performance and handling qualities.

“Tornado” Vortex Lattice Method and ANSYS Fluent were used to define the fixed wing UAV set of aerodynamics parameters. Analytical prediction is a quicker and less expensive way to estimate aerodynamic characteristics in the early stages of design. The airframe model incorporates several key assumptions and limitations: The airframe is rigid body and has constant mass, center of gravity, and inertia; UAV is laterally symmetric vehicle; Control effectiveness varies nonlinearly with angle of attack and linearly with angle of deflection and air velocity. Control effectiveness is not dependent on sideslip angle. One major assumption made to implement Tornado’s vortex lattice theory is the presence of small angles of attack. So, Tornado cannot be trusted to provide useful results with large angles of attacks or large rotational speeds.

Lifting body is of big interest, because it is a good decision for smallest Autonomous and kamikaze drone for personal use – long range sniper.

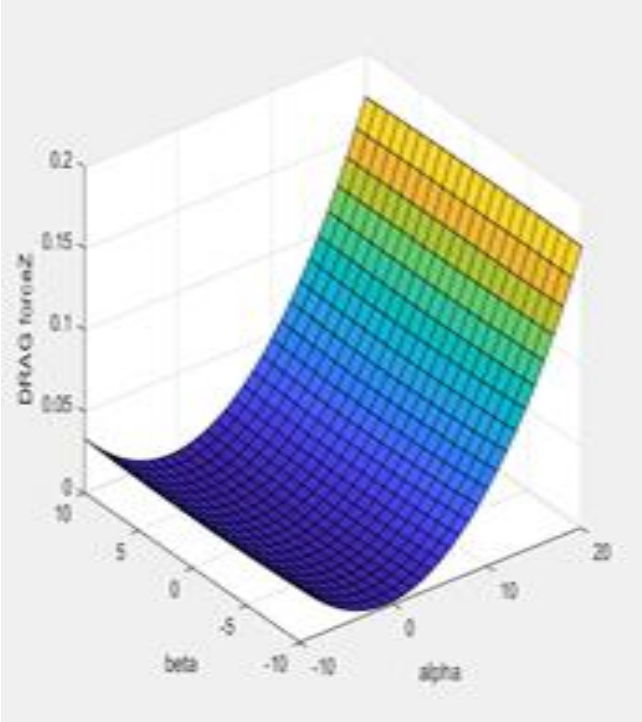
Tandem aerodynamic configuration has fewer oscillations in roll, pitch and azimuth and good controllability.

B. Aerodynamic Coefficients for Constructing Forces and Moments

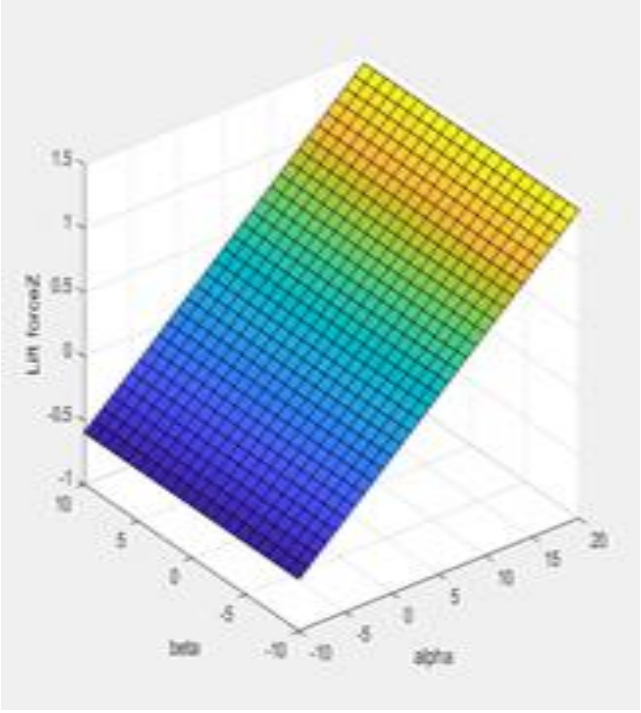
Tandem aircraft is a typical fixed-wing UAV with geometry and control surfaces [2,4,6,11]. The typical airframe model consists of a number of subsystems, such as: equations of motion; environmental models; calculation of aerodynamic coefficients, forces, and moments; environmental Models; alpha, beta, mach; aerodynamic coefficients; forces and moments.

ISSN 2682-9584

All look-up tables calculated by Tornado [1] are implemented in the flight model - CX, CY, CZ, Cl, Cm, Cn, CX_d, CY_d, CZ_d, Cl_d, Cm_d, Cn_d, CX_P, CY_P, CZ_P, Cl_P, Cm_P, Cn_P, CX_Q, CY_Q, CZ_Q, Cl_Q, Cm_Q, Cn_Q, CX_R, CY_R, CZ_R, Cl_R, Cm_R, Cn_R, C_{lift}, C_{drag}. Body-fixed reference frame is used, to specify forces, moments and angles.



a)



b)

Fig. 3. Lift and Drag: a) Drag - C_{drag} - Lifring body; b) Lift - C_{lift} - Lifring body

In the simulation model shown in Fig. 4 wind axis coordinate system is used.

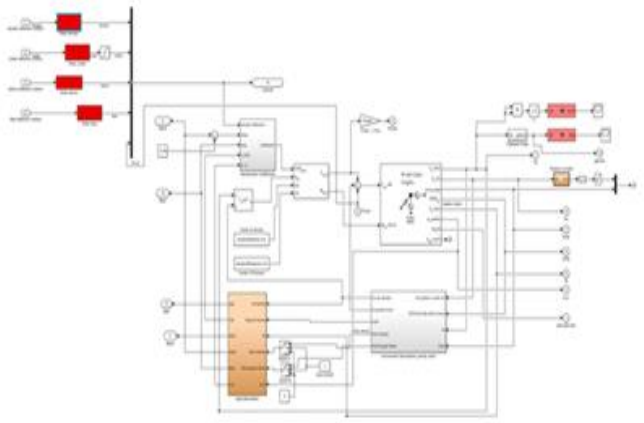


Fig. 4. Simulink Model of Flight dynamics of Lifting body configuration

In this section, five high level performance and design criteria are addressed from a theoretical perspective. The total flight time capability of a Autonomous platform (endurance) is treated first. Next the terminal dive attack airspeed is discussed. The ability to achieve precision control of a trajectory in the presence of external disturbances is the third performance criteria. This ability is also directly related to the inherent controllability of the autonomous platform which in turn depends on its configuration. The other two criteria addressed are the ability to perform hovering flight, relevant for urban warfare and the size needed for the launch system. In the final paragraph, a summary is given of the performance and design criteria in relation to the aircraft configuration and its design parameters.

C. Flight model equation - longitudinal channel

This is a 3 degree-of-freedom model in longitudinal mode. Compared to the 6 degree-of-freedom model it is assumed that p = v = r = Φ = ψ = Ye = 0. For a description of the complete model see. The mathematical model is a different, but gives some new capabilities. Also the proposed one could be used for estimation and stabilization of longitudinal flight path. Equations of motion are:

$$\dot{u} = -gsin(\theta) - qw + a_x + \frac{F}{m}$$
$$\dot{w} = gcos(\theta) + qu + a_z$$
$$\dot{\theta} = q$$
$$\dot{X_e} = ucos(\theta) + wsin(\theta)$$
$$\dot{Z_e} = -usin(\theta) + wcos(\theta)$$
$$a_x = \frac{\bar{q}}{m} S(C_{x\alpha}(\alpha, M) + C_{xl0}\delta_\alpha)$$
$$a_z = \frac{\bar{q}}{m} S(C_{z\alpha}(\alpha, M) + C_{zl0}\delta_\alpha)$$

and X_e; Z_e [m]: x; z-position w.r.t. earth, h = -Z_e altitude, u; w [m/s]: longitudinal and linear velocities, V [m/s]: total aircraft velocity, θ [rad]: pitch angle, q [rad/s]: pitch rate, δ_{fin} = δ_e [rad] elevator angle, I_y: moment of inertia about y body axis,: M Mach number, $\bar{M}$: aerodynamic moment, m: mass, S : wing surface area, $\bar{q}$: dynamic pressure, C_{xl0} and C_{zl0}: the constants, C_{xt} and C_{zt} : aerodynamic coefficients. For synthesis the system (4) is linearized at the various trimmed ight points e = (h; V) ∈ ξ.

ISSN 2682-9584

In general, lateral-directional equations in different mode where p, q and r (deg/s^2) are the angular velocities of the aircraft; I_{xx}, I_{yy} and I_{zz} are the principal moments of inertia, and I_{xz} is the product of inertia. Now, we will assume the lateral-directional moments L and N are linear with respect to aerodynamic derivatives, i.e., where δ_{ea}, δ_{aa} and δ_r are the asymmetric deflections of the horizontal tails (HT), trailing edge flaps (TEF) and rudder. By substituting the above linear moment equations into Equations (10) and (11), we can obtain a relation in Equation (14) that combines linear and nonlinear terms.

$$\dot{p} = \frac{I_{zz}L + I_{xz}N}{I_{xx}I_{zz} - I_{xz}^2} + \frac{I_{xz}\left(I_{xz} - I_{yy} + I_{zz}\right)pq}{I_{xx}I_{zz} - I_{xz}^2} + \frac{\left[I_{zz}\left(I_{yy} - I_{zz}\right) - I_{xz}^2\right]qr}{I_{xx}I_{zz} - I_{xz}^2}$$

$$\dot{r} = \frac{I_{xz}L + I_{xz}N}{I_{xx}I_{zz} - I_{xz}^2} + \frac{I_{xz}\left(I_{xx} - I_{yy} + I_{zz}\right)qr}{I_{xx}I_{zz} - I_{xz}^2} + \frac{\left[I_{xx}\left(I_{xx} - I_{yy}\right) - I_{xz}^2\right]pq}{I_{xx}I_{zz} - I_{xz}^2}$$

$$L = L_\beta\beta + L_p p + L_r r + L_{\delta aa}\delta_{aa} + L_{\delta r}\delta_{ar} + L_{\delta ea}\delta_{ea}$$

$$N = N_\beta\beta + N_p p + N_r r + N_{\delta aa}\delta_{aa} + N_{\delta r}\delta_{ar} + N_{\delta ea}\delta_{ea}$$

IV. CONCLUSION

Highly maneuverability loitering UAV requires precise control and well-chosen aerodynamics to meet the extended set of requirements, which in many cases are controversial. The aircraft has abrupt transient response due to ejection force generated when doing high steep diving with lateral command. Under maintaining 1 g level flight with AP trim system, the platform causes unexpected roll motion for the pure longitudinal maneuver because the change of AoA and airspeed changes the amount of trim for level flight of the aircraft. For this reason, the autopilot should continuously use the roll control output to maintain level flight.

This characteristic increases the autopilot's workload and adversely affects the flying qualities of the aircraft, which is a major cause of deteriorating mission efficiency for combat maneuver. A hybrid control that combines model and sensor-based Nonlinear Invers Invers Dynamic Control (NIIDC) control based mathematical model of the autonomous platform to minimize the transient response of the aircraft when the store is launched and to effectively reduce the unexpected roll motion that occurs for the pure longitudinal maneuvering in the high AoA and steep turns. As a result of the frequency- and time-domain evaluation, the proposed control method can effectively reduce the transient response for store launch and minimize unexpected roll motion for the pure longitudinal maneuver.

Therefore, this control method can effectively improve flying qualities and mission efficiency by reducing the oscillations and glitches in flight path trajectory.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was partially supported by the NSP DS program, which has received funding from the Ministry of Education and Science of the Republic of Bulgaria under the grant agreement no. Д01-74/19.05.2022.

This work has been accomplished with the financial support from the grant number BG05M2OP001-1.002-0011-C02, financed by the Bulgarian Operational Programme "Science and Education for Smart Growth" (SESG) (2014-2020), and co-financed by the European Union through the European Structural and Investment Funds (ESIF).

REFERENCES

[1] Penev V., Flight Dynamics and Model Based Control for Fixed Wing UAV Demonstrator, 9TH european conference for aeronautics and space sciences (eucass) doi: 10.13009/eucass2022-4660.

[2] Penev V., Tandem UAV with inverse dynamics control, journal of informatics and innovative technologies (JIIT) , 2022, vol 1, 27-40.

[3] Penev V., Design and Performance of Demonstrator of Autonomous Fixed Wing UAV CATLTR, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Vol 52(3), Print ISSN: 0861-6663.

[4] Penev V., Rowlands, G., Georgiev G., Kavardjikov, V., Integrated Fixed Wing UAV Design with MATLAB, Scientific Conference „50 Years Unmanned Aviation in Bulgaria",Technical University, Plovid, 2018.

[5] Penev V., Rowlands,, G., Georgiev, G., Novel Aproach for Multi-Layered and Redundant AHRS in Spin Stabilized Munition, 13th National Congress on Theoretical and Applied Mechanics Sofia, Bulgaria, 6-10th September 2017.

[6] Penev V., Rowlands, G. R., Georgiev, G. L., Low-Cost Robust High Performance Remotely Piloted Autonomous Fixed-Wing System, International Journal of Unmanned Systems Engineering (IJUSEng), Volume 4 Number 1,, Number 1,, 2016, ISSN:2052-112X, 23-36.

[7] Curtis M., Ridgely, Brett, Missile Longitudinal Autopilots: Comparison of Multiple Three Loop Topologies, Session: GNC-63: Missile Autopilots, Published Online: Jun 2012https://doi.org/10.2514/6.2005-6380.

[8] Wojciech B., Jacek A. Goszczyński, Mariusz Krawczyk; The inverse simulation study of aircraft flight path reconstruction.

[9] Caughey D. A. (2011) Introduction to Aircraft Stability and Control, Course Notes for Mechanical & Aerospace Engineering, Cornell University, New York, USA, 2011.

[10] Jackson, E. B., and C. L. Cruz (1992) Preliminary Subsonic Aerodynamic Model for Simulation Studies of the HL-20 Lifting Body," NASA TM4302 (August 1992).

[11] Karas O. (2012) UAV Simulation Environment for Autonomous Flight Control Algorithms, West Virginia University, 2012.

[12] Ali J., Salman, S. A., Sreenatha, A. G., and Choi, J. Y. (2006) Attitude Dynamics Identification of Unmanned Aircraft Vehicle, Int. J. Control. Autom. ans Syst., no. 1, pp. 782–787, 2006.

[13] Arifianto O. and Farhood, M., (2015) Development and Modeling of a Low-Cost Unmanned Aerial Vehicle Research Platform," vol. 80, pp. 139–164, 2015.

[14] Stengel R. F. (2004) Flight Dynamics, Princeton University Press, Princeton, 2004.

[15] Penev V., Zlateva, P., Rowlands, G., Georgiev, G.. Gyro Stabilized Roll and Pitch Gimbal Controller with Sliding Mode Control, International Journal of Unmanned Systems Engineering (IJUSEng), 2016, ISSN:2052-112X

ISSN 2682-9584

КИБЕР ФИЗИЧНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВЪДНИ ФЕРМИ

Кристиян Димитров
Институт по информационни и
комуникационни технологии -
Българска академия на науките
София, България
e-mail: kristiansdimitrov@dmail.com

Резюме: Статията представя Кибер физична система изградена на базата на софтуер с отворен код OpenHab и интернет на нещата. Системата може лесно да се конфигурира и видоизменя за приложение в различни стопанства за отглеждане на животни. Хардуера се състои от ценово ориентирани компоненти, като това намалява първоначалните инвестиции за изграждането и. Разработени са алгоритми за контрол на микроклимата на кравеферма, свинеферма и птицеферма, които позволяват автономна промяна на подържаните параметри спрямо възрастта на животните. Проведени са тестове с различни модели сензори и управляващи механизми, свързани посредством контролери Node-MCU през Wi-Fi мрежа или през Modbus към сървър Raspberry PI 4 8GB. Констатирана е безпроблемна работа при едновременно отчитане и управление на 240 сензора и управляващи механизми, което е достатъчно за една малка или средноголяма ферма. При различни тестове в лабораторни условия беше потвърдена функционалността на системата в различните и разновидности.

Ключови думи: кибер физична система, OpenHUB, IoT, интелигентно животновъдство.

I. Увод

Повишеното търсене на месо и млечни продукти през последните години [1] и очаквания безпрецедентен темп на нарастване на населението по данни на Организация по прехрана и земеделие към ООН [2] предполага съществуването на голям брой ферми и създаване на нови, което води до натиск на пазара както и до голяма конкуренцията и търсене на продукция с по-ниска цена. От гледна точка на хуманното отношения към животните се налага отглеждането им да бъде съобразено с петте категории грижи като хранене, околна среда, здраве, поведение и психическо състояние [3] , като добрия микроклимат включва намаляване на термичния стрес [4] и осигуряване на добра вентилация за отвеждане на образуваните вредни газове.

Това може да бъде постигнато със системи за автоматизация, при изграждането на които е необходим голям първоначален капитал, който е непосилен за някои от по-малките и средни стопанства. Предложената система може значително да намали разходите, и да позволи по-широкото използване на системите за автоматизация и управление на микроклимата в кравеферми, свинеферми и птицеферми.

За реализирането на системата за всяко едно от горните приложения е направено проучване което включва методите на отглеждане на животните, определяне на важните за тях параметри на микроклимата, както и необходимостта от оборудване като системи за вентилация, отопление, охлаждане, дезинфекция и контролиране на влажността. Като при това е намерен баланс между поддържане на благоприятна за животните среда и извършване на минимални експлоатационни разходи.

II. Специфики при различните животновъдни ферми

A. Поддържане на микроклимат в свинеферма

1) Параметри на околната среда

При отглеждането на прасета, изключително важно е да се контролират температурата, влажността и скоростта на движение на въздуха, съобразени с възрастта и категорията на животните [5], като параметрите са показани в Таблица 1. Освен това трябва да се следи за образуване на вредни газове като амоняк (NH_3), въглероден диоксид (CO_2), сероводород (H_2S), както и за праховата контаминация [5].

ТАБЛИЦА 1 Температура, относителна влажност и скорост на движение на въздуха спрямо категорията прасета

Категория	Температура, [°C]	Относителна влажност, [%]	Скорост на движение на въздуха, [m/s]
	min/opt/max	*min/opt/max*	*топъл/студен период*
1 - 3 дни	30/32/34	50/60/70	0,4/0,2
4 - 7 дни	28//3032	50/60/70	0,4/0,2
8 - 14 дни	25/28/30	50/60/70	0,4/0,2
14 - 21 дни	22/25/26	50/60/70	0,4/0,2
21 - 28 дни	20/23/25	50/60/70	0,4/0,2
28 - 35 дни	18/20/25	50/60/70	0,4/0,2
Подрастващи	17/19/25	50/60/70	0,6/0,2
Нерези	8/15/25	60/70/85	1/0,3
Неоплодени или условно бременни	12/15/25	60/70/85	0,4/0,2
Бременни	15/19/25	60/70/85	0,4/0,2
Опрасени	18/20/27	60/70/85	0,4/0,2
Прасета за угояване:			
От 50 до 80 кг	15/18/22	60/70/85	0,8/0,3
От 80 до 110 кг	15/17/22	60/70/85	0,8/0,3
Над 110 кг	12/16/20	60/70/85	0,8/0,3

ISSN 2682-9584

Концентрацията над определени норми и продължителното излагане на нея, може да причини влошаване на здравословното състояние на животните и намаляване производителността [6]. При много висока концентрация може да се стигне до смърт на животните и дори и на персонала [7]. Допустимите стойности са както следва: NH_3 до 5ppm, CO_2 до 2500ppm, като не се допуска наличието на H_2S. Средно-денонощната прахова контаминация не трябва да превишава 5мг/м³ [5].

2) Системи за контрол на микроклимата

За да може да работи предложената Кибер физична система (КФС) в свинеферма, задължително трябва да е налична вентилационна система, жалузи с възможност за позиционирано отваряне както и система за отопление. Тя може да контролира и система за охлаждане, която може да бъде посредством климатична система, пръскачки за изпарително охлаждане или комбинирана. Пръскачките се ползват и за контрол на влажността. Отделно КФС може да управлява система от пръскачки с ниско налягане за разкисване преди почистване, както и система за дезинфекция.

Прасетата се отглеждат в отделни помещения спрямо възрастта и категорията им, което изиска поддържане на различни условия като температура, влажност и скорост на движение на въздуха. Много често помещенията са разделени само с решетъчни прегради, което налага прасета от различни категории да се намират в условията на еднакъв микроклимат. Затова параметрите за различните категории свине които са предварителното настроени в системата, могат да се променят. Освен това е възможно създаване на нови категории по преценка на технолога в които да се зададат параметри подходящи за различните категории прасета, намиращи се в помещението.

B. Поддържане на микроклимат в краве ферма

1) Параметри на околната среда

Поддържането на микроклимата в краве ферма позволява много широко вариране на температурите в помещенията [5]. Те могат да се видят в Таблица 2. Но по-важния параметър който трябва да се съблюдава и регулира е температурно-влажностния индекс (THI) и поддържането му в граници съответстващи със зоната на комфорт на кравите. За да се намират в термо-неутралната зона, при възрасти крави THI не трябва да превишава 71.

ТАБЛИЦА 2 ТЕМПЕРАТУРА, ОТНОСИТЕЛНА ВЛАЖНОСТ И СКОРОСТ НА ДВИЖЕНИЕ НА ВЪЗДУХА В КРАВЕФЕРМА

Категория	Температура, [°C]	Относителна влажност, [%]	Скорост на движение на въздуха, [m/s]
	min/opt/max	*min/opt/max*	*топъл/студен период*
Крави	5/10-15/28	50/70-75/85	0,5-1/0,2
Родилно	10/12-15/28	50/60-75/80	0,3-0,5/0,2
Телета профилакториум	10/15-20/28	50/60-75/80	0,3-0,5/0,2
Телета до 3 месеца	10/15-18/28	50/60-75/80	0,3-0,5/0,2

В тази зона производителността на месо и мляко е най-висока. При 72 < THI < 79 говорим за умерен топлинен стрес, който повлиява единствено добива на мляко. При 80 < THI < 99 се получава тежък топлинен стрес, което може да доведе но влошаване на здравословното състояния на животните. Стойности на THI > 100 водят до висока смъртност на кравите.

Трябва да се спазват и нормите за вредни газове което изисква осигуряване на добра вентилация на помещенията. Допустимите норми за дойни крави и говеда са: За амоняк NH_3 < 26ppm, въглероден оксид CO<4.4ppm и сероводород H_2S < 7,2ppm [5]. За въглероден диоксид CO_2 < 2500ppm и метан CH_4 < 762ppm [8]. При телета под 6 месеца има по-строги изисквания съответно за NH_3 < 7,2ppm и за CO_2 < 2000ppm [9].

2) Системи за контрол на микроклимата

За работата на системата е необходимо кравефермата да бъде оборудвана с вентилационна система, отопление, изпарително охлаждане и управляеми вентилационни отвори. Вентилацията включва освен изсмукващи вентилатори, и циркулационни такива които обдухват говедата в топлите периоди. За да се постигне добро охлаждане системата може да управлява както пръскачки за изпарително охлаждане, които от своя страна повишават значително относителната влажност, така и пръскачки с ниско налягане за директно намокряне на кравите, при което относителната влажност на въздуха се увеличава по-малко.

C. Поддържане на микроклимат в птицеферма

1) Параметри на околната среда

Както при отглеждането на прасета и крави, така и при бройлерите е необходимо поддържането на определена температура, относителна влажност и скорост на движение на въздуха [5] показани в Таблица 3, за да се поддържа зона на комфорт, благоприятна за тях. Извън тази зона, намалява приема на храна, а част от енергията освободена от приетата храна, вместо да се усвоява за растеж, се изразходва за поддържане на телесната температура [10]. Поради факта, че пилетата се охлаждат главно чрез изпаряване на вода при дишането, влажността в помещението се повишава значително и е необходимо да се осъществи адекватна вентилация [10].

ТАБЛИЦА 3 ТЕМПЕРАТУРА, ОТНОСИТЕЛНА ВЛАЖНОСТ И СКОРОСТ НА ДВИЖЕНИЕ НА ВЪЗДУХА В ПТИЦЕФЕРМА

Категория	Температура, [°C]	Относителна влажност, [%]	Скорост на движение на въздуха, [m/s]
	min/max	*min/max*	*При температура по-ниска от максималната*
1 - 2 дни	36/33	72/75	от 0,2 до 0,3
3 - 4 дни	33/31	72/75	от 0,2 до 0,3
5 - 6 дни	31/30	72/75	от 0,2 до 0,3
7 - 10 дни	30/27	70/75	от 0,2 до 0,3
11 - 15 дни	27/24	70/75	от 0,2 до 0,3
16 - 20 дни	24/22	65/70	от 0,2 до 0,3
21 - 25 дни	22/21	65/70	от 0,2 до 0,3
26 – 30 дни	21/20	60/65	от 0,2 до 0,3
31 - 35 дни	20/19	60/65	от 0,2 до 0,3
Над 35 дни	18	60/65	от 0,2 до 0,3

ISSN 2682-9584

В противен случай може да се стигне до развитие на микроорганизми и сериозно увреждане на здравословното състояние на бройлерите [11]. Трябва също да се следи концентрацията на вредни газове да е в съответните норми, а именно: въглероден диоксид CO_2 < 3000ppm, въглероден оксид CO < 4,4ppm, амоняк NH_3 < 15ppm като както и в свинефермите не се допуска наличието на сероводород H_2S [5].

2) Видове вентилация

Вентилацията в птицефермите се разделя на три типа: минимална, преходна и тунелна. Минималната вентилация се прилага при ниски температури както тя се състои в това, че на определено време, най често около пет минути се отварят жалузите в определена позиция, а вентилаторите изсмукват въздуха от халето, като е необходимо да се подържа определена разликата между атмосферното налягането вътре в сградата и отвън. Това е т.н. диференциално налягане. При поддържането на определена стойност се гарантира, че студения въздух навлизащ през жалузите има достатъчна скорост, за да се смеси с топлия въздух близо до тавана на птицефермата. Така се избягва падането му директно към пода и постелята на пилетата, което може да предизвика овлажняване и отделяне на големи количества вредни газове [10]. Времето на работа, позицията на жалузите и скоростта на вентилаторите трябва да бъде съобразена с външната и вътрешна температура, количеството живо тегло на бройлерите и наличието на вредни газове от една страна, както и с енергийната ефективност от друга.

Преходната вентилация се различава от минималната по това, че вентилацията работи непрекъснато, а се регулират отвора на жалузите и скоростта на вентилаторите.

Тунелната вентилация се използва в топло време, когато преходната вентилация не може да подържа достатъчно ниска температура в сградата. При нея се използват други вентилатори позиционирани на едната къса страна, на сградата, а на срещуположната се намират големи тунелни отвори през които навлиза въздуха. Охлаждането на бройлерите се реализира чрез увеличаване на скоростта на движение на въздуха над 0,5м/с при което птиците усещат по-ниска температура от тази на въздуха. Скоростта на движение на въздуха може да бъде увеличена до 1м/с за малки пиленца [10] и до 3м/с за възрастни [12]. Втория метод е чрез използване на изпарително охлаждане, като за целта е необходимо да се монтират изпарителни пити на тунелните отвори. Изпарителното охлаждане с пръскачки не е подходящо за птицеферми освен в страни с пустинен климат, поради възможността от намокряне на постелята, което причинява повишено отделяне на вредни газове [10]. Температурата която усещат птиците зависи не само от температурата и скоростта на въздуха, но и от относителната му влажност.

3) Системи за контрол на микроклимата

Вентилационната система има три типа вентилатори. Първите се използват в режимите на минимална и преходна вентилация за да изсмуква топлия и влажен въздъх, когато жалузите са отворени.

Втория тип вентилатори се използват само в режим на минимална вентилация когато жалузите са затворени и е необходимо топлия въздух намиращ се високо до тавана да се свали към нивото на пилетата. Третия вид са споменатите по-горе тунелни вентилатори. Необходими за работата на системата са отопление и изпарителни пити за охлаждане.

С цел създаване на автономно управление на трите вида вентилации, и възможността КФС сама да сменя режимите на работа, е разработен метод при който системата след като премине в режим на тунелна вентилация, се управлява на базата на усещаната температура. Тя зависи от възрастта на пилетата, температурата, скоростта и относителната влажност на въздуха, като е използвана зависимостта на температурно влажностния индекс (THI), както и изследвания [13] при които е установено, че поведението, физическото състояние и хранителния режим не се променят при промяна на температурата и относителната влажност като се поддържа непроменен THI. Стойностите на усещаната температура също са установени опитно от Czarick [14], и други автори [12,15]. Данните за различни възрасти и температури нужни за работата на системата са допълнени чрез интерполация и екстраполация.

III. Компоненти и характеристики на системата

Предложената КФС се състои от няколко основни компонента. На първо място това е сървър Raspberry PI 4 8GB с инсталирана операционна система OpenHab3.0. Необходим е рутер с Wi-Fi мрежа, като при по-големи ферми с преградни стени може да се използват няколко Access point към една мрежа. В зависимост от вида на сензорите, връзките към тях са реализирани по ModBus, или през Wi-Fi мрежа посредством модули NodeMCU ESP8266. Данните от сензорите се предават с помощта на MQTT Brocker, като времето за предаване за целите на системата е настроено на 1 минута с изключение на сензора за диференциално налягане който се следи в реално време. Информацията се записва в регистри, от които системата отчита текущото състояние на параметрите. Системата има възможност за извеждане на данните за определен период както таблично, така и графично, за да може да се проследи как се променят подържаните параметри в рамките на деня, седмицата или месеца например. Конфигурацията на сървъра в OpenHUB се извършва чрез създаване и редактиране на няколко групи текстови файлове изброени по-долу.

- addons.cfg – съдържа основни настройки на системата като в него са отбелязани кои инсталационни пакети да се изпълняват като:
  - persistence – дефинирани са бази данни за запис и четене
  - binding – съдържа конфигурация на протоколите за устройствата
  - transformation – използват са за преобразуване на необработена информация в такава която е четима от човек
  - package, remote, automation, misc, ui, voice

ISSN 2682-9584

- Файлове с следните разширения:
  - .things – съдържат конфигурацията на всички входно – изходни физически крайни устройства като сензори и системи които могат да се управляват.
  - .items – осъществяват връзката между крайните устройства и виртуалния слой на системата. В тях има възможност за създаване на групи от крайни устройства които могат да се управляват едновременно, или групи от сензори от които да се вземат средни стойности. В item се описва и канала за връзка (channel) за получаване и изпращане на данни от и към крайните устройства (thing).
  - .persist – дефинирани са стратегии като: при промяна, на всяка минута, на всеки 10 минути, веднъж дневно и т.н. и са описани кои параметри коя стратегия да използват и в коя база данни да се записват.
  - .rules – в тях по лесен начин се описват правилата за автоматизирано изпълнение на процеси.
  - .sitemap – съдържа опростена текстова дефиниция на потребителския интерфейс (UI).

IV. Принцип на работа и блокова схема

Фигура 1 показва блокова схема на процесите изпълнявани от КФС. При стартиране е необходимо да се въведат данни за вида на животните. След което се избира дали да се стартира работен цикъл, или подготовка на помещението преди настаняване на животните. При режим на птицеферма е необходимо да се въведат възраст и брой на заложените пилета. При краве ферма и свиноферма е необходимо да се избере съответната категория в която попадат животните и за кое помещение се отнасят настройките. След стартиране на системата приоритетно се изпълнява проверката за наличие на вредни газове, като се отчитат стойностите от съответните регистри, които се обновяват на всяка минута. При достигане на определена стойност по-ниска от максимално допустимата, системата записва корекции които определят с колко стъпки да се увеличат отворите на жалузите и мощността на вентилацията, за да не се стигне до максимално допустимите стойности на наблюдаваните газове. Ако въпреки това те се достигнат, системата увеличава още повече вентилацията и отворите, като междувременно подържа вътрешната температура и съобразява вентилацията с външната. Освен това изпраща съобщение до оператора със стойността на съответния параметър превишил нормата. На втори етап се отчитат температурата и относителната влажност, които определят работата на отоплението, охлаждането или пръскачките за изпарителното охлаждане, съобразени с мерките при наличие на вредните газове. При минимална и преходна вентилация в птицеферма се измерва и диференциалното налягане, като то се измерва непрекъснато в процеса на работа на вентилаторите. Това позволява коригиране на мощността им ако се наложи.

В тези режими на вентилацията, както и в краве ферма и свиноферма, отвора на жалузите и мощността на вентилацията е функция зависеща от вътрешната и външната температура, влажността и от записаните корекции ако има такива, при наличието на определени стойности на вредните газове.



Фиг. 1. Обобщена блокова схема на принципа на работа на предложената КФС

При определени условия системата задейства циркулационните вентилатори, а в края на цикъла отчита изминалото време от стартиране и ако е необходимо променя подържаните условия спрямо възрастта на животните. Системата може също да бъде спряна за извършване на почистване и дезинфекция, като тогава влиза в специални режими на вентилацията, омокряне и разкисване на засъхналите замърсявания и разпръскване на дезинфектант.

V. Проведени тестове

Първи етап на проведените тестове включваше подбор на сензори, като освен точност, сензорите бяха подложени на непрекъсната работа в продължение на два месеца. Тестовете включваха следните сензори необходими в различни конфигурации и бройки за трите вида животновъдни ферми.

ISSN 2682-9584

За температура и относителна влажност RH бяха тествани сензори DHT22 (Температура от −40 до 80°C, стъпка 0,1°C, точност ±0,5°C, RH от 0 до 100%, стъпка 0,1, точност ±2%) и DHT21 (Температура от −40 до 80°C, стъпка 0,1°C, точност ±0,5°C, RH от 0 до 100%, стъпка 0,1, точност ±3%) които не са водоустойчиви, както и SHT35 (Температура от −40 до 125°C, стъпка 0,1°C, точност ±0,2°C, RH от 0 до 100%, стъпка 0,1, точност ±1,5%), който е подходящ както за вътрешна, така и за външна употреба.

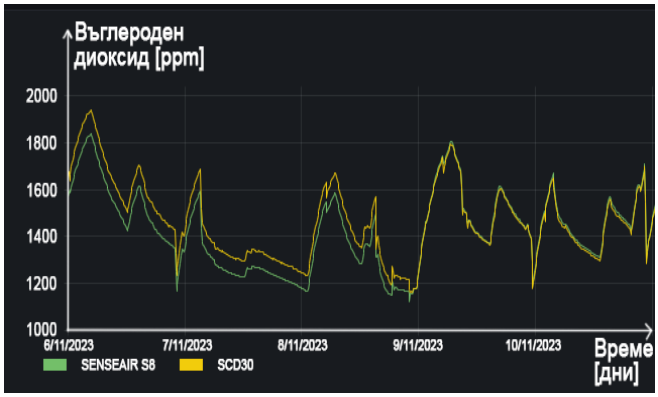
За въглероден диоксид, температура и RH - SCD30 (CO_2 от 400 до 10000ppm, стъпка 1ppm, точност ±30ppm ±3%, температура от −40 до 70°C, стъпка 0,1°C, точност ±0,4°C, RH от 0 до 95%, стъпка 0,1, точност ±3%), както и Senseair S8 за въглероден диоксид(от 400 до 10000ppm, стъпка 1ppm, точност ±30ppm ±3%).

За температура на вода DS18B20 (от −40 до 80°C, стъпка 0,1°C, точност ±0,5°C).

За скорост на движение на въздуха QVM 62.1 (от 0 до 5m/s, стъпка 0,1m/s, точност ±0.2m/s + 3%).

Диференциално налягане A2G-50 (от −100 до 2500Pa в 8 обхвата, стъпка 1Pa, точност ±1% +2Pa).

За целия период на тестовете не бяха установени грешни измервания или прекъсване на сигнала. Отклонението на сензорите за температура, RH и CO_2 поставени на едно място бяха в допустимите граници спрямо спецификациите. Въпреки това трябва да се вземе под внимание отклонението на сензорите за CO_2 което може да достигне до 100ppm (Фиг.2). От гледна точна на надеждност при употреба във ферми могат да се използват по 2 сензора с отчитане средна стойност, като при установени разлики над зададени стойности системата може да изпрати съобщение до оператора.



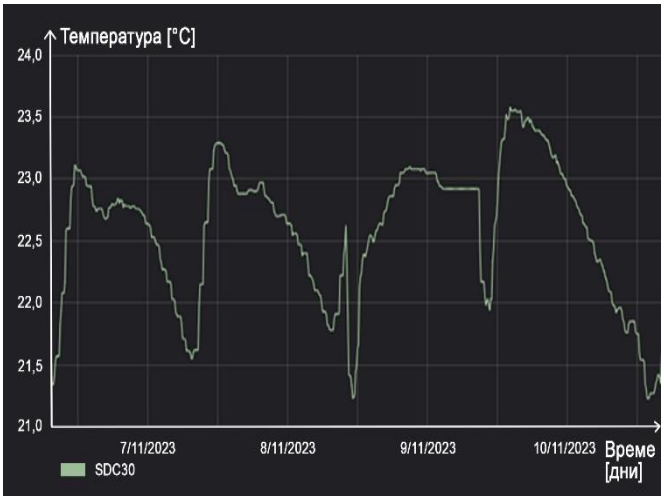
Фиг. 2. Графичен изглед на концентрацията на въглероден диоксид по време на лабораторни тестове на системата в режим на свинеферма със сензори Senseair S8 и SCD30.

Не са тествани сензори за другите вредни газове като NH_3, CH_4, CO и H_2S, защото при работата на всяка една от трите системи предприетите мерки за отстраняване на който и да е от вредните газове превишаващ определено количество са едни и същи.

На втори етап бяха проведени тестове на системата при едновременно отчитане на голям брой сензори и изпълнителни механизми. Бяха използвани 36 броя сензори за температура и относителна влажност SHT35 и 36 броя токови сензори. Управляваха се 36 броя линейни актюатора, 36 броя нагреватели, 36 броя вентилатори и 72 броя сигнални лампи. Системата работеше в реално време без видимо забавяне в работата си.

Въпреки че системата не е тествана в животновъдна ферма, бяха реализирани опитни постановки в лабораторни условия, при което бяха тествани алгоритмите за управление в различни ситуации. Вместо сигнали от реалните сензори, през MQTT Brocker бяха подавани данни които симулираха различни възможни ситуации. Беше установено, че системата управлява коректно всички изпълнителни механизми, като регулира мощността на нагревателя, или го изключва когато е необходимо, управлява оборотите на вентилатора (вентилацията). Позиционира жалузите в избраната позиция, като управлява задвижващият ги двигател, както и включва и изключва релетата за управление на пръскачките за изпарително охлаждане, пръскачки ниско налягане и клапана за дезинфекция.

На Фиг. 3 може да се проследи поддържане на температурата между зададените стойности от 21 до 24°C в помещение чрез регулиране на вентилацията и вентилационния отвор.



Фиг. 3. Подържане на температура в режим на свинеферма.

VI. Заключение

В статията е обърнато внимание на параметрите на околната среда осигуряващи зона на комфорт на животните в разгледаните животновъдни ферми. Така, освен хуманно отношение към животните се осигурява по-добра производителност и подобряване на здравословното им състояние.

Предложената КФС предлага няколко предимства, като на първо място това е по-ниската цена спрямо подобни системи. Тук оказват влияние не само безплатния софтуер и ценово ориентираните компоненти, но и факта, че почти всички връзки са през Wi-Fi мрежа и окабеляването е сведено до минимум. Системата е подходяща както за новостроящи се животновъдни ферми, така и за такива с изградена или частично изградена автоматизация, като има възможност за свързване с всякакви видове сензори и изпълнителни механизми.

Направените тестове показаха, че системата може да работи в реално време, като изпълнява зададените алгоритми и подържа параметрите на околната среда в необходимите граници. Установи се и възможността и да управлява сравнително голям брой изпълнителни механизми и да регистрира данните от голям брой сензори което би и позволило да работи в малки и средноголеми стопанства.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследванията, довели до тези резултати, са финансирани от Министерството на образованието и науката по Национална научна програма ИНТЕЛИГЕНТНО ЖИВОТНОВЪДСТВО, договор за безвъзмездна финансова помощ N D01-62/18.03.2021 г."

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] FAO. 2023. Food Outlook – Biannual report on global food markets. Rome. https://doi.org/10.4060/cc3020en

[2] Molotoks, A.; Smith, P.; Dawson, T.P. Impacts of land use, population, and climate change on global food security. Food Energy Secur. 2021, 10, e261.

[3] Mellor, D.J.; Beausoleil, N.J. Extending the “Five Domains” model for animal welfare assessment to incorporate positive welfare states. Anim. Welf. 2015, 24, 241–253.

[4] Nienabe. J.A. r, G.L. Hahn, Livestock production system management responses to thermal challenges, International Journal of Biometeorology, Volume 52, pages 149–157, (2007)

[5] Regulation № 44 from 20 April 2006 for veterinary medical requirments for livestock facilities of the Ministry of Agriculture in Bulgaria

[6] Cristina M. Santanaa, Phillip Gaugera, Amber Vetgera, Drew Magstadta, Dong-Suk Kima, Denusha Shresthab, Chandrashekhar Charavaryamathb, and Wilson K. Rumbeihac, Ambient hydrogen sulfide exposure increases the severity of influenza Avirus infection in swine, Mar 2021

[7] Marta MARSZAŁEK, Zygmunt KOWALSKI and Agnieszka MAKARA, Emission of greenhouse gases and odorants from pig slurry – Effect on the environment and methods of its reduction, 2018

[8] Regulation № 13 from 30 December 2003 of the Ministry of Labor and Social Policy and the Ministry of Health in Bulgaria, On protection of worker from risks related to exposure of chemical agents at work. In power from 31.01.2005

[9] Regulation № 14 from 3 February 2006. for minimum requirments for protection and human behavior when breeding calves. In power from 01.05.2006. of the Ministry of Agriculture in Bulgaria.

[10] Donald, J.O. Environmental Management in the Broiler House; Auburn University: Auburn, AL, USA, 2010

[11] Bruce, J.; Drysdale, E.M. Trans-shell transmission. In Microbiology of the Avian Egg; Board, R.G., Fuller, R., Eds.; Chapman and Hall: London, UK, 1994; pp. 63–91.

[12] Publisher—Avigen, Ross Broiler Management Handbook 2018. 2018.

[13] Kim, D.-H.; Lee, Y.-K.; Kim, S.-H.; Lee, K.-W. High Temperature with Low Humidity or Vice Versa Does Not Affect Performance and Physiology of Laying Hens—Preprints. Available online: www.preprints.org (accessed on 6 November 2020).

[14] Czarick, M.; Lacy, M.P.; Lott, B. Poultry Housing Tips, Recent Developments in Wind-Chill Charts; College of Agricultural and Environmental Science: Athens, GA, USA, 1999; Volume 11.

[15] Donald, J.; Campbell, J.; Simpson, G.; Macklin, K. Poultry Engineering, Economics & Management, National Poultry Technology Center Produced in Cooperation with the U.S. Poultry & Egg and Alabama Poultry & Egg Associations Issue No 67; Auburn University: Auburn, AL, USA, 2010.

A CYBER-PHYSICAL SYSTEM FOR MICROCLIMATE MANAGEMENT IN LIVESTOCK FARMS

Kristiyan Dimitrov
Institute of Information and
Communication Technologies,
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
e-mail: kristiansdimitrov@dmail.com

Abstract: The article presents a Cyber physical system implemented using OpenHab open-source software and the Internet of Things. The system can be easily configured and modified for application in different livestock farms. The hardware consists of cost-oriented components, which reduces the initial investment to build it. Algorithms for controlling the microclimate of cow farms, pig farms and poultry farms have been developed, which allow an autonomous change of the maintained parameters according to the age of the animals. Experiments were carried out with different types of sensors and control mechanisms connected by means of Node-MCU controllers via a Wi-Fi network or via Modbus to a Raspberry PI 4 8GB server. Trouble-free operation was found when simultaneously reading and controlling 240 sensors and actuators, which is sufficient for a small or medium-sized farm. During various tests in laboratory conditions, the functionality of the system was confirmed in its various variants.

Key words: cyber-physical systems, OpenHUB, IoT, intelligent animal husbandry, automation algorithms

ISSN 2682-9584

PERSPECTIVES FOR DETERMINING THE PARAMETERS AND MOTION OF DYNAMIC OBJECTS WITH TVMS AND FPGA

Rosen Spirov
IR - BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: rosenspirov966@abv.bg

Emil Petrov
IR - BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: epetroff@abv.bg

Abstract. The methodology for determining the coordinates of a moving object is presented with a mathematical model study, behavioral description and FPGA implementation. The object is tracked with two stereo TV cameras that follow the dynamic object and photograph it. Photographs are frames that are digitally processed and the object's coordinates and movement parameters are determined.

Keywords: FPGA, dynamic object, image processing, TV

I. INTRODUCTION

Looking back over the past twenty years, there has been an increased interest and development in signal and image processing. In the beginning, computer image processing was expensive and slow with a preponderance of use mainly for scientific research. Technological rearmament revolutionized TVIS and soon computer processing became accessible and cheap to implement and many applications.

In the design and analysis of TVMS for image processing, it is often necessary to transform images from analog to digital form. Various mathematical models have been created for image conversion and digital processing, providing opportunities for measurements and calculations to solve various tasks.

II. PROBLEMS AND METHODOLOGY

A. Theoretical setting

There are many examples in the scientific literature and many models have been created to represent the human visual system. Fig. 1 presents a typical example from a medical atlas of the anatomical organs and neural pathways of the human visual tract and the processes involved. Medicine as a science has studied the regularities and connections between the anatomy of the human eye and the processes of higher nervous activity of the brain, creating a special form of perception through the construction of mental images [1].

TV tracking systems measure the parameters of the relative movement of a given object in relation to a TV system. In TV systems with a single sensor, the addressing of the developing beam gives information about the location of the given object in the field of the frame. In stereo methods, the images obtained from the two sensors differ in the location of the objects on their rasters and are determined by the different observation points [3].

In the third stage of the scheme, the half-frame parity signal is obtained from the line and half-frame frequencies, forming half-frame synchro pulses - HCSI. The adder creates the complex synchronous pulse - SYNC.

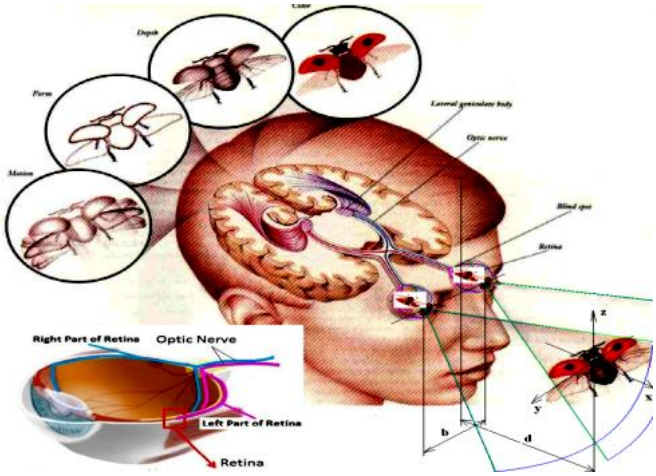


Fig. 1. Formation of visual images in humans

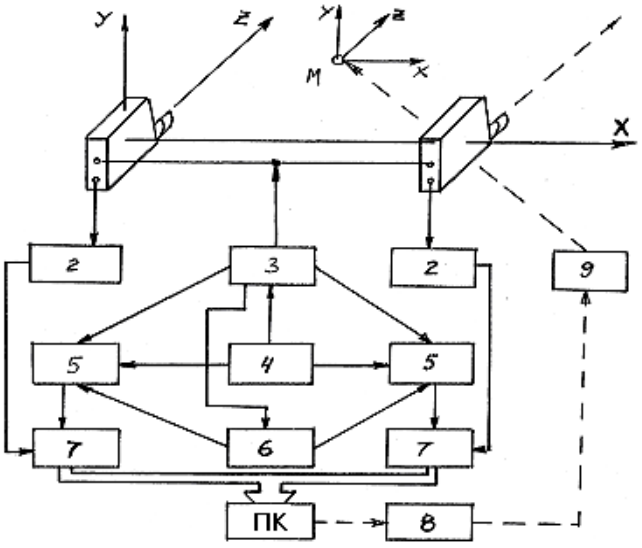


Fig. 2. TVMS with auto-targeting

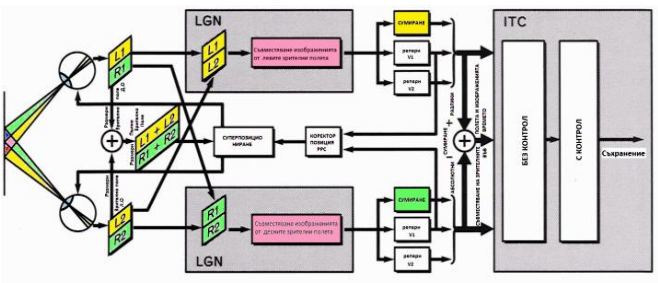


Fig. 3. Binocular model of the visual tract

ISSN 2682-9584

The logic for selecting the observed object marks the occurrence of elements from the image in the lines of the TV development and one is output from the reports. The coordinates of the object are determined from the markers and their changes are monitored. The TVMS system follows the presented binocular model of the human visual tract, presented with the block diagram [2]:

The purpose of the proposed methodology is computer determination of six degrees of freedom of a rigid dynamic body, by measuring the coordinates of three light benchmarks from it with a stereo TVMS. The proposed methodology was developed with the aim of application in the study of dynamic objects and movement parameters, such as ships, airplanes, cars, etc. vehicles and the presence of on-board lights. The observed object is a ship in the water area of a bay. The cameras that track the model together with the Moire sensors generate the input data for the calculations [4].

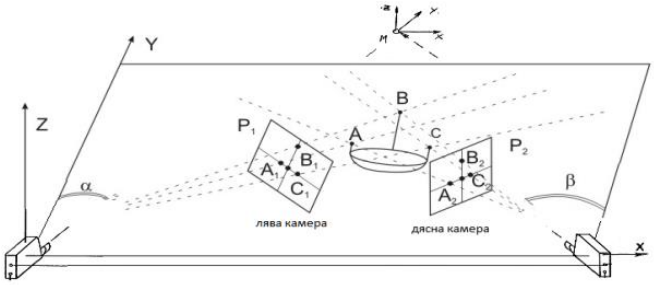


Fig. 4. Diagram of a measurement system [4]

Today, digital technologies are a prerequisite for freedom and human awareness in modern society and a direction for development [12].

The main idea of this method is a basic principle, ie. if we know the coordinates of three points on a solid, it means that we have a precise definition of its exact position and orientation. The position of the ship model is calculated using the two rotation angles α and β. The orientation of the model is set by the coordinates of the three point light sources on the TV screen.

B. Digital image processing

The digitization of business today is a prerequisite for changing business models for applying modern digital technologies in enterprises [6]. The experimental set-up is based on the use of TVMS with two cameras that continuously monitor and capture an object designated for investigation. The latter is a body on which three benchmarks with emitting light sources are fixed, which visually describe the trajectory of movement.

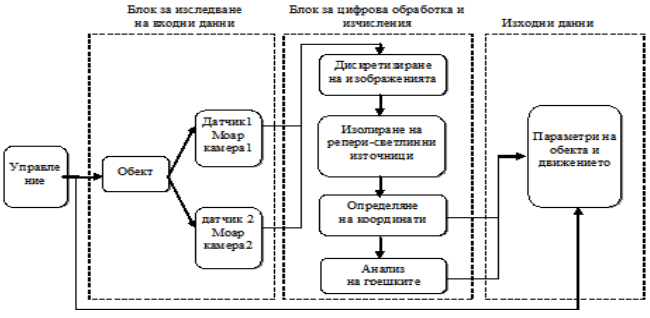


Fig. 5. Block diagram of measurement.

The data captured by the cameras are subjected to discretization and subsequent digital processing to obtain the necessary parameters and determine the location of specified point light sources representing dynamic objects. After sampling, each pixel of the image is given its own X and Y coordinates, and with a selected video standard with 625 lines / 575 active / for which the following definition is obtained:

$$\forall P(x,y): \begin{cases} 0 < x < 720 \\ 0 < y < 575 \end{cases} \quad (1)$$

The main task is to isolate specific light sources. Point light sources are selected that have complete symmetry, and this makes their detection in the image faster and easier. The three point light sources are located at different heights on board the ship. Through segmentation, the boundaries of the searched image are determined. For the case, segmentation of the image was used experimentally, and a global brightness threshold of level 230 was determined. The result can be seen in Fig.6.

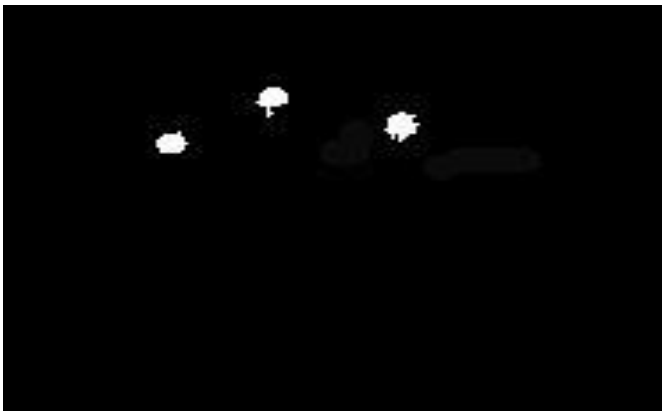


Fig. 6. Object image segmentation.

The segmented image is made based on test frame trials. The binary information packets coming from the two cameras are stored in memory for post-processing [4].

III. CALCULATION OF COORDINATES

The Figure 7 shows the basic steps of the method. The input block provides the data needed for the next stage of calculations. The digital calculation block performs analysis and calculation procedures, filtering and interpolations

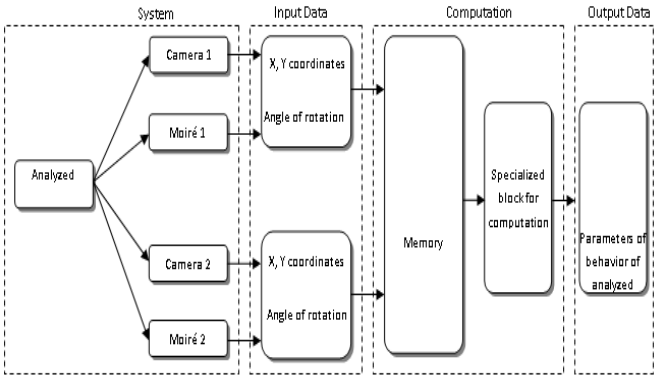


Fig. 7. Flowchart of the stages of digital image processing

ISSN 2682-9584

After segmentation of the image, the three reference light sources are isolated. The following is a process of determining the center of gravity of each of them. Therefore, find the pixel with the minimum value of x = xmin for its coordinate and the pixel with the maximum value of its coordinate x= xmax . The bounding lines defined by these two pixels are constructed:

$$k:\begin{cases} x = x_{\min} \\ y \end{cases} \qquad l:\begin{cases} x = x_{\max} \\ y \end{cases} \tag{2}$$

The required pair of lines bounding the image along y are similarly determined.

$$m:\begin{cases} x \\ y = y_{\min} \end{cases} \qquad n:\begin{cases} x \\ y = y_{\max} \end{cases} \tag{3}$$

The area enclosed by the four lines is the object of study. To determine the center of gravity of the light source, it is necessary to find the point A determined by the intersection of the lines [8]:

$$\{A\}:\left(\frac{x_{\min}+x_{\max}}{2};y\right)\cap\left(x;\frac{y_{\min}+y_{\max}}{2}\right) \tag{4}$$

The point obtained from the intersection of the two lines is the obtained center of gravity /fig.8/.



Fig. 8. Obtaining boundary lines and determining the center of gravity

The symmetry of the point light source facilitates calculations. Similarly, the coordinates of the center of gravity and the other two light sources are determined.

The determination of the real coordinates of the studied model is carried out using the relative coordinates and the data captured by the Moiré sensors. The rotation angles α and β are determined by the rotation of the measurement lines with the Moiré sensors shown in Fig.9 [7].

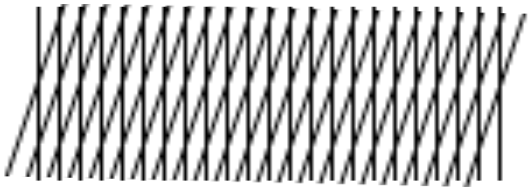


Fig. 9. Moiré line matrix

The moiré matrix consists of two identical grids that have the following parameters: l - lattice constant; γ - angle of the raster period between the grids. When the two gratings are absolutely parallel, no fringing is observed, only dark and light fields can be seen. When there is a small angle between the gratings, there is a moiré pattern. The distance T between them is determined by the following formula [8]:

$$T = \frac{l}{2\sin\frac{\gamma}{2}} \tag{5}$$

This concept is used in pulse measurement of angular rotation. The optical axes of the two TV cameras using an automatic tracking system are always focused on tracking the object [9]. The readings from both cameras are synchronized with each other via timecode to obtain accurate data at the same time. Thus, the location of the object is determined by two angles of rotation.

IV. Experimental results

Both cameras have initial sync and operate from 0˚ to 90˚ in 1' increments. Determining the position of the object in the field of view of the cameras is done by reading the X and Y coordinates of the analyzed object, which are determined using the raster image formed by the two cameras [8]. Each camera is characterized by its resolution parameters. In this case, the standard uses 625 lines (575 active). Respectively, in the frame, the reports are arranged in a rectangular matrix of 720 x 576 elements for the brightness signal and 360 x 288 for the color difference signals /fig.9/.

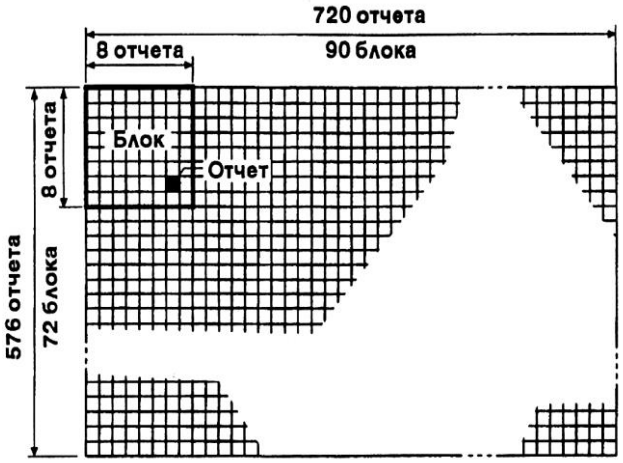


Fig. 10. Allocation of brightness reports

The Y coordinate is determined by the number of the line on which the object is located (0 - 575). The X coordinate is determined by the number of discretes on the corresponding line on which the object is located (0 - 720). The accuracy of the method depends exclusively on the accuracy of the Moiré sensors used. To determine the accuracy, the chord length is calculated, which is the maximum distance between the camera and the ship. It is important for the method to determine the required amount of memory according to a predetermined measurement accuracy. With three light sources determining the position of the object, two readings of the X and Y coordinates are required for each of them. One reading from each camera requires 13 bits for the camera rotation angle and 3 x 20 = 60 bits for the X and Y coordinates of the three light sources, all 73 bits for one camera and 146 bits for both. With a measurement accuracy

ISSN 2682-9584

of up to 0.016 m and an average speed of 20 km / h, a data transfer rate of 32 Kbyte / s is required. One minute of object tracking requires the following amount of memory: amount of memory for 1 minute = 1920 Kbyte = 1.92 MB.

The algorithm of the presented methodology was experimentally implemented with a hardware FPGA implementation on the Altera De2 board in the architecture of the Altera Cyclone II EP2C35F672C6 chip. The field-programmable gate arrays (FPGAs) are reprogrammable integrated circuits that contain an array of programmable logic blocks. The designed digital computing system starts with reading the data from the sensors of the video cameras and subsequent reformatting, and based on their analysis, the values of the coefficients of the Kalman filter are obtained for controlling the following of the movement trajectory and behavioral positioning in relation to the object of observation [9]. The created RTL project of the digital image processing system with FPGA has the form of fig.11.

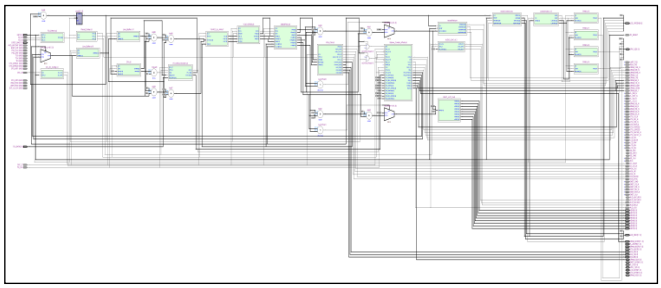


Fig. 11. RTL block diagram of the dynamic object detection system

The obtained experimental results accurately verify the implementation of the tracking process of a set dynamic object, and when the object is visualized on the screen, it is illuminated in red color and tracked, while everything else is blurred during the movement [3]. This Explorer hardware system accurately determines the coordinates of dynamically set objects and the movement parameters, continuously following the object in real time /fig.11 /

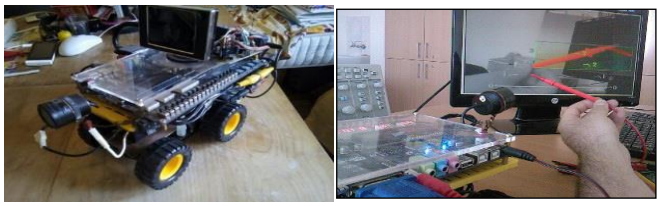


Fig. 12. FPGA Digital System Explorer with Process Visualization

The project actually used approximately 9% of all FPGA and peripheral resources on the Altera DE2 development board, according to design process hardware configuration statistics generated by the QuartusII automated design environment itself. The construction of digital systems and their innovative application creates new skills and prerequisites for the modern development of a modern digital society [11].

V. CONCLUSION

The presented algorithm for finding the center of gravity of a light source allows determining the coordinates with sufficient accuracy. The method is used in the study and testing of ship models during tests in a maneuvering pool. It enables calculation and determination of location, orientation, movement trajectory, speed and acceleration of the studied model. With additional calculations, the images can be reconstructed and a three-dimensional image of the studied model can be built.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their gratitude to the management of the Institute of Robotics of the Bulgarian Academy of Sciences for the support and implementation of the participation in the current scientific forum.

REFERENCES

[1] Limb J.O, J. A. Murphy, Measuring the speed of moving objects from television signals // IEEE Trans.-1975.-Vol. COM 23.-№4.-P.411-414.

[2] Mamiev V, Stereotelevision devices displaying information-M: Radio and communication 2005

[3] Spirov R, Grancharova N, Angelov G "Adaptive Stereo TVIS System with FPGA", "Metrology and Metrological Assurance", Sozopol. 13-17.09.2014, ISSN 1313-9126.

[4] Hadzhimihalev V., BH-95-1004, "Estimation of confidential interval of experimental results from prognostication of movement characteristics of the ship" reported on subject BH – 95 – 1004, BSHC, 1995

[5] Stefanova M. Method for Determining Coordinates of a Solid Body with Six Degrees of Freedom, Proceedings of the XLI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2006, Sofia, ISBN-10: 954-9518-37-X

[6] Ivanova, V., "Digitalization of business - a prerequisite for changing business models in enterprises", Academic journal "Management and Education", 2019, 195-201 p., ISSN 13126121, EBSCO;

[7] Kafri. O, Glatt I, The physics of moirè metrology, New York, Toronto, John Wiley&Sons.2006

[8] Ján Bartl, Roman Fíra, Miroslav Hain - Inspection of Surface by the Moirè Method - Measurement Science Review, Volume 1, Number 1, 2001

[9] Gonzalez, Rafael C., Richard E.Woods. Digital image processing second edition, 2002 by Prentice-Hall, Inc. New Jersey, p.567 - 636

[10] Craig, J.J. Introduction to Robotics - Mechanics and Control. – Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

[11] Ivanova, V., "Digital skills - a prerequisite for the development of a digital society", Journal of Economic Thought, BAS, book 4, 2019, 129-137 p., ISSN 0013-2993, Journal of Economic Literature/EconLit, EBSCO, ERIH PLUS;

[12] Ivanova, V., "Digital technologies - a prerequisite for human freedom and awareness in modern society", Collection of reports from the theoretical seminar "Man - a measure of all things?" The Challenges of the Post-Industrial Information Society", ed. Technical University - Sofia, 50 - 57 pages, 2019, ISBN 2603-4999;

ISSN 2682-9584

CLASSIFICATION OF GROUND ROPEWAYS LINES

Alexandur Vukov
Institute of Information and
Communication Technologies, BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: alek_v_u_k_o_v@abv.bg

Miglena Paneva
Institute of Information and
Communication Technologies, BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: m.paneva7@gmail.com

Abstract: In the presented article, an analysis of the ground ropeways for the transportation of people and sports equipment has been carried out. A classification of the types of ground ropeways has been made according to the main feature - the principle of operation of the facilities. There are three main types: ski lift, magic carpet and cable railway (Funicular). A diagram has been drawn up describing all types of cableways and the types of structures, equipment and elements that make them up. The safety standards and rules for using the ground ropeways are specified. By means of the classification, ski lifts can be optimized in order to improve the safety of transporting skiers and snowboarders.

Keywords: ground ropeway, ski- surface lift, ski-road, ropes.

I. INTRODUCTION

Ropeways carrying passengers are capital goods that include several components and are designed, manufactured, assembled and put into operation in order to be able to provide passenger transport services. In international bibliographic sources, surface passenger ropeways are referred to as passengers following the track on the ground and are presented as ski tows and a system (tug attached to the transport rope) used to transport skiers, snowboarders, competitors pulled up by the transport rope on skis - field. The ground ropeways lines are: ski-surface lift, "magic carpet", which is something like the expressways of airports and the subway, and a cable railway. The ropeway can be for transporting people or sports equipment such as: bicycles, mountain carts, scooters and etc. They are safe to operate, the speed is low and they are easy to service and maintain, [1-4]. The purpose of the present work is to make a classification of the ground ropeways lines, the main classification sign being the principle of operation of the facilities.

II. CLASSIFICATION OF GROUND ROPEWAYS LINES

The first classification feature is the principle of operation of the objects, Fig.1. Additional signs of constructive solutions of modular components involved in the classification of the objects of ground passenger ropeways using the principle of operation of periodically moving portions of the load - passengers, skiers, snowboarders and competitors by means of tugs attached to the transport rope - were also used. The movement is carried out with a continuous ascent along the slope of the terrain.

A. Ski-surface lift

The ski-surface lift is a variety of passenger single-rope suspended cableways with circular movement, which also falls under the ground cableways [5-7].

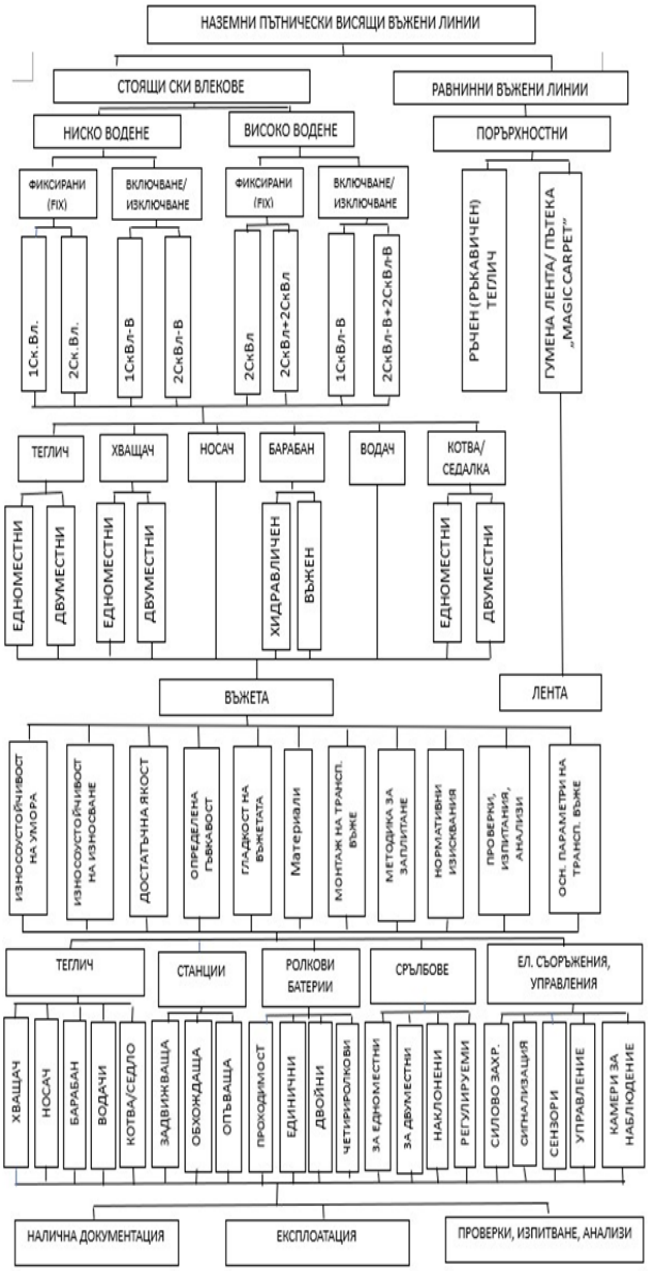


Fig. 1. Classification of ground ropeways line

The movement is carried out by means of driving and reversing stations provided with tension ropes.

ISSN 2682-9584

The types of ski-surface lifts are: J-bar, T-bar, Platter lift, Ski tow. Conventionally, the carrying of skiers or snowboarders is carried out by a ski path located on the terrain, while their ascent on the inclined terrain from 40 degrees to 45 degrees is carried out by the transport rope.

The derivative part is low. The carrying capacity of the passenger flow is up to 600 units passengers per hour (P/h) and speed according to the BDS EN 12929-1 standard. For a tow truck without a damper, the speed is up to 2.0 (m/s) for a single and two-seater tow truck, and with a damper it is up to 3.5 (m/s) [8]. They are divided into:

- Ski-surface lift combine the simultaneous movement of the passenger flow in portions with a certain distance between them, together with the continuous movement of the transport rope, in accordance with the requirements of the BDS standard EN 12929-1 item 5,5 regarding the slopes of the ski-road.



Fig. 2. Ski-surface lift with low rope guidance, [6]

- Ski-surface lift with high rope guidance, Fig. 3: with direct fixed engagement of single or double tows with the transport rope and/or for ski tows with on/off engagement of single or double tows to the transport rope before the start (start). The slope with pulls for two people is 50% and with pulls for one person - 60%.



Fig. 3. Ski-surface lift with high rope guidance, [4]

The slope must be uniform and any counterslopes must be of a minimum length and slope of no more than 3%.

- Ski-surface lifts with sledges. The slope of the ski-road of the surface lifts with sledges must not be greater than 35 %. The ski-road of ski-tows with sledges at the drop-off points must have a transverse slope for quick removal of the sled and at least a 10% reverse longitudinal slope in the direction of movement of the ski-tow. In addition to the winter months, the ski-surface lift can also be used during the warmer months to transport mountain bikers, Fig. 4.



Fig. 4. Ski-surface lift for mountain bikers, [5]

B. Magic carpet (Magic carpet).

The conveyor belt, popular in skiing as a magic carpet is a type of surface of an endless conveyor belt with: embedded transverse steel bars in the belt carrying steel ropes, tensioning deflection drums of the belt, deflection pulleys of the ropes, driving and tensioning pulleys, intermediate and support pulleys, weights for tensioning the ropes, a mechanical winch for adjusting the position of the weights and a weight for tensioning the tape. They are installed in the ski areas at snow level and the return is usually hidden under the snow. Skiers, snowboarders, passengers and especially children board the transporter from its starting point in the direction of traffic. Thus begins the withdrawal of the passenger stream to the last platform of the transporter. They do not overcome high altitude, they are safe and easy to service and maintain.

C. Cable railway (Cable railway, Funicular).

The funicular is a rail transport vehicle with rope traction for transporting people and goods over a short distance with a steep gradient. The cable car is driven by a rope by an engine located at the upper station

III. TYPES OF CONSTRUCTIONS, FACILITIES AND ELEMENTS OF THE GROUND ROPEWAYS

A. Transport ropes

According to the type of construction, transport ropes are most often presented as: standard 6x7 (6x (1x6); compact (6x7 (1+6); for ropes with a diameter of ϕ20 mm to ϕ32 mm (6x199h (6x(1+9+9)) or according to [9, 10] (6x26ws); (6x(1+5+5.5+1) according to [2].

ISSN 2682-9584

Depending on the core, the bundle ropes are available with: limited core (Fc); steeliness (WSC) and independent steel rope (IWRC) according to [11-15]. The characteristics and criteria for checking the transport ropes must cover the requirements and qualities that must be based on the European standards EN12927/2019. They are: wear resistance to fatigue, wear resistance to wear, sufficient resistance to strength with a diameter of less than 1mm with 1771 or 1960/MB, and according to standard EN 12927-2 the permissible limits for "washer, roller, rope" are indicated: especially the impact of the contact stresses between the outer and inner wires on the durability of the ropes is important, tensile stresses, bent partial twisting, as well as contact stresses from loads in the transport tensioning ropes occur during operation.

Normally relaxed, non-twisting ropes are free from production stresses, ensuring and achieving optimum allowable flexibility. It is also required to achieve smoothness of the rope surface of the ropes. The greater the number of strands, the greater flexibility of the rope is achieved, providing a smoother outer surface. The material from which the steel wires are made is very important. They are made of alloy steel by [11] The wires are made by a special drawing technology, ensuring their high strength. According to standard EN1709, commissioning, maintenance, control and inspections during operation of ropeways are controlled.

1) Steps of entanglement and reentanglement of steel ropes

Transport steel ropes are braided and rebraided according to the assignment together with the project instructions and a specially developed methodology (approach), performed by authorized specialists with extensive experience, proven qualifications and legal capacity. The sequence of the assembly operation and the performing control are carried out and carried out with the necessary specialized training. Frictional forces between individual strands determine the strength of the entanglement.

B. Types of tows

The tow is the most important in terms of construction, equipment and elements in ski-surface lifts. It is the connection between the skier and the transport rope and ensures a smooth start. Its specific purpose and device ensure that the height difference between the ski-road and the rope is compensated within certain limits. Usually single or two-seater ski tows are made of different structures, towbars and fixed or with switchable/ includeable grippers. For variable terrain, single and double haulers fixed to the transport rope using compensating rope drums or drum hydraulic guide with anchor guide ring with travel limiter are used. Here, the transport rope has to follow the ski terrain more closely by means of a single-seat telescopic towbar. The grip with a transport rope at the start of the skier is carried out by the moment created on the gripper and the local bending of the rope.

1) Drum tows

The drum tow has the following significant advantages:

a) have the greatest possibility of compensation of the variable distance rope - ski path. The normal length of the compensating unwound rope is up to 7-9 m;
b) less poles are required by the precise solution, especially on a ski path with variable slopes;
c) with a smooth start, higher speeds up to 3.6 - 4 (m/s) are allowed, the travel time is reduced, realizing better comfort at the start;
d) the carrying capacity is significantly increased with the two-seater towbars, thus easily solving the issue of joint travel /parent with child/
e) the transport rope of the ski tow does not have to follow the profile of the ski-road more closely and they are significantly more independent of the relief of the terrain.

2) Telescopic tows

Telescopic towbars are: of a simpler construction; cheaper; they have little time to collect the skiers, as a result of which a reduction of the distance between the platform for detaching from the transport rope and the bypass pulley is achieved. The telescopic drawbars fix, i.e. without disconnecting from the transport rope have lower speeds and are suitable for beginners and children.

C. Types of stations

1) Driving stations

Drive stations are most often located in the lower station of ski-surface lifts and are built together with the tension station, especially if a hydraulic drive is used. They are also: drive station with conical-cylindrical reducer, station driven by manual hydraulic tensioning; tensioning station (hinged) with a single telescopic drawbar; for small ski tows with a single column station with a single towbar; with a shop for the drive of the standing ski lift with two-seater fixed towbars; single-seat drawbar drive with stepless speed control crawling stations.

2) Tension stations

The tensioning stations can be with: hydraulic tensioning, an upper tensioning station with an articulated arm of the bypass pulley, the rope carries, through rollers, the articulated arm of the bypass pulley; the rope carries the hinged arm cantilevered by a pulley and is directed to the last (first) post - usually the bypass and tensioning pulley is suspended on the hinged arm at the front end, it is supported by the rope through the rollers and guides them along a groove.

3) Poma corner station, [6]

D. Roller batteries and rollers

Roller batteries for ski tows with reduced mode are single and double. They are located vertically, horizontally and obliquely. They are two-roller deflector, two-roller batteries with rigid suspension, arranged according to an assembly diagram in the function of Standing ski-surface lifts. There are also four roller battery supports, two roller battery supports and clamps. It is very important to be able to pass through the washer-gripper and clamp on the towbar gripper (Rohers). There is also a Doppelmayr breakable bridge roller battery switch.

E. Types of poles

The construction of the poles depends on their functional purpose, the type of drawbars and batteries.

ISSN 2682-9584

The following design construction requirements are used: T, D, P - shaped and T-shaped with transversely inclined stems. During the construction of the pillars, the necessary elements are: ensuring safe access, maintaining control and surveillance cameras. Passability through the posts and stations such as: launching, stopping, pulling the drawbar when it is released, the permissible wind, with a side-slanted stem, as well as a post bracket for a roller or roller batteries, compatible for the height placement of a roller battery consoles, must be ensured, placement of foundations for pillars with a tubular structure and an embankment between them.

F. Electrical equipment, elements and control

The electrical equipment and control elements are necessary when building signaling on the poles. A low-current power supply with sensors, surveillance cameras, digital control construction and connection between the poles and the stations is installed on them.

IV. TRANSPORT SAFETY

The regulation on safe operation and the standards introduced by the EU obliges the companies of ground ropeways to carry out technical supervision of passenger and freight ropeways and ski-surface lifts, [3, 16]. The necessary documents are regularly filled out, building the ground cable lines for the operation, inspections and performed tests and analyzes of the equipment and ropes. Ski lifts are a safe mode of transport. In the case of a skier or snowboarder falling, the ropeway automatically stops, so that the fallen person can withdraw from the ski path and not drag the passengers after him.

V. CONCLUSION

A classification of the ground ropeways was carried out according to the main principle - the method of operation of the objects. Additional signs of constructive solutions of modular components, which are involved in the classification, are also used. The characteristics and criteria for checking the transport ropes are wear resistance to fatigue, wear resistance to wear, sufficient resistance to strength, impact of the contact stresses between the outer and inner wires, tensile stresses, bent partial twisting, contact stresses during operation. Three types are defined – ski-surface lifts, magic carpet and Funiculars. The presented classification scheme describes the types of ground passenger ropeways by constructive sign. Through the presented overview of the ground ropeways, optimation is aimed of the ski-surface lifts in the event of a passenger falling.

ACKNOWLEDGMENTS

The paper was supported by the Bulgarian Academy of Sciences, program for supporting young scientists and doctor Students and as part of project No KP-06-M77/1 “Investigation and comparison of the characteristics of 3D printed test bodies with metal ones under normal conditions and conditions of elevated temperature”, financed by the Bulgarian National Science Fund.

REFERENCES

[1] https://www.borovets-bg.com/, Borovets ski resort, (last visited March 2024).

[2] Bozhkov S., „Pytnicheski ednovyzheni linii i ski vlekove, (2012), ISBN 978-954-799-970-1.

[3] https://lex.bg/laws/ldoc/2136255627, Naredba za bezopasnata eksploataciya i tehnicheskiya nadzor na vyzheni linii, prieta s postanovlenie Nomer 186 ot 04.07.2014. (last visited March 2024).

[4] https://tatralift.com/en/produkty/surface-lifts/, Tatralift, (last visited March 2024).

[5] https://www.doppelmayr.com/en/, Doppelmayr, (last visited March 2024)

[6] https://www.poma.net/en/, Poma, (last visited October 2023)

[7] http://www.ski.bg/wmview_bg.php?ArtID=815&fen=0, (last visited March 2024).

[8] Bulgarian academy of sciences, Fiziko-Matematicheska i tehnicheska enciklopediya, tom 3, (2008) ISBN 987-954-322-309-1

[9] https://www.teufelberger.com/en/, Teufelberger, (last visited March 2024).

[10] https://www.fatzer.com/en, Fatzer, (last visited March 2024).

[11] Aleksandrov S., uchebno posobie “Vyzheta i vyzheni syedineniya”.

[12] Ganovski V., I. Boyadzhiev, L. Klochkov, Avtomatichni linii, (1988)

[13] Nachev Sl., Mashini i syoryzheniya za neprekysnat transport, (1984).

[14] Roydev M., Georgieva V., Stoimenov N., Klochkov L., Panev P., „Development of an automatic packaging line with one-time packaging“, XXV MNTK Automation of discrete production "ADP - 2016" June 23-26, Sozopol 2016, pp. 232-239, ISSN – 13 10 -3946.

[15] Panev P., „Development of Automatic Packing Line for Single Packs“, 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN: 1847-7917, pp. 149-152.

[16] https://tehnad.com/vzheni-linii, The company "ITN-Consult" Ltd. for technical supervision of ropeways (last visited March 2024)

.

ISSN 2682-9584

ПРОЕКТИРАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКО УПРАВЛЕНИЕ, ПНЕВМАТИЧНА СИСТЕМА И ПРОГРАМЕН КОД ЗА СИСТЕМА ЗА РАЗДРОБЯВАНЕ НА СУХИ ПОДПРАВКИ

Слав Димитров
Технически Университет - София
МФ, АДП
София, България
e-mail: sbd@tu-sofia.bg

Боян Бахчеванов
Технически Университет - София
МФ, АДП
София, България
e-mail: bab@tu-sofia.bg

Димитър Тотев
Технически Университет - София
МФ, АДП
София, България
e-mail: dkt@gmail.com

Резюме: Целта на настоящата разработка е да се проектира специализирано електрическо управление, пневматична система и да се разработи нестандартен програмен код за модернизиране на система за раздробяване на сухи подправки. Модернизацията на съществуващата механична система ще се извърши, като се проектира ново електрическо управление, механични компоненти ще се заменят с пневматични и ще се добави програмируем логически контролер.

Ключови думи: мехатронна система, PLC, управление, програмиране, програмен код, сензор.

I. Увод

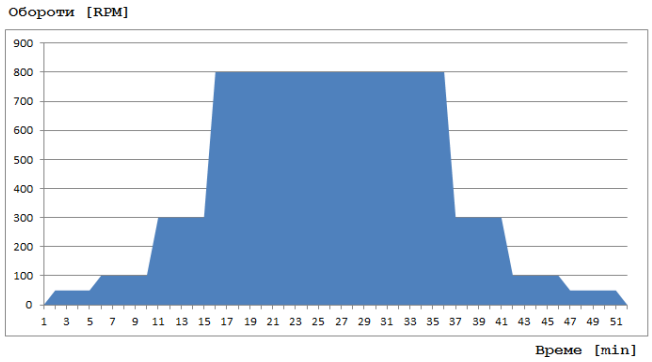
Машините за преработка на сухи подправки намират широко приложение в промишлеността. Те са основен инструмент за преработка на суровини за готвене, суровина за чай за пакетиране и др. Машините за смилане на сухи подправки работят на принципа на бързо въртящи се ножове. Основният недостатък при този тип работа е, че ножовете не могат да регулират скоростта си и това ги прави неприложими за по-твърди подправки. За новопроектираната електрическа система се предвижда регулиране на скоростта на основния електрически двигател, което ще позволи смесване и смилане на различни сухи съставки с различна големина и твърдост. Друг недостатък е, че стандартните машини за смилане не позволяват движение на основните ножове по вертикала, което пречи на равномерното обработване на продукта. За новосъздадената система се предвижда добавяне на пневматичен пропорционален цилиндър за придвижване на основния нож във вертикално положение. След проектиране на специализирано електрическо управление, пневматична система и разработване на нестандартен програмен код [1-10], автоматичната система ще увеличи скоростта на смилане, както и качеството на обработка на крайния продукт, а от там ще има и значително увеличение на производителността.

II. Избор на електрически и пневматични компоненти

A. *Принцип на работа*

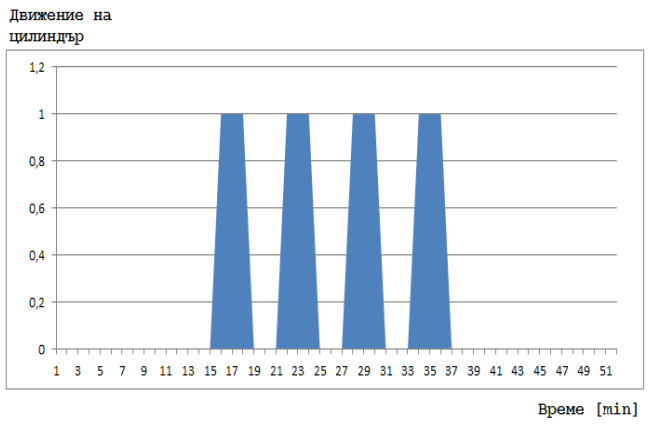
Основният принцип на работа на машините за смилане на сухи подправки е въртене на остри симетрични ножове, задвижвани с различна скорост и преместването им на различно положение в буферен съд.

Работата започва с ръчно поставяне на различни видове сухи подправки в буферният съд. След приключване на поставянето се затваря пълнещия капак и сигнализира към системата, че капака е затворен. На системата за визуализация се избира рецепта за работа в зависимост от типа на поставените подправки. Спрямо различните рецепти към основните ножове се подава оптимална скорост и време. Взаимовръзката на обороти спрямо време на примерна рецепта за смилане на шипков чай е представена на фиг. 1.



Фиг. 1. Графично представяне на рецепта за преработка на шипков чай

За правилната обработка на продукта към основното движение е добавено спомагателно движение, за да се постигне равномерно смилане в горната и долната част на буферният съд, осъществявано чрез пневматичен цилиндър.



Фиг. 2. Графично представяне на движение на пневматичен цилиндър

ISSN 2682-9584

В зависимост от различните продукти се задава време за долно смилане и време за горно смилане. Графичното представяне на движението на пневматичния цилиндър, осигуряващ равномерното смилане на шипков чай е показано на фиг. 2.

B. Избор на елементи за електрическо управление

За създаване на електрическото управление на новата система са избрани нови електрически компоненти. За организиране на основното задвижване и смилане на сухите подправки е използван високо скоростен серво регулатор показан на фиг. 3 “Kollmorgen S700”.



Фиг. 3. Високо скоростен серво регулатор “Kollmorgen S700” [11]

Характеристиките на избрания серво регулатора са:

- Захранващо напрежение - 480 [VAC], 50 [Hz] и 24 [VDC].
- Консумиран ток - 6 [A].
- Комуникация – Step / Dir, Profinet.
- Напълно програмируем от RS232 интерфейс.
- Предварително зададени криви за позициониране и движение.
- Дигитално показване на скорост и обороти.
- Запис на параметрите на MMC карта памет.

За управление на електрическите елементи и за обратна връзка от системата е използван програмируем логически контролер “Siemens S7-1200”, показан на фиг. 4. Избраният контролер има възможност да управлява всички електрически елементи и да комуникира със серво регулатора. Основните му характеристики са показани в таблица 1.



Фиг. 4. Програмируем логически контролер “S7-1200” [12]

ТАБЛИЦА 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ИЗБРАНИЯ PLC

Параметър	Характеристика
Вид	S7-1200
Номинално захранващо напрежение	24 [VDC]
Брой дискретни входа в съответствие с IEC 61131-2	14
Вид дискретен изход	Транзистор
Брой дискретни изхода	10
Напрежение на изхода	24 [VDC]
Ток на изхода	0.5 [A]

Във връзка с визуализацията на процеса към новата система за управление на машината за смилане на сухи подправки е интегриран универсален тъч панел, показан на фиг. 5.



Фиг. 5. Система за визуализация и контрол [12]

ISSN 2682-9584

Системата за визуализация служи както за наблюдение на процеса, така и за управление на основните величини в технологичния процес. Чрез разработената нова система за управление има възможност да се задават всички основни параметри и технологични цикли на работа на машината.

C. Избор на пневматични елементи

За създаването на пневматичната система са избрани универсални пневматични разпределители и пневматични цилиндри, както следва:

- Пневматичен цилиндър с магнит „TSAI“, показан на фиг. 6.
- Пневматичен разпределител 3/2, 1/8, 1 с бобина 24 [VDC], показан на фиг. 7.



Фиг. 6. Пневматичен цилиндър с магнит „TSAI“ [13]



Фиг. 7. Пневматичен разпределител 3/2 1/8, 1 [13]

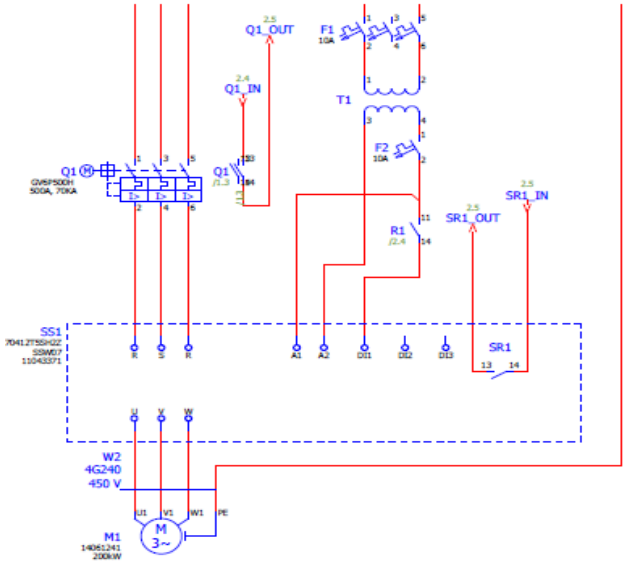
III. СЪЗДАВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКО И ПНЕВМАТИЧНО УПРАВЛЕНИЕ, ПРОГРАМЕН КОД И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА СИСТЕМА ЗА СМИЛАНЕ НА СУХИ ПОДПРАВКИ

A. Създаване на електрическо управление

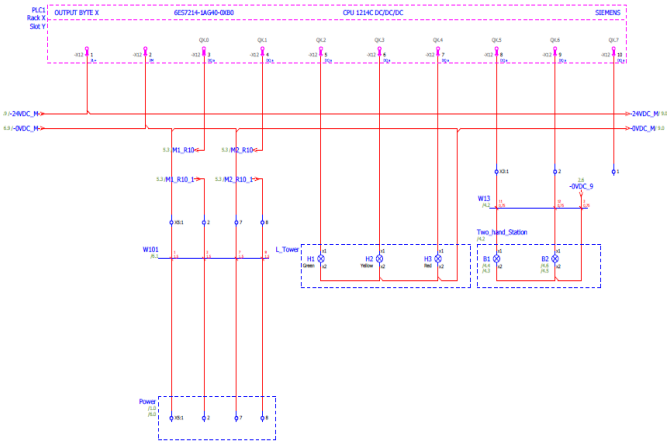
За новата автоматизирана система за смилане на сухи подправки е разработена нова електрическа схема на свързване на всички компоненти, като извадки от нея са показани на фиг.8 и фиг.9.

B. Създаване на специализиран код за управление

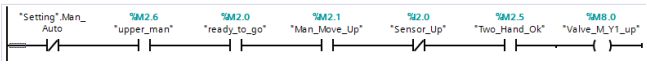
За новата система е създаден специализиран програмен код за управление на всички изпълнителни устройства и комуникация с всички сензори, показан на фиг.10, фиг. 11 и фиг.12. За постигане на функционален технологичен процес на автоматизираната система е необходим специализиран програмен код, в съответствие на характерните особености и изисквания към процеса смилане. Принципа на работа изисква повтаряне на стъпки и действия, което налага съобразяването на движения и криви.



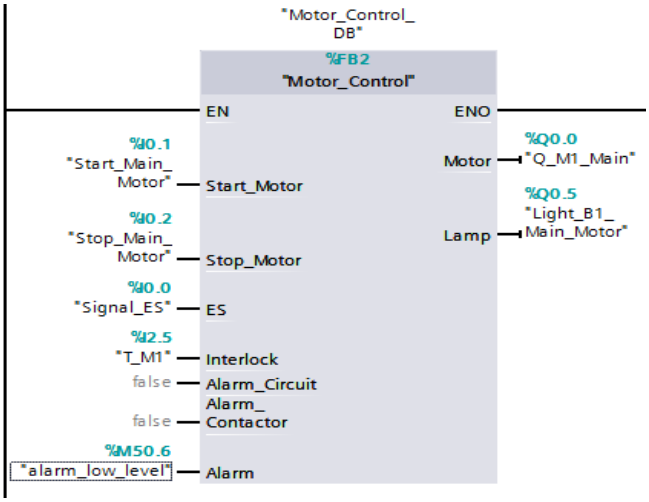
Фиг. 8. Част от електрическа схема



Фиг. 9. Част от електрическа схема

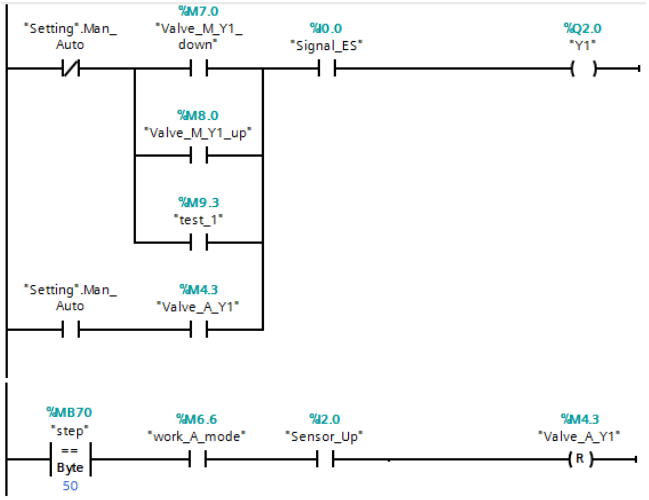


Фиг. 10. Специализиран код за управление



Фиг. 11. Специализиран код за управление

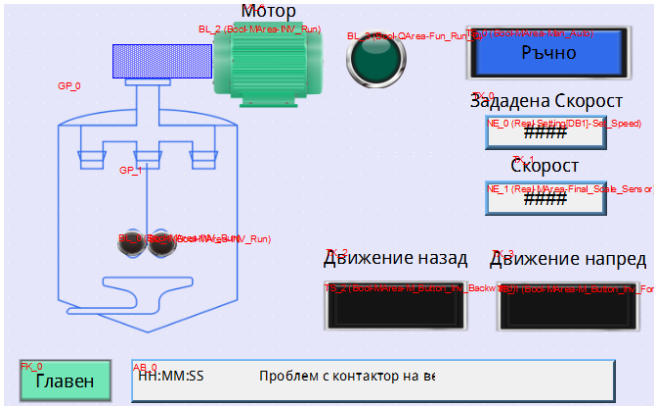
ISSN 2682-9584



Фиг. 12. Специализиран код за управление

C. Създаване на визуализация за управление

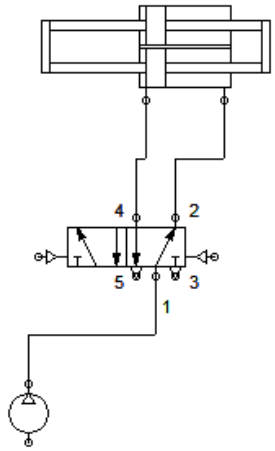
Създадена е автоматизирана система за визуализация и контрол, показана на фиг. 13.



Фиг. 13. Система за визуализация и контрол

D. Създаване на пневматична схема

Разработена е пневматична схема на свързване на компонентите, осигуряващи вертикалното движение на новата автоматизирана система, показана на фиг.14.



Фиг. 14. Пневматична система

IV. Изводи:

В резултат на извършеното проектиране са постигнати следните резултати:

- Създадено е ново автоматично управление на система за смилане на сухи подправки, като за целта са избрани необходимите електронни, електрически и пневматични елементи, осигуряващи специфичния технологичен процес.
- Разработена е нова електрическа схема и пневматична система.
- Създаден е специализиран програмен код и визуализация на автоматичния процес.

Използвана литература

[1] Dimitrov S., "Programming and control of a volume dispenser", XXVIII MNTK "ADP - 2019", Sozopol, 29.06 - 02.07.2019, Magazine "Automation of discrete production", issue 1/July 2019, ISSN: 2682-9584, (280-285).

[2] Dimitrova R., M. Kambushev, S. Biliderov, Method for design of special mechatronic devices and systems, XXIX MNTK "ADP - 2020", Sozopol, 29.06 - 02.07.2020, Magazine "Automation of discrete production", no. 2/July 2020, ISSN: 2682-9584, (14-17).

[3] Kambushev M., N. Chivarov, A. Marinov, R. Dimitrova, “Approbation of a mathematical model of a specialized mechatronic system”, XI National conference with international participation, Electronica 2020, 23 – 24 July 2020 Sofia, Scopus, IEEE Xplore Digital Library, Scopus database (IEEE Conference record # 50406), 9305150.

[4] Dimitrova R., S. Dimitrov, D. Totev and B. Bahchevanov, Electrical Control, Program Code and Experimental Studies of the Gauss Curve in a Specialized Automated Mechatronic System, 2023 4th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES), Plovdiv, Bulgaria, 2023, pp. 1-7, doi: 10.1109/CIEES58940.2023.10378762.

[5] Nikolov S., R. Dimitrova, S. Tsolov, L. Dimitrov, Classification of parallel kinematics robots, EEPES 2023, AIP Conf. Proc. 3063, 060001 (2024), https://doi.org/10.1063/5.0195795

[6] Nikolov S., R. Dimitrova, L. Dimitrov, “Mathematical model of displacements in tools used in boring operations on machining centers”, 25th IEEE International Conference on problems of automated electric drive Theory and practice PAEP 2020, September 21-25, 2020, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine, Scopus, (9240838).

[7] Nikolov S., R. Dimitrova, I. Topov, New approach at mechanical engraving of details with large sizes, International conference on High Technology for Sustainable Development HiTech 2019, 10 - 11 November 2019, Scopus, (9128261).

[8] Dimitrova R., V. Zhmud, N. Petrov, T. Vakarelska, ”Study accuracy of a transportation system positioning of a test rig for automated mounting of luster terminals”, 9th International Scientific Conference - Research and Development of Mechanical Elements and Systems (IRMES 2019) 5–7 September 2019, Kragujevac, Serbia, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, October 2019, Volume 659 (012031).

[9] Dimitrov S., D. Totev, S. Nikolov, R. Dimitrova, Design of compost production system powered by green energy sources, 2022, Scopus, 14th Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2022, Conference Proceedings, Code 186442, ISBN: 978-166549026-9, DOI: 10.1109/BulEF56479.2022.10020204

[10] Pavlov V., R. Dimitrova, Automation of discrete production as movement and action with material objects, XXIV MNTK "ADP - 2015", Sozopol, 18 - 21.06.2015, pp. (16-23).

[11] https://www.bibus.bg

[12] https://www.siemens.com

[13] https://rota.bg

ISSN 2682-9584

DESIGN OF ELECTRICAL CONTROL, PNEUMATIC SYSTEM AND PROGRAM CODE FOR SYSTEM CUTTING DRY SPICES

Slav Dimitrov
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
e-mail: sbd@tu-sofia.bg

Boyan Bahchevanov
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
e-mail: bab@tu-sofia.bg

Dimitar Totev
Technical University of Sofia
MF, ADP
Sofia, Bulgaria
e-mail: dkt@gmail.com

Abstract: The aim of the present development is to design a specialized electrical control, pneumatic system and develop a non-standard program code to upgrade a dry spice crushing system. The modernization of the existing mechanical system will be done by designing a new electrical control, replacing mechanical components with pneumatic ones and adding a programmable logic controller.

Keywords: mechatronic system, PLC, control, programming, program code, sensor.

ISSN 2682-9584

REVIEW AND ANALYSIS OF AUTOMATION IN COUNTING AND WEIGHTING STOCK-FARM ANIMALS

Veneta Yosifova
IICT Buagrian Agademy of Sciences
Sofia, Bulgaria
e-mail: veneta.christova@gmail.com

Abstract: As part of modernization and facilitating all industrial processes, intelligent technologies can be applied in stock farms. This article observes the newest technologies for counting and weighting farm animals. An overview of the process and its importance is analyzed. A review of the modern automation of the work is conducted. A conclusion about the optimization and possible future developments is made

Keywords: Automation, intelligent processes, technologies, stock-farms.

I. INTRODUCTION

Automation and smart control can be applied in all economic and industrial sectors. Farming is not excluded.

Animal husbandry is one of the oldest crafts that has become an industry. As the Earth's population increases, it too must undergo drastic changes to catch up with the rapid rate of increase in the need for food. The industry has to deal with both food shortages and the growth of livestock herds to cover that shortage both for dairy and meat products.

According to the latest studies of the Thracian University in Stara Zagora, trends in animal husbandry are related to the expansion of farms and the increase in the number of animals. This leads to the imposition of farm consolidation. It is also necessary to stimulate the reproductive abilities of animals, as well as to increase the duration of their lifetime exploitation, thus increasing economic efficiency, [1].

This increase in the volume of farmed animals will inevitably lead to difficulties in the daily activities for their breeding. This is precisely why modern technologies must enter these industries to automate processes and increase productivity, efficiency, and, last but not least, the quality of life of animals, [2].

By filling a database with as much information as possible about each animal in a herd, statistics and predictions about the state of the herd can easily be made. The information can serve in several directions: economic, related to the return on investments, managerial - regarding the good management of the farm and social - uniting all participants in the processes, [3].

This article examines modern technologies in two of the mandatory processes in animal husbandry - counting and weight measurement. For the purpose of the research, the focus is on large animals, such as cows, sheep, and goats. The specifics of the processes are described and the most modern products for their optimization are reviewed. At the end of the article, conclusions are made about their effectiveness, and thoughts for future improvements are given.

II. REVIEW OF THE PROCESS

Animal husbandry has existed for thousands of years. The basic processes of raising animals have not changed over time, but technology allows them to be facilitated and improved. Even simple processes such as counting and weighing animals can be automated to make it easier for farmers, save time, and improve living conditions.

In ancient Egypt, livestock counting was of utmost importance. The spread of the results determined the success of the year and the wealth of the ruler. Since this was a time-consuming process, it was done once a year, [4]. It was done on hand. But for larger herds, this can be difficult and confusing. Today, with the advancement of technology, this process can be done daily. Included in the count are specialized devices such as cameras, drones, and even satellites. From there, the data is saved to the device's memory or can be uploaded to cloud applications for further analysis.

Another important process is weighing the animals. It determines the weight gain and health status of the animal. If the indicators are not relevant, measures should be taken for an appropriate diet depending on the situation. It can also be determined whether certain foods are well received by the body, should be changed or supplements should be included, [5]. For breeding and pregnancy, it is again necessary to know whether the animal has reached the necessary weight and maturity to preserve the health of it and the fetus. By weighing the newborns, it can be concluded whether they are well-fed and adapted to the herd. The weight of the animals is also important for their commodity price, according to market conditions. With modern measuring methods, it is possible to determine or predict when an animal has reached the optimal marketable weight, [6].

With the old scales, these much-needed measurements were not accurate enough because they were mechanical with particular weights or with a spring for smaller animals (Figure 1). It was also difficult to report the result accurately because the animals were constantly moving.

For modern scales to be maximally effective, they must fulfill the following conditions:

- To be durable - because of the large number of animals passing through and the heavyweight.
- The use of electronic scales – they save labor time
- To be accurate – The more accurate the scale, the better further analysis can be made

ISSN 2682-9584

- Appropriate design – to be suitable for the farm conditions and the type of animals being weighed. Load cells must be covered to prevent damage.
- To be animal friendly – The animal should feel well and safe, [8].



Fig. 1. Spring weighting of a sheep, [7]

III. Analysis of current technologies

For the purpose of the study, we have considered the most commonly used modern methods of counting and weighing animals used on farms. They are selected in such a way as to give an idea of the development of technologies in this field and to be able to give conclusions and recommendations for further development.

A key solution not only for measuring and tracking animals, but other animal-related activities is electronic identification (EI). Through it, each animal has its own code and its file in a database. Through this ID, automated systems on the farm can quickly and easily recognize the animal and assign it to a certain group. Apart from saving time, another positive feature is data accuracy and lack of human error. Also, a huge amount of information can be accessed easily in one place. The entire chronology of measurements, treatments, etc. is stored electronically in the animal's file. Adding any new data from new measurements is also made simple. Thus, the animal's growth, behavior, and recovery, if necessary, are monitored. This is extremely useful when deciding on the future development of livestock, [9].

A. *Animal weighting*

Automatic measurement of animal weight allows farmers to more accurately analyze the state of the herd. Through automatic data collection, specific sick animals can be monitored or predictions can be made for commercial purposes.

Below are the most convenient animal weighing and monitoring systems. All of them use wireless load bars and automatic weight sensors and readers to monitor the live weight and the variations for each animal.

1) *Walk-thru weight monitoring system*

The most popular way to weigh livestock is by directing the animals to a scale that measures their weight when they step on it (Figure 2), [10].



Fig. 2. Walk-thru scale, [11]

The modernization of this method involves the automatic navigation of the animal along a specially designated corridor in order to process the moment of measurement (Figure 3).

The principle of action combines various technologies such as EI, weight sensors, recognition software, and monitoring systems. When the animal enters the weighing area, the system recognizes it through EI, downloads the weighing result, and transfers the data to the database. During daily measurements, past results and animal weight statistics are shown on the display for farmers' convenience, [12].

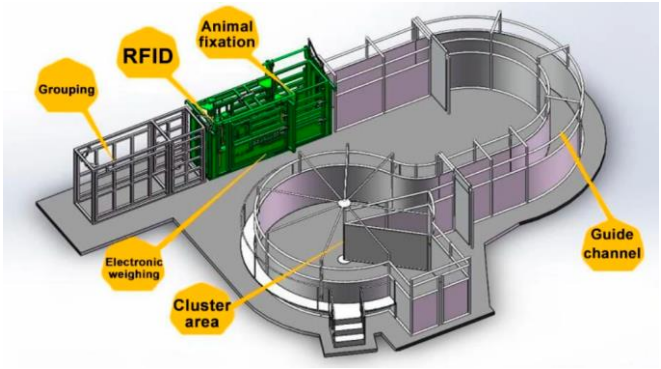


Fig. 3. Walk-thru scale, [12]

A disadvantage of this process is that for the measurements to be taken, the animals have to pass through the corridors one by one every day, which takes time and again requires human contact to navigate them. To prevent this, some companies have developed scales to measure the animal's weight at places in their habitat, such as the exit of the milking premises. The principle of data collection is the same as before, [13].

2) *In-paddock scales*

To avoid corridor navigation towards the scale and minimize the stress for the animals, the farmers use mobile In-paddock scales (Figure 3). Through it, detailed analyses of the condition of the herd and the calves can be made with exceptional accuracy, [14].

ISSN 2682-9584



Fig. 4. In-paddock scales, [15]

The principle of operation of these scales is related to the measurement of the weight of the animal when it steps with two feet on the platform of the device. Thus, a special algorithm determines the characteristics of the animal. Although it only steps with two feet, the algorithm recalculates the entire weight with high accuracy. The downside is that not all animals will be measured and some will be missed. The research shows that as they become familiar with the device, over time, the scale begins to gain the trust of the animals and the difficulty in taking data decreases. After successful measurement, the data is associated with the animal's profile and reports can be drawn on its behavior and weight gain, [16].

Automated scales can even determine the lactation of cows and make predictions about animal behavior, [17].

2) Computer vision and thermography

To minimize stress on animals, science offers another solution for measuring live weight related to computer vision from 3D images. Through the measured parameters, the weight is statistically determined. The calculation algorithms are non-invasive and can be done remotely, which saves a lot of labor and time for farmers. The calculation algorithms are cloud-based and the results are displayed immediately and archived for future use.

The animals are captured with sensors that are placed in places where the animals stand still, for example during milking or feeding. For quality photos to be captured and recognition to be successful, the animals must not move. Several pictures are taken to process the image in more detail. After the photos are software-approved, the animal's biometrics are determined based on them. From there follows the actual calculation using neural networks to determine the weight based on the volume, length, area, and height of the torso, dividing the image into different layers with their specific characteristics, [18].

Thermography is also a useful method for photographing animals and determining their biological characteristics and hence their live weight. Thermographic images capture the object based on the heat it gives away, so the animal can be distinguished from its surroundings (Figure 4). From the captured photo, through appropriate settings, its physical features can be determined. In this way, based on statistical studies, the weight can be determined again, depending on the type of animal and its age, [19].

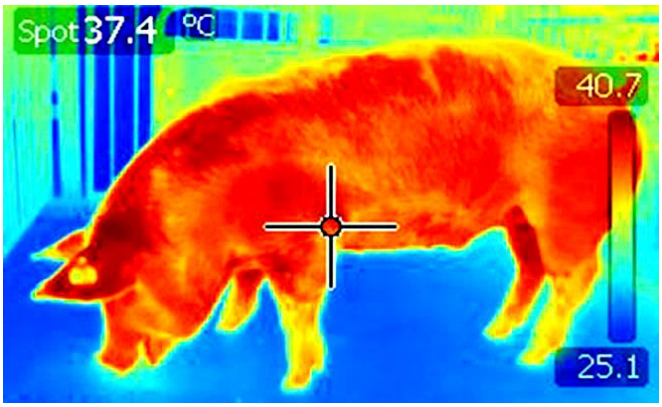


Fig. 5. Thermal image of a pig in closed premise, [20]

The accuracy of the processes related to computer visualization and 3D is relatively high (Up to 85%), but more research and improvements in the process are needed to be an efficient enough method for general use, [21].

The following table presents the individual methods of weighing animals with their advantages and disadvantages.

TABLE 1 WEIGHTING METHODS WITH ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Method	Advantages	Disadvantages
Walk-thru weight monitoring system	High accuracy All animal coverage Data gathering and processing	Manual labor Time-consuming Slow process Need for special premises for animals Stressful for animals
In-paddock scales	On-field operation Adequate accuracy Movable Data gathering and processing	Manual labor Time-consuming Slow process Stressful for some animals
Computer vision and thermography	Remote operation Not stressful for the animals Medium accuracy Time-saving	It does not cover all animals at once Need for further development

B. Animal counting

Once counting was done by hand in the past, today's technology provides not only a time- and labor-saving solution, but also an effective means to observe the habits and behavior of animals, especially when they are free-range.

1) AI monitoring

New research reports the benefits on farms of technologies such as AI and deep learning. They can automatically identify, describe, and count animals in their natural environment. Through pictures captured by motion-sensor cameras, images of animals are recognized, and information about them is collected through neural networks, [22].

Although this process is more popular for the wildlife. Some studies adapt it for farm needs. For example, animals can be monitored while walking through a corridor or a gate (Figure 5). Deploying high-definition cameras around the cells, then taking video and sending it to a remote location where by video analytics, AI, and machine learning the images are processed. This way the animals are monitored and counted remotely, [23].

ISSN 2682-9584



Fig. 6. Cow monitoring, [24]

2) Remote sensing

Remote sensing works by the electromagnetic waves captured from an object. This process is remote and animal counting can be made via satellite, aircraft, or an UAV (Unmanned Aerial Vehicles aka drones). The main benefits are:

- Large ground coverage
- Regular updating
- Fast data processing and storage
- Access to hard-to-reach locations
- Less human intervention

The usage of UAV is preferred by farmers because it requires less effort to operate and the resolution of the images is better. Also, the flights can be scheduled for a certain period (when the animals are grazing), their altitude can be set, they pass below clouds and they also adapt quickly to the development of technology, [25].

This is why the efficiency in agricultural production, has been extensively investigated. Part of the main used technologies are Global Positioning System (GPS), miniature autopilot systems, embedded microelectronics, mobile communication equipment, compact high-resolution digital cameras, and high-power batteries. This makes drones low-cost, safe, and easy to operate with huge potential to be further developed.

One of the problems that arise when counting animals is the movement of animals on the field. Also, the number of photos taken will vary with camera position, lighting, subject position, etc., so the processing must consider all these factors, [26]. For image recognition one of the most used technology behind is CNNs (Convolutional Neural Networks) (CNNs). These networks were designed especially for image recognition and classification. and subsequently for object detection. Precisely on farms, they are also used in many other processes, such as: monitoring behavior, studying the physical condition of the animal, measuring food consumption, etc., [27]. For example, a study shows that using the Faster R-CNN[8] network which is a very popular architecture for multiple object detection and classification in images, an average precision of 89.7% can be reached, [28].

A field study with UAVs using remotely sensed images and deep learning methods for detection and counting animals shows practical results that with further investigation the process can be easily applied in every farm (Figure 7).



Fig. 7. Detection of a cow herd with 74% accuracy, [29]

By minimizing the obstructing factors and thanks to the visual recognition and Convolutional Neural Network application, these results have the potential to rise to 95% accuracy which will be a sufficiently effective solution to help animal husbandry.

IV. Conclusion

As in all industries, as well as in animal husbandry, technology is rapidly entering to help man to increase the efficiency of processes and their execution time. This article examines modern technologies in the agricultural processes - animal counting and weighing with a focus on cattle.

Technologies such as AI, deep learning, cloud-based software, monitoring systems, UAVs, neural networks, and others stand out from the methods presented. The analysis shows that there is significant progress in the development of technologies and their application in the optimization of farming processes. Apart from the fact that they save time, they also reduce the stress of the animals, which helps to improve their living conditions and environment. Precisely because many advanced technologies, which are still being developed, are involved in the processes, the potential for growth and modernization is great. In this way, a prosperous development of the industry and an opportunity to meet the growing needs of the population is outlined.

Acknowledgment

The research leading to these results has received funding from the Ministry of Education and Science under the National Science program INTELLIGENT ANIMAL HUSBANDRY, grant agreement No Д01-62/18.03.2021/.

REFERENCES

[1] Importance of the state and trends in the development of animal husbandry. Methods of breeding and selection, presentation, Trakia University Stara Zagora, link (last visited April 2024)

[2] Linly Ku, Isabel Serna, The Impact of Automated Farming on the Agriculture Industry, https://www.plugandplaytechcenter.com/ , April 2023, link (last visitded April 2024)

[3] Hansen, B.G., Schei, V. & Greve, A. When counting cattle is not enough: multiple perspectives in agricultural and veterinary research. Acta Vet Scand 53 (Suppl 1), S6 (2011). https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-S1-S6

[4] Joshua J. Mark, Ancient Egyptian Taxes & the Cattle Count, World History Encyclopedia, February 2017, link (last visited March 2024)

[5] Araujo, Thiago & Pereira, Elzânia & Mizubuti, Ivone & Campos, Ana & Pereira, Marilia & Heinzen, Eduardo & Magalhaes, Hilton & Bezerra, Leilson & Pinheiro da Silva, Luciano & Oliveira, Ronaldo. (2017). Effects of quantitative feed restriction and sex on carcass traits, meat quality and meat lipid profile of Morada Nova lambs. Journal of Animal Science and Biotechnology. 8. 10.1186/s40104-017-0175-3.

[6] Benefits of weighing your livestock, Gallagher Animal Management, Jan 2022, link (last visited April 2024)

[7] Img. Source link, last visited April 2024)

[8] Kevin Hill, Weighing and measuring livestock, Progressive Daily, December 2017, link (last visited April 20230

[9] Ali Ismail Awad, From classical methods to animal biometrics: A review on cattle identification and tracking, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 123, 2016, Pages 423-435, ISSN 0168-1699, https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.014.

[10] U.M. Peiper, Y. Edan, S. Devir, M. Barak, E. Maltz, Automatic Weighing of Dairy Cows, Journal of Agricultural Engineering Research, Volume 56, Issue 1, 1993, Pages 13-24, ISSN 0021-8634, https://doi.org/10.1006/jaer.1993.1057.

[11] Img. Source link, (last visited April 2024)

[12] RFID Intelligent Weighing And Grouping System, Cattle Weighing Equipment, https://www.yanzeorfid.com/, Nov. 2021, link, (last visited April 2024)

[13] Automatic walk-thru weight monitoring system, Madero Dairy Systems, link, (last visited April 2024)

[14] J.A. Imaz, S. Garcia, L.A. González, Using automated in-paddock weighing to evaluate the impact of intervals between liveweight measures on growth rate calculations in grazing beef cattle, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 178, 2020 105729, ISSN 0168-1699,, https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105729

[15] Img. Source link,(last visited April 2024)

[16] L. Mangion, Case study - In-paddock weighing - A breakthrough in cattle management, www.optiweigh.com.au, Feb. 2023, link, (Last visited April 2024)

[17] Dickinson RA, Morton JM, Beggs DS, Anderson GA, Pyman MF, Mansell PD, Blackwood CB. An automated walk-over weighing system as a tool for measuring liveweight change in lactating dairy cows. J Dairy Sci. 2013 Jul;96(7):4477-86. doi: 10.3168/jds.2012-6522. Epub 2013 May 16. PMID: 23684033.

[18] A. Cominotte, A.F.A. Fernandes, J.R.R. Dorea, G.J.M. Rosa, M.M. Ladeira, E.H.C.B. van Cleef, G.L. Pereira, W.A. Baldassini, O.R. Machado Neto, Automated computer vision system to predict body weight and average daily gain in beef cattle during growing and finishing phases, Livestock Science, Volume 232, 2020, 103904, ISSN 1871-1413, https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103904

[19] Vindis, Peter & Brus, Maksimiljan & Stajnko, Denis & Marjan, Janzekovic. (2010). Non Invasive Weighing of Live Cattle by Thermal Image Analysis. 10.5772/10411.

[20] Img. Source link, (last visited April 2024)

[21] Fernandes Arthur Francisco Araújo, Dórea João Ricardo Rebouças, Rosa Guilherme Jordão de Magalhães, Analysis and Computer Vision Applications in Animal Sciences: An Overview, Frontiers in Veterinary Science Vol. 7, 2020, ISSN 2297-1769, DOI=10.3389/fvets.2020.551269

[22] Mohammad Sadegh Norouzzadeh et al, Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning, Proceedings of the National Academy of Sciences (2018). DOI: 10.1073/pnas.1719367115

[23] Counting cattle with AI and 5G technology, https://www.5g.hr/, Oct. 2022, link (last visited April 2024)

[24] Img. Source link, (last visited April 2024)

[25] Hollings T, Burgman M, van Andel M, Gilbert M, Robinson T, Robinson A. How do you find the green sheep? A critical review of the use of remotely sensed imagery to detect and count animals. Methods Ecol Evol. 2018; 9: 881–892. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12973

[26] Chamoso, P., Raveane, W., Parra, V., González, A. (2014). UAVs Applied to the Counting and Monitoring of Animals. In: Ramos, C., Novais, P., Nihan, C., Corchado Rodríguez, J. (eds) Ambient Intelligence - Software and Applications. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 291. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07596-9_8

[27] V.H.A. Soares, M.A. Ponti, R.A. Gonçalves, R.J.G.B. Campello, Cattle counting in the wild with geolocated aerial images in large pasture areas, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 189, 2021, 106354, ISSN 0168-1699, https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106354.

[28] Porto, João & Rezende, Fábio & Astolfi, Gilberto & Weber, Vanessa & Pache, Marcio & Pistori, Hemerson. (2021). Automatic counting of cattle with Faster R-CNN on UAV images. 1-6. 10.5753/wvc.2021.18880.

[29] Mücher, C. & Los, Stan & Franke, G. & Kamphuis, Claudia. (2022). Detection, identification and posture recognition of cattle with satellites, aerial photography and UAVs using deep learning techniques. International Journal of Remote Sensing. 43. 1-16. 10.1080/01431161.2022.2051634.

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО
ISSN 2682-9584

ПРОЦЕДУРИ, МЕТОДИ, ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ ЗА РАЗУЗНАВАНЕ В КИБЕРПРОСТРАНСТВОТО

Иван Христозов
ВА „Г. С. Раковски“
София, България
e-mail: ihristoz@rndc.bg

Веселина Гагъмова
ВА „Г. С. Раковски“
София, България
e-mail: v.gagamova@rndc.bg

Иван Чакъров
ВА „Г. С. Раковски“
София, България
e-mail: i.chakarov@rndc.bg

Чавдар Костадинов
ВА „Г. С. Раковски“
София, България
e-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Кристина Крумова
ВА „Г. С. Раковски“
София, България
e-mail: k.krumova@rndc.bg

Росен Ангелов
ВА „Г. С. Раковски“
София, България
e-mail: r.angelov@rndc.bg

Резюме: Тази статия представя процедурите, методите, технологиите и техниките, които се използват за разузнаване в киберпространството. Това е една сравнително нова област - интелигентен сбор и анализ на данни от организация, която може да е всякаква, включително и производствена, които може да се използват за вземането на оперативни решения с цел постигане на ефективност. Очертани са и структурирани основни стъпки в процеса на събиране и обработка на информация в киберпространството.

Ключови думи: киберпространство, разузнаване, технологии и техники за разузнаване.

I. Увод

„Веригата за кибер убийства“ (на англ. Cyber Kill Chain) е разработена от Lockheed Martin [1] за идентифициране и предотвратяване на кибер атаки. Тя има седем стъпки. Фокусирането върху тези стъпки помага на анализаторите да разберат техниките, инструментите и процедурите на хакерите. Когато се реагира на инцидент със сигурността, целта е да се открие и спре атаката възможно най-рано в прогресията на веригата за убийства. Колкото по-рано атаката е спряна; толкова по-малко щети се нанасят и толкова по-малко нападателят научава за целевата мрежа. Cyber Kill Chain определя какво трябва да изпълни нападателят, за да постигне целта си.

Първата стъпка във веригата за кибер убийства е кибер разузнаването.

Целта на настоящата работа е на основата на преглед и анализ на съществуващи международни и национални регламентации, изисквания, добри практики, използвани технологии и решения в областта на киберразузнаването да се предложи визуален модел на процеса за киберразузнаване.

За постигане на тази цел са поставени за решаване следните задачи:

- Да се определят и анализират съвременни тактики, техники и процедури за тяхното прилагане в процеса на киберразузнаване;
- Да се предложи графичен (визуален) модел на процеса по киберразузнаване.

II. Въведение в киберразузнаването и разузнаването на киберзаплахите

Не се открива общоприета дефиниция на понятието „киберразузнаване“, нито към настоящия момент има установени стандарти или правила, задължително приложими в международен план за това какво представлява киберразузнаването и как да го използваме по подходящ начин.

Според [2] *разузнаването включва организациите, възможностите и процесите, включени в събирането, обработката, използването, анализирането и разпространение на информация или на готова разузната такава*. Разузнавателните продукти предоставят на потребителите информация, която е събрана и анализирана въз основа на техните изисквания. От това определение виждаме, че Министерството на отбраната на САЩ разглежда разузнаването като продукт, дейностите в този продукт и организациите, извършващи дейностите.

За повечето цивилни организации и приложенията на разузнаването може да бъде представена по-опростена дефиниция като: Разузнаването е както продукт, така и процес от събиране, обработка, анализиране и използване на информация за постигане на идентифицирана цел. Ключът тук се състои в това, че информацията отговаря на някаква цел или предназначение. Концепцията за киберразузнаването е подобна на концепцията за разузнаване при физическа война.

Поради това определението за разузнаването е приложимо за и киберразузнаването, където може да се уточни, че източниците и усилията за събиране, обработка, анализиране и използване на разузнаването са свързани с теми от киберпространството т.е. те са относно враждебна кибернетична организация, способности на кибернетичните сили, мрежова система и т.н.

В някои литературни източници, например [3], се говори и за разузнаване на заплахите (Cyber Threat Intelligence (CTI)), като то се определя като базирано на доказателства знание, установено от текущи кибер заплахи, събрано от определен брой източници за идентифициране на съществуващи или потенциални атаки.

ISSN 2682-9584

Разузнаването на заплахите помага при идентифицирането на мотивите, целите и поведенията при заплаха от кибератака и прилагането на определени защити срещу бъдещи атаки.

Киберразузнаването би било специфична дисциплина в разузнаването т.е. CYBer INTelligence (CYBINT), което може да се определи като проследяване, анализиране и противодействие на цифрови заплахи за сигурността.

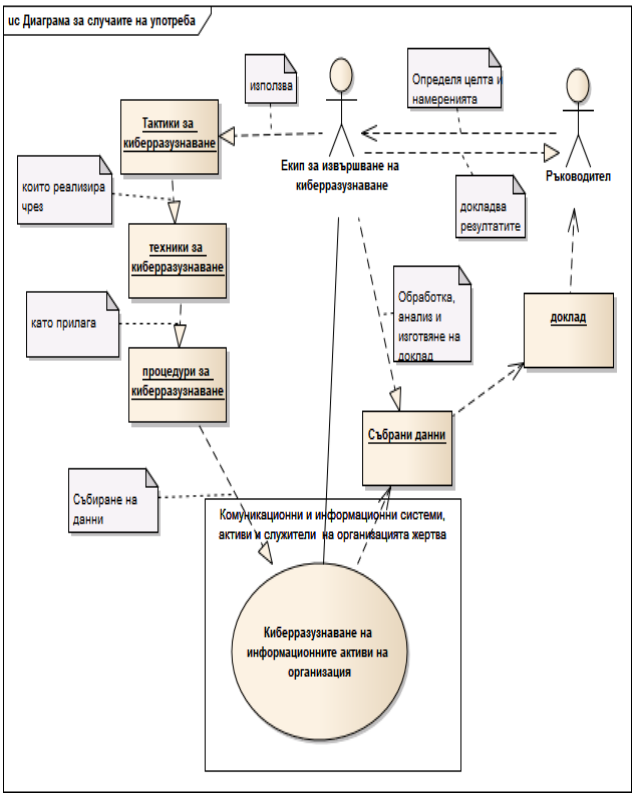
Следва да се прави разлика между киберразузнаване и разузнаването на киберзаплахи. Първото се извършва от противниците на дадена организация, докато второто е по-скоро функция на кибер защитниците на дадена организация.

В настоящата работа е прието ограничението да се разгледа процесът на киберразузнаване.

III. Тактики, техники и процедури за киберразузнаване

A. *Описание на случая на киберразузнаване*

На Фиг. 1 е представен визуален модел на използвания случай (use case) на киберразузнаване. Тя е разработена с използване на инструмента Enterprise Architect и прилагане на правилата за описание от архитектурната рамка Universal profile data model (UPDM) и представя оперативен изглед OV-1 „Концепция от високо ниво на случай за извършване на киберразузнаване“. Както е видно от изгледа, основните играчи в случая са екипите за извършване на киберразузнаване. Те използват тактики, които реализират с подходящи техники чрез прилагане на определени процедури за това.



Фиг. 1. Случай на употреба „Киберразузнаване на информационните активи на организация“

B. *Обекти/жертви на киберразузнаване*

Жертва на киберразузнаване в съвременния свят може да бъде всяка държавна организация, както и обекти, осигуряващи националната сигурност. Подобни актове се оценяват като престъпление в държавата-жертва, но не се квалифицират така в страната-агресор.

Под постоянен и все по-нарастващ риск се намират крупните корпорации. В отличие от предния пункт, тук дейностите на хакерите винаги се оценяват като престъпление (кражба на интелектуална собственост, причинени имуществена загуба, нарушение на търговска тайна). Най-голям интерес за „кибершпионите“ представляват всички възможни иновативни разработки, ноу-хау, резултатите от маркетингови изследвания, вътрешна служебна документация, котировки, ведомости, финансови документи и т.н.

Кибершпионажът може да включва физическо проникване, но в последните години до 90% от всички осъществявани днес атаки са откъм Интернет или по локалните мрежи [4].

„Слаби места“ на правителствените организации и юридическите лица са техните официални сайтове, корпоративните блогове, уеб-страниците на сътрудниците, личните кабинети. Особено внимание се отделя на защитеността на сървърите. Проследява се всяка дейност чрез крупни търсачки (определени заявки), социални мрежи, месинджъри, известни портали. Google, YouTube, Facebook, Skype и други подобни услуги могат да представляват потенциална опасност.

Престъпниците непрекъснато водят наблюдение на дейностите на лидиращи компании в сферата на IT, понеже разкриването на уязвимостите им помага да преодолеят защитата. Вероятността за нападение пропорционално се увеличава с нарастване на популярността на съответната услуга и организации.

Частните лица също се намират в риск. Известно е, че спецслужбите на ред страни следя гражданите, прикривайки се с борбата с тероризма и престъпността [4]. В групата на риска попадат политически деятели, крупни бизнесмени, учени, обществени деятели и журналисти. Определена опасност съществува и за техни близки (родственици, познати), които могат да попаднат в група за негласно наблюдение.

C. *Кой извършва киберразузнаване*

С киберразузнаване се занимават спецслужби или хакерски групировки по тяхна поръчка. Киберразузнаването може да се изпълни и от „наемници“, но нерядко атаките се осъществяват и от противници (конкуренти) на известни политически фигури, политически партии, държави. Той тясно се преплита с такива понятия, като „кибертероризъм“ и „кибервойна“. Може да се констатира, че „шпионажът“ в киберпространството е станал част от военните и други недружелюбни действия, които едни страни в съвременния свят водят против други.

В политически контекст „кибершпионите“ се интересуват от данните за държавните чиновници, засекретени документи, военни отчети.

ISSN 2682-9584

Добитите сведения се използват за политически цели, за получаване на икономически изгоди, дискриминация, дестабилизация, подрив на авторитета на опонента или управляващата партия.

За криминалните елементи кибершпионажът не е самоцел, но често е част от тяхната дейност. Има групировки, действащи и по идеологически и (или) материални причини. Хакерите използват разузнавателни атаки, за да направят неоторизирано откриване и картографиране на системи, услуги или уязвимости.

D. Тактики, техники и процедури за разузнаване

Първата стъпка към разбирането на киберразузнаването е да се осъзнае, че тактиките, техниките и процедурите за разузнаване (ТТП), са съществували много преди да бъде замислено киберпространството.

Тактиките се състоят от техническите цели, които нападателят трябва да постигне, за да изпълни атака, а техниките са средствата, чрез които се постигат тактиките.

Техниките за разузнаване на сигурността се отнасят до различните методи и подходи и инструменти, използвани за събиране, анализиране и прилагане на разузнавателна информация с цел определяне на слабите места на противника или подобряване на състоянието на сигурността на собствената организация. Тези техники включват събиране и анализ на данни от различни източници и прилагане на разузнаване за идентифициране и смекчаване на потенциални заплахи за сигурността.

И накрая, процедурите са специфичните действия, предприети от извършителите на киберразузнаване в прилагане на техниките, които са идентифицирани. Процедурите са документирано използване на техники в реалния свят от участници в заплаха [4].

Един от начините за откриване на извършителя на кибер атака е да се моделира поведението на действащия извършител. Рамката на MITRE Adversarial Tactics, Techniques & Common Knowledge (ATT&CK) дава възможност за откриване на тактики, техники и процедури на нападател като част от защитата от кибератаки и откриване на извършителя на атаки. Това се прави чрез съпоставяне на стъпките в една атака към матрица от обобщени тактики и описание на техниките, които се използват във всяка тактика.

Рамката MITRE ATT&CK е глобална база от знания за поведението на участниците в кибератаките. Базира се на наблюдение и анализ на експлойти в реалния свят с цел да опише поведението на нападателя, а не самата атака. Рамката е проектирана да позволява автоматизирано споделяне на информация чрез дефиниране на структури от данни за обмен на информация между общността от потребители и MITRE.

Според [5] разузнаване имаме, когато противникът се опитва да събере информация, която може да използва за планиране на бъдещи операции. Разузнаването се състои от техники, които включват противници активно или пасивно събиращи информация, използвана в последствие за подпомагане на избора на целта/жертвата.

Такава информация може да включва подробности за организацията, инфраструктурата или персонала на жертвата. Тази информация може да бъде използвана от противника, за да помогне в други фази от жизнения цикъл на операцията, като например използване на събраната информация за планиране и изпълнение на първоначален достъп, за обхват и приоритизиране на целите след компромис или за стимулиране и ръководене на по-нататъшни усилия за разузнаване.

Колоните в матрицата на корпоративните атаки показват тактиките, като под колоните са подредени техниките, използвани от злонамерения софтуер [5]. Щракването върху техниката след това изброява подробности за процедурите, които се използват от конкретното копие на зловреден софтуер с дефиниция, обяснение и примери за техниката.

Основните тактиките и техниките, представящи MITRE ATT&CK® Matrix за Enterprise при извършване на разузнавателна атака са [5]:

- Активно сканиране - Активните сканирания са тези, при които противникът изследва инфраструктурата на жертвата чрез мрежов трафик, за разлика от други форми на разузнаване, които не включват пряко взаимодействие: сканиране на IP блокове на жертвите; сканиране на уязвимости; сканиране чрез списък с думи.
- Събиране на информация за хоста на жертвата: хардуер; софтуер; Firmware; Клиентски конфигурации.
- Събиране на информация за самоличността на жертвата: идентификационни данни; имейл адреси; имена на служители.
- Събиране на информация за мрежата на жертвата: свойства на домейна; DNS; зависимости на мрежово доверие; топология на мрежата; IP адреси; устройства за мрежова сигурност.
- Събиране на информация за организацията на жертвата. Информацията за дадена организация може да включва различни подробности, включително имена на дирекции/отдели, специфики на бизнес операциите, както и ролите и отговорностите на ключови служители.
- Фишинг за информация. Противниците могат да изпращат фишинг съобщения, за да извлекат чувствителна информация. Фишингът за информация е опит да се подмамят цели да разкрият информация, често идентификационни данни или друга полезна информация. Фишингът за информация е различен от фишинга по това, че целта е събиране на данни от жертвата, а не изпълнение на зловреден код.
- Търсене в затворени източници. Противниците могат да търсят и събират информация за жертвите от затворени източници, която може да се използва по време на кибероперация. Информацията за жертвите може да бъде достъпна за закупуване от уважавани частни източници и бази данни, като

ISSN 2682-9584

например платени абонаменти за емисии на технически/разузнавателни данни за заплахи. Противниците могат също да закупят информация от по-малко уважавани източници, като „тъмна мрежа“ или черни пазари за киберпрестъпления.

- Търсене в отворени бази данни. Противниците могат да търсят в свободно достъпни бази данни за информация за жертвите. Информацията за жертвите може да е достъпна в онлайн бази данни и хранилища, като например регистрации на домейни/сертификати, както и публични колекции от мрежови данни/артефакти, събрани от трафик и/или сканирания.
- Търсене в отворени уебсайтове/домейни. Противниците могат да търсят в свободно достъпни уебсайтове и/или домейни информация за жертвите. Информацията за жертвите може да бъде достъпна в различни онлайн сайтове, като социални медии, нови сайтове или такива, които хостват информация за бизнес операции като наемане или заявени/възнаградени договори.
- Търсене в уебсайтове, собственост на жертвата. Противниците могат да търсят информация в уебсайтове, собственост на жертвата. Притежаваните от жертвите уебсайтове може да съдържат различни подробности, включително имена на дирекции/отдели, физически местоположения и данни за ключови служители, като имена, роли и информация за контакт (напр. имейл адреси). Тези сайтове може също да имат подробности, подчертаващи бизнес операции и взаимоотношения.

IV. Модел на процеса за кибер разузнаване

Процедурата за разузнаване на сигурността е систематичен подход за събиране, анализиране и разпространение на информация, свързана с потенциални заплахи за сигурността и уязвимости. Това включва събиране на данни от различни източници, като вътрешни и външни мрежи, бази данни и човешки интелект, и след това анализиране на тези данни за идентифициране на модели, тенденции и потенциални рискове за сигурността.

Цикълът на киберразузнаване е кръгов и повтарящ се процес за преобразуване на данни в разузнавателна информация, от няколко итеративни стъпки, които една организация може да приложи, за да подобри своето разузнаване на кибернетичните заплахи, като същевременно оптимизира своите ресурси и ефективно реагира на съвременни такива [2,3,[6]:

1. Планиране и определяне на направлението – За да се създаде по подходящ начин каквото и да е количество разузнавателна информация, трябва да има дефинирана цел и намерения. Това е етапът на планиране, където екипите по сигурността определят целите и направленията на операцията за разузнаване. Те могат да проучат вида на атаката, кои са вероятните нападатели или жертви и техните мотиви, вида на необходимото разузнаване и действията, които трябва да бъдат предприети за защита срещу атаките.

Това може да е нещо просто като например желанието да се разузнаят сървърите за управление на зловреден софтуер, така че да могат да бъдат блокирани в мрежа на организацията, или пък желанието да се разузнае типа информационни системи, които жертвата/целта използва, така че те да могат да бъдат пробити.

Стъпките в цикъла на разузнаване, предполагат и връщане назад и преминаване през определени стъпки отново (като пример, ако се получат нови данни, които разкриват нещо, което не е било известно, имало е пропуск в разузнаването, то като резултат може да се определи нова цел и др.)

2. Събиране на данни – Къде и как се получават данните и информацията за обработка. Данните могат да се събират от различни източници. Това могат да бъдат гърнета с мед (на англ. Honeypots), регистрационни (лог) файлове на „защитната стена“, регистрационни файлове на системата за откриване на проникване, сканирания на интернет, записки в резултат на отговор на минали инциденти, интернет и дори “тъмната мрежа” (на англ. Dark net), канали за разузнаване и т.н.

Повечето от наличните опции за събиране на данни и информация трябва да се познават още по време на фазата на планиране и определяне на посоката, за да може да се поставят разумни цели или потребности от разузнаване.

3. Обработка – След като се съберат необходимите данни, те трябва да се обработят във формат, подходящ за анализ, като например организиране на данните в електронни таблици, дешифриране на файлове, оценка на уместността и надеждността на данните. Преобразуването на събраната информация в нещо, което може да се достъпва и анализира. Това може да се отнася за начина, по който се съхраняват и се осъществява достъп до данните или действителното анализиране на данни, като например преобразуването им в четима от човека информация т. е. в ASCII код от двоични данни.

4. Анализ, проверка и докладване – След като данните бъдат обработени, те се анализират, за да се идентифицират потенциални заплахи или уязвимости и се намерят отговори на въпросите, поставени на първия етап и да се предоставят ценни препоръки на заинтересованите страни. Това може да включва идентифициране на модели, тенденции или аномалии в данните, както и извършване на оценки на риска.

Това е стъпката, в която получените данни се превръщат в разузнавателен продукт. Това се прави чрез анализ и тълкуване и следователно е силно зависимо от способностите на анализатора. Подготвен анализатор може да използва малък набор от данни и да извлече повече от него, отколкото необучен анализатор би могъл от набори от „големи данни“. Резултатите от анализа се проверяват, за да се гарантира тяхната точност и надеждност. Това може да включва кръстосани препратки с други източници или консултации с експерти по темата.

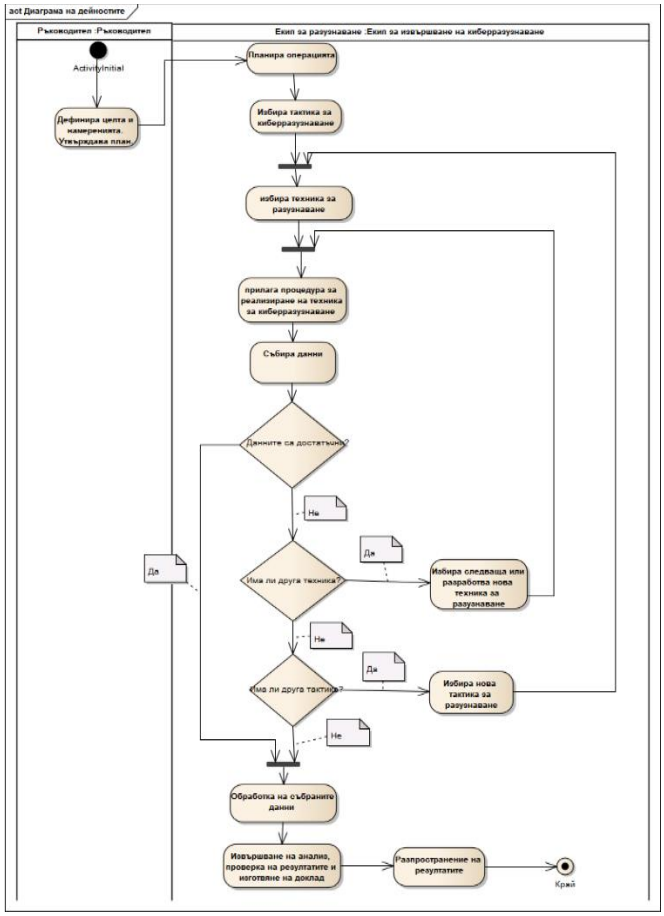
Резултатите от анализа и проверката се компилират в доклади, които предоставят разузнавателни данни, които могат да бъдат предприети.

ISSN 2682-9584

Тези отчети могат да бъдат споделени с ключови заинтересовани страни, като екипи за сигурност, ръководство или правоприлагащи органи. Всички изготвени доклади трябва да отговарят на определена разузнавателна нужда или цел, определени на фазата на планиране и насочване.

5. Разпространение – Предоставяне на готовия разузнавателен продукт на съответните клиенти или потребители като екипи за сигурност, екипи за реакция при инциденти или други заинтересовани страни, които трябва да предприемат подходящи действия въз основа на разузнавателните данни.. Екипът за разузнаване превежда всички анализирани данни в опростен формат за заинтересованите страни. Ако потребителите нямат достъп до разузнавателния продукт или не могат да го използват, тогава той е безполезен и не отговаря на целта. JP 2-0 [2] не включва директно „обратна връзка“ като част от разузнавателния цикъл, но всички организации и анализатори в киберразузнаването включват и стъпка 6 – обратна връзка.

Въз основа на предоставената разузнавателна информация се предприемат подходящи действия за атакуване на противника или намаляване на идентифицираните рискове или заплахи на собствената организация. Това може да включва прилагане на мерки за сигурност, допълнителен мониторинг, дейности за реакция при инциденти или за допълнително разузнаване.



Фиг. 2. Процедура за киберразузнаване

6. Обратна връзка. - Ефективността на процедурата за разузнаване за сигурност се оценява редовно, за да се гарантира нейната постоянна уместност и ефективност. Това спомага да се постигне увереност, че фазата на планиране и насочване е в съответствие с това, което е произведено. Това е последният етап, в който се търси и документира обратна връзка, дали са необходими промени или подобрения за операциите по киберразузнаване. Това може да включва анализиране на резултата на действията, предприети въз основа на разузнавателните данни, и извършване на всички необходими корекции в процедурата. Този етап също е от решаващо значение за определяне на целите и процедурите при следващи жизнени цикли на разузнаване

На фиг. 2 по-долу е представена процедура за киберразузнаване във вид на диаграма на дейностите на UML.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Днес организациите боравят с повече данни от всякога и координираните кибератаки, извършвани срещу организации, са все по-често срещани. За да бъдат успешни кибератаките и по-трудни за потискане, е необходимо предварително провеждане на киберразузнаване.

Като цяло процедурата за разузнаване на сигурността е непрекъснат процес, който помага на организациите да разберат уязвимостите на жертвата.

От гледна точна на защитата на собствената организация също е необходимо да се внедрят проактивни решения и необходими защити срещу злонамерени заплахи. Чрез разузнаването на киберпространството потенциалните заплахи и атаки могат да бъдат идентифицирани по-рано и нивото на сигурност на организацията може да бъде повишено

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът е написан благодарение на финансиране от Министерство на образованието и науката в изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2017 – 2030 по Национална научна програма „Сигурност и отбрана“, приета с решение на Министерски съвет № 731 от 21 октомври 2021 г.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Cyber Kill Chain, https://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/cyber/cyber-kill-chain.html, visited on 10.04.2024 г.

[2] Joint Intelligence, Joint publication-2.0, 22 October 2013, https://irp.fas.org/doddir/dod/jp2_0.pdf, (visited on 06.03.2024).

[3] Dilki Rathnayake, An Introduction to Cyber Threat Intelligence: Key Concepts and Principles, https://www.tripwire.com/state-of-security/introduction-cyber-threat-intelligence-key-concepts-and-principles, (visited on 06.03.2024).

[4] A. I. Belous, V. A. Soloduha, Osnovi kiberbezopasnosti. Ctandarti, kontseptsii, metodi i sredstva obespechenia, Moskva: TEHNOSFERA, 2021.

[5] MITRE ATT&CK, https://attack.mitre.org/tactics/TA0043/, (visited on 06.03.2024).

[6] R. M. Lee, Cyber Intelligence Part 1: An Introduction to Cyber Intelligence, June 27, 2015, https://www.robertmlee.org/cyber-intelligence-part-1-an-introduction-to-cyber-intelligence/, (visited on 06.03.2024).

ISSN 2682-9584

CYBER INTELLIGENCE PROCEDURES, METHODS, TECHNOLOGIES AND TECHNIQUES

Ivan Hristozov
Rakovski National Defence College
Sofia, Bulgaria
e-mail: ihristoz@rndc.bg

Veselina Gagamova
Rakovski National Defence College
Sofia, Bulgaria
e-mail: v.gagamova@rndc.bg

Ivan Chakarov
Rakovski National Defence College
Sofia, Bulgaria
e-mail: i.chakarov@rndc.bg

Chavdar Kostadinov
Rakovski National Defence College
Sofia, Bulgaria
e-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Kristina Krumova
Rakovski National Defence College
Sofia, Bulgaria
e-mail: k.krumova@rndc.bg

Rosen Angelov
Rakovski National Defence College
Sofia, Bulgaria
e-mail: r.angelov@rndc.bg

Abstract: This article presents the procedures, methods, technologies and techniques used for cyber intelligence. This is a relatively new field - the intelligent collection and analysis of data from any organization, including manufacturing that can be used to make operational decisions to achieve efficiency. Basic steps in the process of collecting and processing information in cyberspace are outlined and structured.

Key words: cyberspace, intelligence, intelligence technologies and techniques

ISSN 2682-9584

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MULTIMEDIA LEARNING SYSTEM USING OERs ON CLOUD-BASED TECHNOLOGIES

Daniela Minkovska
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: daniela@tu-sofia.bg

Abstract: This paper examines basic methods for teaching students by integrating open educational resources (OERs) with cloud-based technologies. OERs are freely available resources that facilitate knowledge sharing, teaching, learning and assessment. Open learning, based on cloud technologies creates a prerequisite for adapting the computer cloud environment to support open educational resources. The process of designing and developing a multimedia system for using Open Educational Resources on the Cloud for educational purposes is shown. Conclusions are made about the effectiveness and advantages of the developed application.

Keywords: Open Educational Resources (OERs), cloud-based technology, multimedia technology, web application.

I. INTRODUCTION

The worldwide rapid development of ICT technologies requires the use of modern and attractive teaching methods in all spheres of education. In recent years, the introduction of e-learning tools into the educational process has been one of the priority lines laid down in the European directives for quality education. However, this process is not developing dynamically, and many educational institutions continue to use traditional forms of education. The reasons for this are many, among which some of the most important are, lack of digital learning content, insufficient training of teachers, and lack of desire and motivation to follow and use the latest technologies and methodologies for e-learning.

The development and use of ICT in education is one of the most important priority lines of the European Union's strategy for increasing the quality of education. In addition, the integration of OER with multimedia technologies in education is an essential part of modern society. Thanks to this integration, educators have the opportunity to use in their daily educational activities easily and quickly various multimedia tools integrated with OER, which will lead on the one hand to an increase in the interest of learners to more attractive teaching methods, respectively to an increase their opportunities for knowledge mastering, and on the other hand – as a tool that facilitates the daily learning activities of trainers.

The use of cloud technologies in the learning process, to store and provide OER and applications, as benefits are huge - they will make cheaper information devices more accessible, because they don't need processing power or the size of the computer. The challenge will be to provide ubiquitous connectivity to access information located in the "cloud".

II. BRIEF ANALYSIS OF OERS CONSTRUCTION MODES AND MULTIMEDIA TECHNOLOGIES

Open Educational Resources (OERs) are "digitized materials offered freely and openly to educators, students, and self-learners for use and reuse for teaching, learning, and research" [1]. The main characteristics of OER can be deduced from the definition given by UNESCO [2], where the following issues are highlighted:

- teaching, learning and research materials in any medium, digital or otherwise;
- be in the public domain or under an open license;
- allow free access, use, adaptation and redistribution by others without or with partial restrictions.

The model described by David Wiley can be used. According to this model, OER development can be represented as a development life cycle [3]. The following sequence of steps illustrates a typical development process (fig.1).

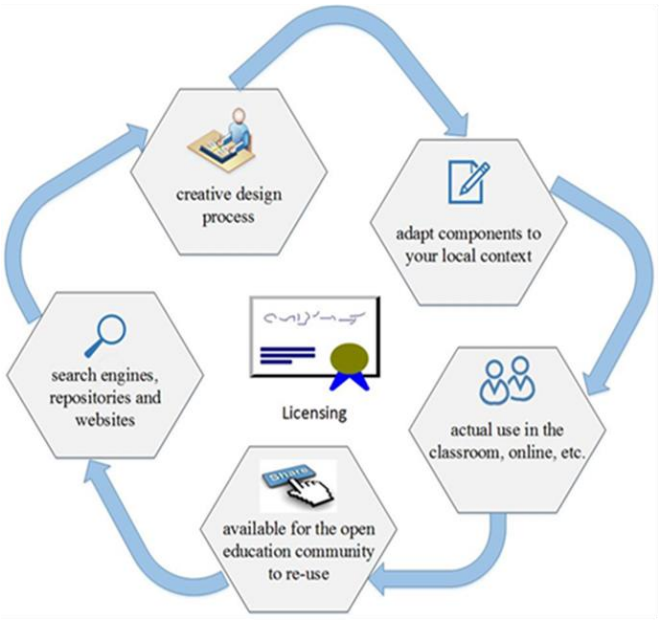


Fig. 1. Life cycle of OER development [3]

- Find - Initiate a search for relevant resources that contribute to the achievement of a need or satisfaction of a desire. This may include using general search engines, searching specific repositories and finding individual websites.

ISSN 2682-9584

- Compose - connecting a set of resources that are available to create resources for self-learning as well as teaching colleagues and teachers. They should be stacked together to form a learning resource. It is a creative design process to build an educational resource from scratch and/or use found components.
- Adapt - when building OER, it is almost always necessary to adapt the components to your own context. This can include minor fixes and improvements, moving components, localization, and even completely re-engineering content for use in different contexts.
- Use - the actual use of OER in the classroom, online, during informal learning activities, etc.
- Share - after completion of OER, they should be made available to the open education community so that they can be used again and the life cycle can start again.

OER licensing is also an essential element throughout the lifecycle.

This life cycle applies to the development of individual OERs as well as large OER projects. Each of these stages has its own unique considerations. Although the life cycle follows a logical progression, it is not necessarily followed consistently in practice. Some parts, such as adaptation, can be done simultaneously with other parts or over time.

One of the main technical tools for achieving quality and effective e-learning are modern multimedia learning environments. The application of computer technologies together with other information means such as sound and video technology creates conditions for organizing mixed architectures and their automatic management in dialog mode. The quality of the technical provision depends on the interface they offer, which must be flexible, adaptable, attractive and with an optimal structure. Interactivity is the main feature of multimedia. Following this characteristic, it is necessary in the creation of OER to use tools that can build the following three important components [4]:

- Creation of rich multimedia documents - tools are used that enable the creation and facilitation of combining text, images, sounds, files and video and are preserved as openly licensed educational resources. These resources can be shared with friends, colleagues and teachers around the world. With these tools, resources can be organized, edited, and published that are suitable for you and your classroom.
- Create interactive lessons - tools are used that allow authors to create both student and teacher content views. Authors are encouraged to include summaries, pedagogical support text, and instructions for both students and other users of the resources. An interactive lesson consists of sequential tasks that may include a step-by-step approach to learning. Each task can have resources available for download.
- Creating interactive modules - tools are used that allow authors to create views for students and teachers that are content-oriented. Authors are encouraged to include summaries, pedagogical support text, and instructions for both students and other users of the resource. Interactive modules may consist of sequential tasks that may involve a step-by-step approach to learning. Each task can have resources available for download.

III. A BRIEF ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF CLOUD TECHNOLOGIES

In its essence, Cloud Computing can be seen as a paradigm of a large number of private or public networks in which a large number of systems are connected, providing an infrastructure for storing data, files and applications. Thanks to this technology, the costs of hosting and storing applications are significantly reduced. The basic principle of cloud computing is based on the idea of "reuse of IT capabilities" (fig. 2) [5].

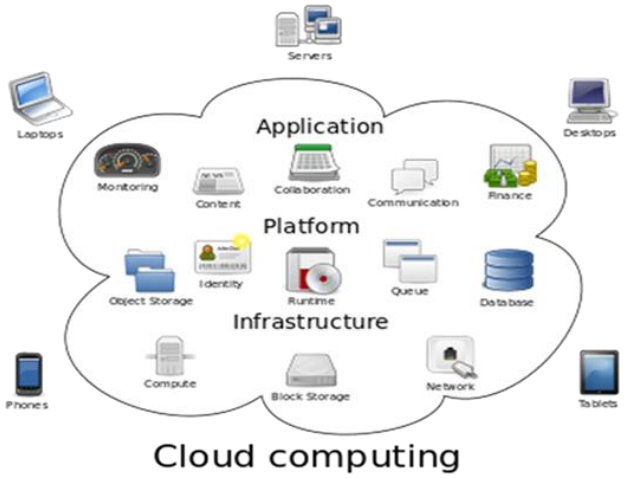


Fig. 2. Cloud computing - logic diagram [5]

Cloud architecture is generally classified into three cloud service models: infrastructure as a service (IaaS), the lowest layer that provides fundamental infrastructure for the other layers; platform as a service (PaaS), the middle layer that provides an environment for developing and hosting user applications; and software as a service (SaaS), the upper layer that provides an application layer that runs as an on-demand service (fig. 3) [6].

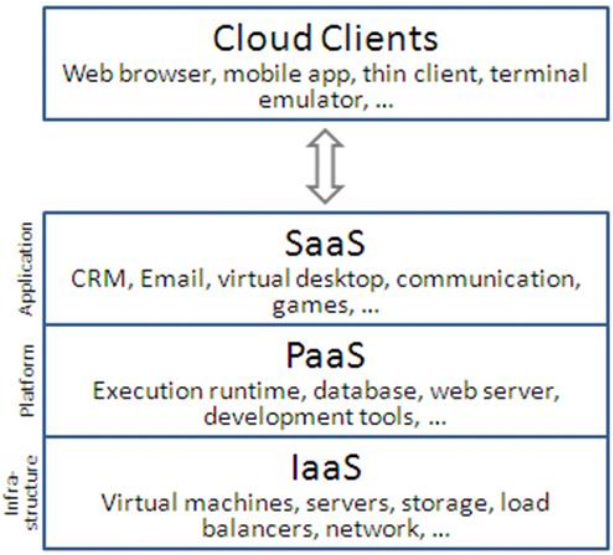


Fig. 3. Cloud delivery models [7]

ISSN 2682-9584

In other words, the term refers to both software applications provided in the form of web services and access to the hardware and system resources of data centers that offer these services. In fact, the combination of access to the hardware and software of the center is what is accepted to be called "the cloud". The cloud is thought to be a metaphor for the Internet, as it is often depicted as such in computer network diagrams and as an abstraction of the complex infrastructure behind it.

Cloud computing systems must also possess certain attributes [8].

- Massive scale
- Homogeneity
- Virtualization
- Resilient computing
- Low-cost software
- Geographic distribution
- Service orientation
- Advanced security technologies.

These attributes, characteristics, service models, and deployment models are the bare minimum to distinguish cloud computing from networked and distributed computing. The end users of the software do not have to maintain the infrastructure and platform on which the application runs. Operational IT costs are reduced by outsourcing hardware and software support to the cloud service provider [9].

IV. Designing a multimedia system for using Open Educational Resources (OERs) on the Cloud for educational purposes

The developed project is a cloud-based application for interactive learning, including learning materials and knowledge verification tests. The application is built on the Toolbook multifunctional authoring environment, where applications can be created for various purposes. The programming language used is OpenScript. The user interface via ToolBook offers a particularly innovative Internet delivery mechanism that uses Java and HTML, thereby bypassing the need for a plug-in.

In figure 4 shows the functional structure of the developed author's application for training students in the discipline "Information and Communication Technologies" and an adaptive test to it.

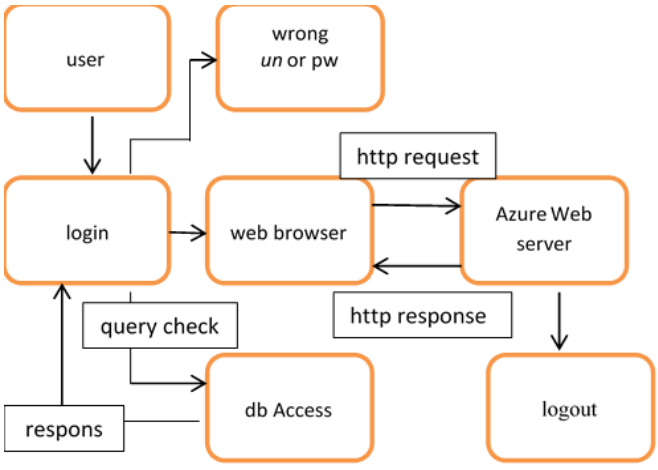


Fig. 4. Functional structure of the application

A database is an important part of any system that stores information. The tables and the connections between them are visualized in fig. 5. Data is stored in the form of relations composed of records and attributes.

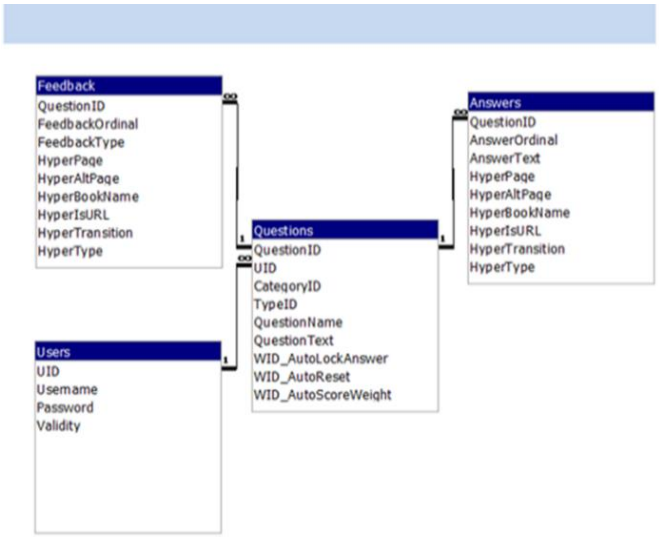


Fig. 5. Relationships between tables for a sample test

The author's application for "Information and Communication Technologies" for students has been developed in accordance with the requirements to be interactive and adaptable. Therefore, it is necessary to clarify what constitutes an educational application and what defines it as interactive and adaptive with multimedia elements. It describes the way of designing and developing the application, as well as the adaptive tests for it. The technological development of applications of an educational nature must also comply with the system requirements for the software providing the multimedia: creation of a database for the analysis of teaching and learning of the learning material, automatic entry of the results into an information system, etc. [10].

The interactive application includes 8 topics from "Information and Communication Technologies". Accordingly, each of the topics is divided into subtopics, knotty problems, and concepts.

The technical implementation is presented in figure 6. There are buttons against each of the topics. The buttons 1,2,3...n indicate the number of subtopics included in each topic. When clicking on the main topics, via a hyperlinear transition, the user is sent to a page with content of the subtopics.

Choosing a cloud platform to upload the application is an important process because the platform must be reliable and provide access from anywhere in the world. For this reason, the platform chosen is MS Azure. MS Azure is a professional platform for cloud services offered by Microsoft. With its advanced functionalities, virtual machines, SQL database, resources and much more can be powered on without the risks of failure or the presence of old equipment and software. One of the important features of the platform is that it works with any operating system from Windows to Linux and with many programming languages, from C# to Java, and with tools from SQL Server to Oracle.

ISSN 2682-9584

Azure provides access to integrated services, including processing power, storage, applications, data and networks, so it enables rapid infrastructure management, the realization of a greater number of tasks, and above all provides significant financial savings. Azure is a high-quality processing cloud providing access from anywhere around the world. The system is based on a global network of data centers that is constantly expanding. The platform enables the launch of applications for customers around the world.

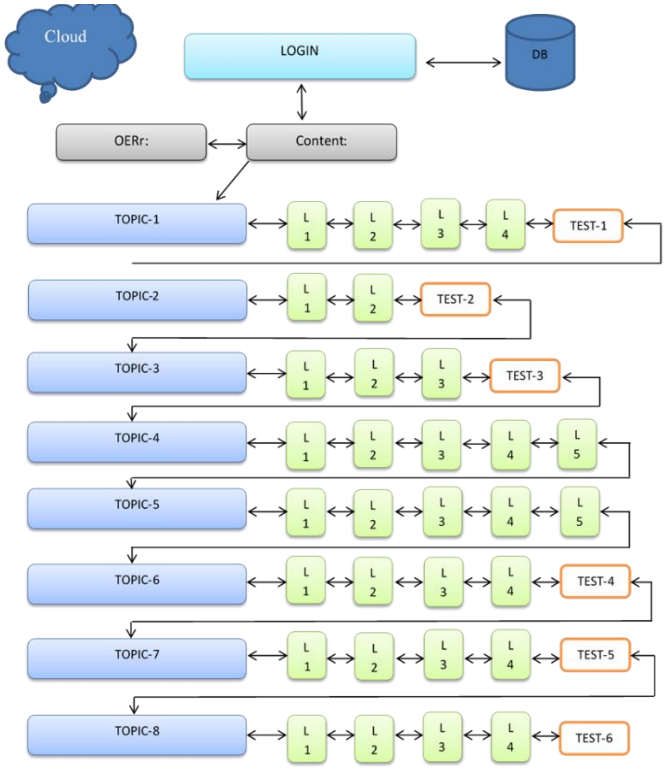


Fig. 6. Functional structure of an interactive application for training in Information and Communication Technologies

Initially, registration and login to the system (portal.azure.com) is done for administration and application selection. The Web Apps feature in Azure App Service enables developers to quickly build, deploy, and manage powerful websites and web applications.

Next, create a Resource group named toolbook that contains ServicePlanb28208b8-85f3 with properties selected and the Web Apps toolbook. After creating this web service, figure 7 shows the results obtained and the generated url and ftp addresses. Also ftp hostname needed to transfer data using Firezilla ftp client.

The ftp-client is a program that must be installed on the computer in order to be able to transfer files to and from other remote machines. The FTP client is used to upload sites on the Internet, i.e. to transfer files from the PC to the chosen hosting.

File transfer is done by highlighting the selected file and pressing the transfer button or by the “drag & drop” method, the files must be in the correct wwwroot directory shown in figure 8. In this way the files and folders will be sent to the specified host, and the site will be published on the Internet and will be visible from any machine connected to the World Wide Web.

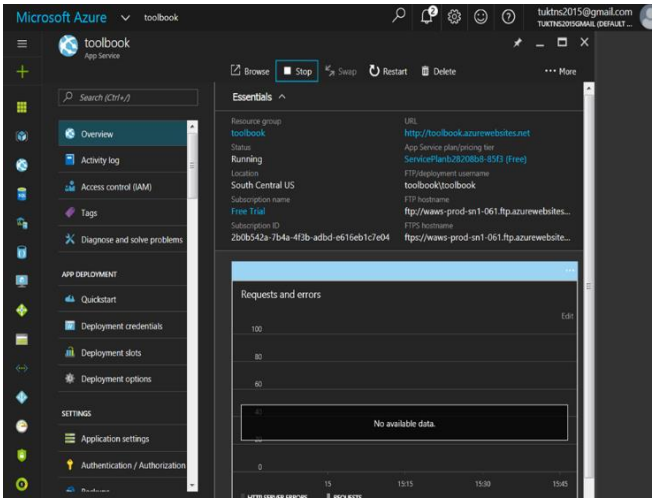


Fig. 7. Microsoft Azure

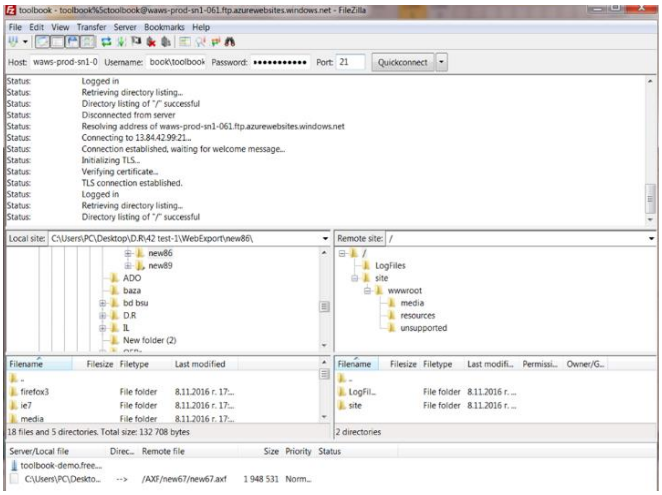


Fig. 8. File Transfer

Integrating this OER platform into classroom teaching and learning strategies will facilitate the impact on pedagogical development of new teachers. This, can be applied in the school situation, where OER can also be used and where digital literacy and creativity are key aspects for obtaining and absorbing knowledge [11]. The purpose of cloud computing is to gather resources scattered across the Internet to provide easy access to requests. Distributed storage resource databases can also be managed and stored uniformly, which helps learners share efficiently and access resources on a large scale [12].

V. Conclusion

The article presents the process of designing and developing a multimedia system for using Open Educational Resources (OERs) on the Cloud for educational purposes, representing a complete and ended project, reflecting the operation of a cloud-based application and all the features related to it. Its application is discussed, based on previously analyzed basic concepts and functions of integrated multimedia technologies, cloud computing and OERs.

The advantages over other existing applications are expressed by using the Cloud environment and choosing the nearest data center to host the application, thus ensuring fast action.

ISSN 2682-9584

Microsoft Azure enables easy management and expansion of the offered services, as well as guaranteeing data security. And last but not least, cost optimization that reduces infrastructure deployment and maintenance efforts.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the Research and Development Sector at the Technical University of Sofia for the financial support.

REFERENCES

[1] Open Educational Resources, https://en.wikipedia.org/wiki/Open_educational_resources

[2] http://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX%3A52013DC0654

[3] http://wikieducator.org/OER_Handbook/educator/OER_Lifecycle

[4] https://www.oercommons.org

[5] https://bg.wikipedia.org/wiki/Изчисления_в_облак

[6] Lubna Alhenak, Alaa Alwatban, Bashaer Alamri, Noof Alarifi, A Survey on the Security of Cloud Computing, Conference: 2019 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), May 2019, DOI: 10.1109/CAIS.2019.8769497

[7] Pio O'Connell, Big Data Cloud Computing — Traditional and Modern, https://medium.com/@connuineill/cloud-computing-traditional-and-modern-54b6df1777e3

[8] Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., & Konwinski, A., Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing (No. UCB/EECS-2009-28). Berkeley: EECS Department, University of California, 2009

[9] http://blog.icn.bg/hosting-2/vavedenie-v-cloud-computing-saas-iaas-paas/

[10] http://blogs.uwekind.com/karagyozov/tag/open-education/

[11] Nureni Asafe Yekini, Uduak Inyang-Udoh, Funmilayo Doherty, Open Educational Resources (OER) for Sustainable Development using Autonomic Cloud Computing System, I.J. Engineering and Manufacturing, 2016, 6, 60-68, Published Online November 2016 in MECS (http://www.mecs-press.net), DOI: 10.5815/ijem.2016.06.06

[12] Hong Ma, Research on the Mode of Open Educational Resources Sharing Based on Cloud Computing Technology, International Conference on ducation and Cognition, Behavior, Neuroscience (ICECBN2018), 2018

ISSN 2682-9584

DESIGNING A MULTIMEDIA VIDEO CONTENT MANAGEMENT SYSTEM USING A DAM SYSTEM

Daniela Minkovska
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: daniela@tu-sofia.bg

Abstract: This paper examines the design process of a multimedia video content management system using a DAM (Digital Asset Management) system. Main existing solutions in this area are reviewed, and a reasoned choice of a data base server for storing the multimedia files and data, as well as a system with business process management tools, helping to build the integrated environment for creating the multimedia application, is made.

The process of the practical design of the database and the functional scheme of the designed multimedia system are shown. Conclusions are made about the effectiveness and advantages of the developed system.

Keywords: multimedia system, DAM system, Media Orchestration, database, Business Process Management tools, streaming

I. INTRODUCTION

The need for a multimedia process management system is dictated by the rapid pace of development of OTT (Over-the-top) services. Over The Top is a media distribution model where television, film and/or video content is delivered directly to viewers over the Internet, bypassing traditional distribution channels such as broadcast, cable and satellite providers. It can be said that these are services where various streaming platforms offer multimedia content over the public Internet directly to the user [1].

In most cases, one platform is available in several geographical locations (countries), which determines the need for the so-called localization of multimedia content. Localization is most often implemented by creating subtitles for the available video content and, in rarer cases, dubbing the corresponding language.

Technically, subtitles and dubbing are a series of different types of multimedia file formats - .wav audio for dubbing and .pac, txt, ttml or xml files for subtitles. All these localized files, also called versioning, refer to a single video.

Thus arises the need for content management, due to the large volume and different versions of multimedia files. For this purpose, software companies specialized in this segment create DAM systems (Digital Asset Management), which serve for storage, systematization, categorization and easier user access to a catalog of multimedia content (digital assets) [2].

In most cases, however, assets ingest in DAM system, as well as associating dubbing and subtitles to the corresponding video file for which they were created, is a manual process by a user in the main version of the DAM system.

II. BRIEF OVERVIEW OF THE MAIN SOLUTIONS BASED ON DIFFERENT PLATFORMS FOR MANAGING MULTIMEDIA PROCESSES

In order to successfully design a system for multimedia video content, it is necessary to realize a correct choice of suitable platforms for managing the processes in it, as well as to make a reasoned choice of the data base server for storing the multimedia files, and of a suitable integrated environment, containing convenient process management tools.

A. Media Orchestration solutions

A new category called Media Orchestration has emerged in the terminology of leading media playback automation and management companies [3]. It is a process that provides a solution to traditional media asset systems by monitoring and controlling multiple productions and performing tasks requiring minimal operator involvement [4]. Automation of these processes is most often a paid option or in some cases even a completely standalone system.

Some of the most popular Media Orchestration solutions are:

- Tedial Media Workflow Orchestration - Tedial is a Spanish software company developing software applications for managing media content and supporting Live streaming and multimedia platforms [5]. Their Media Orchestrator solution shares the Oracle database with their MAM (Media Asset Management) system. The idea behind Tedial's Orchestrator is to reformat individual audio, video and subtitle components into formats supported by them, packaging them as a single multimedia asset (File package) ready to be inserted into the MAM system [5] (Figure 1). The disadvantage is that the Media Orchestrator cannot be used on its own. The company also offers the use of its products in a SAAS (Software as a service) model.
- Telestream Vantage – Telestream is an American software company specializing in multimedia processes at all levels. The Vantage multimedia content management system is fully automated, supporting the concept of fully intelligent processes based on predefined rules and the actions resulting from them [6]. This system is extremely flexible in terms of configuration, supports multiple components for managing and formatting media content (Figure 2), but completely closed, based only on their own hardware devices, and also quite expensive.

ISSN 2682-9584



Fig. 1. Architecture of Tedial media workflow orchestration [5]

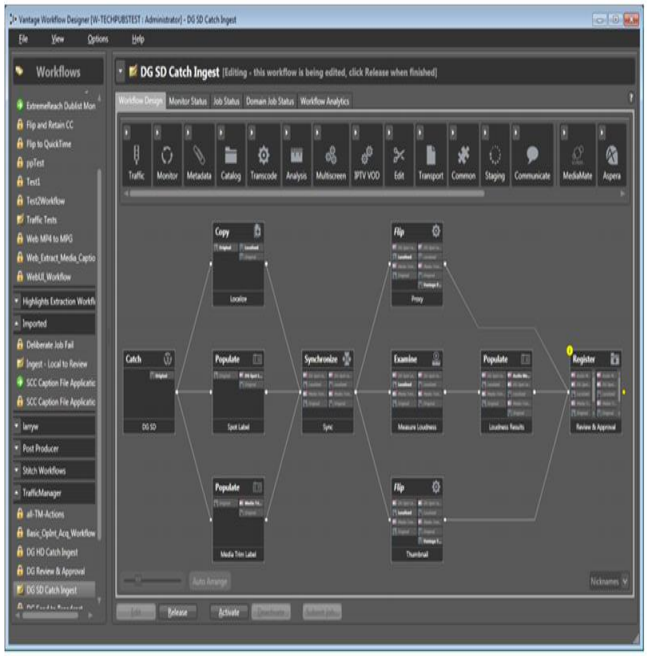


Fig. 2. Vantage-control panel for creating automated intelligent processes [6]

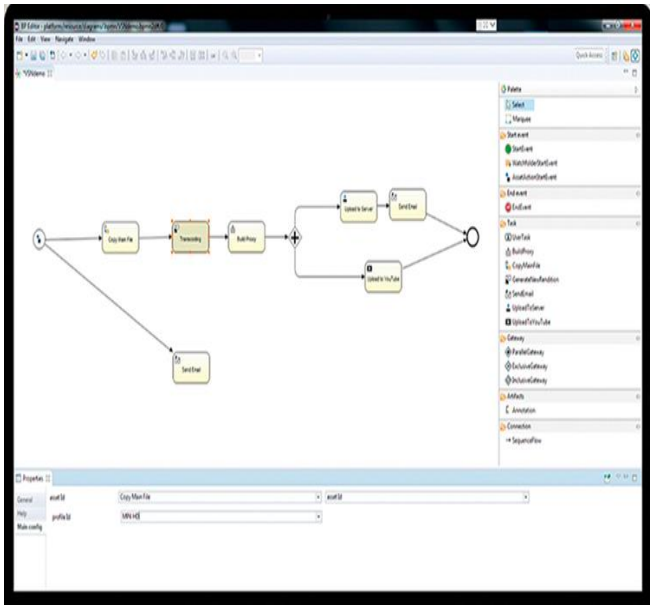


Fig. 3. VSNExplorer control panel [7]

- VSNExplorer is another solution for managing multimedia processes, which, unlike Tedial's solution, can also be used independently (stand-alone) from the MAM system. The interesting thing about VSNExplorer is that it uses the Kanban concept [7], where each user knows at any time what tasks are to be completed and in which phases or stages of the processes an intervention or additional resource is needed. An advantage is that it can be installed on different operating systems and easily managed only through a web interface, but more limited in terms of possibilities for creating and managing processes.

B. Choosing a server to store the multimedia files

File servers are responsible for storing and managing files and data shared between users on a network. Their main function is to allow users to access and share files securely and efficiently. These servers can be either dedicated hardware or software, installed on an existing server [8]. There are different types of file servers, each with their own features and specific applications.

For the needs of the specific design of the multimedia system, Microsoft SQL server 2014 is specified as the most suitable, because this database server is a so-called native Windows product and works smoothly in a Windows server environment (Figure 4).

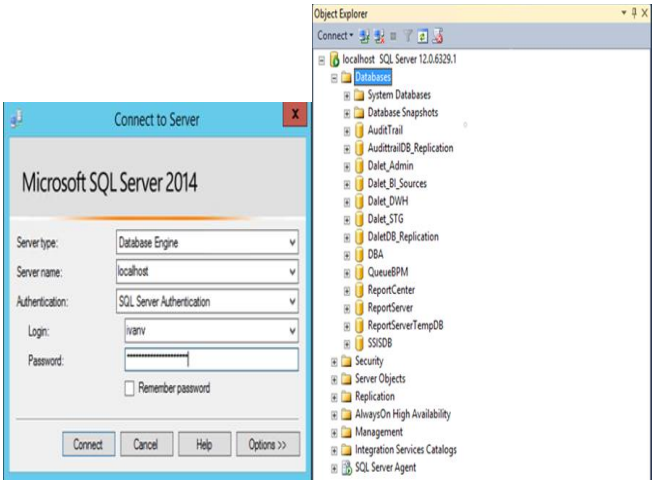


Fig. 4. Microsoft SQL server management studio Login screen and control panel

An additional factor is that MicroSoft SQL server has Linked Server functionality that allows SQL Server Database Engine and Azure SQL Managed Instance to read data from remote data sources and execute commands against remote database servers (for example, OLE DB sources on data) outside the instance of SQL Server [9]. In this way, MSSQL can easily be used to connect and use a database for the multimedia management system from an already existing multimedia file storage system.

C. Choosing an integrated environment with process management tools

A business process is a set of one or more activities (tasks) that collectively realize a business goal, usually in the context of an organizational structure defining functional roles and relationships [10].

ISSN 2682-9584

Workflow is the automation of a business process, in whole or in part, during which documents, information or tasks are transmitted from one participant to another. Workflow requires a Workflow Management System (WfMS), which is a system that defines, creates and manages the execution of workflows, interacts with the participants in the workflow and - when necessary - invokes the use of IT tools, applications and services [11].

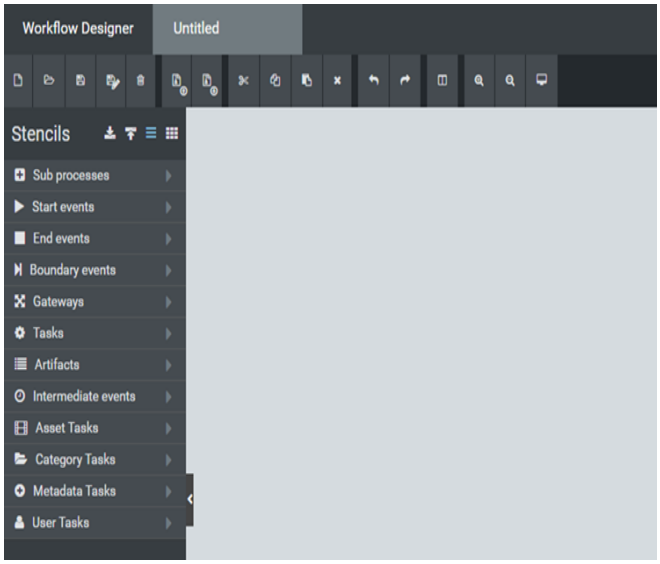


Fig. 5. Creating a new process in the BPM Workflow designer

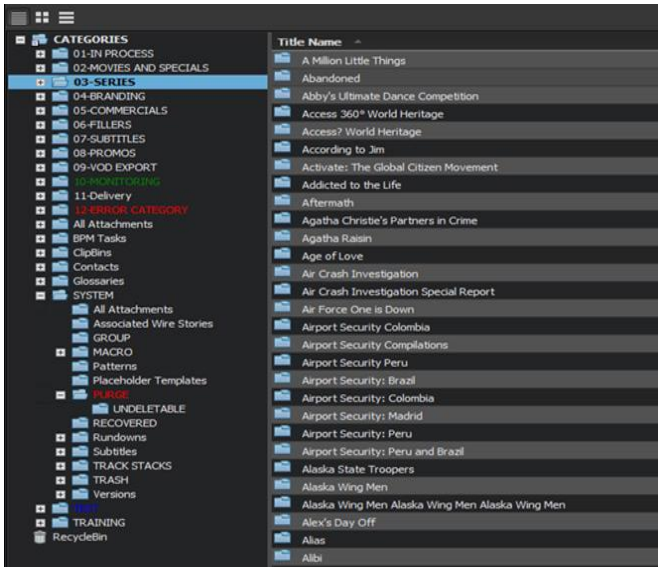


Fig. 6. Catalog of the DAM system for storing multimedia content.

Business Process Management tools (BPM tools) – BPM tools are a specific type of integrated development environment (IDE), allowing the creation of automated complex processes by combining the functions of ready-made tools from the environment with Groovy or JSON scripts. This approaches the concept of media orchestrators, but the main difference is that said orchestrators offer ready-made processes for managing and controlling multimedia content, while BPM tools offer the possibility to build these functions and processes from scratch according to what needs to be achieved in the management of the specific content.

The finished workflow is published in a control panel running as an application and using an API (application programming interface) to connect via SOAP (Simple Object Access Protocol) requests to available resources - already running systems or applications and databases.

For the purposes of the specific design of a system for managing multimedia processes, a BPM tool called Workflow designer (Figure 5) is used, which is connected via API (Application programming interface) to a functioning DAM system for storing multimedia content (Figure 6).

The solutions reviewed so far are based on different platforms, development tools, and databases, each having their own functional advantages and disadvantages. For the purposes of this project, a multimedia process management system was designed, the functionality of which meets the needs of a certain group of users who have certain tasks related to multimedia content.

III. DESIGNING THE DATABASE OF THE MULTIMEDIA SYSTEM

To design and store the multimedia files and data, an MSSQL server is used, which uses the Linked Server functionality to read and edit data in an external database, which in this case is the SQL server of the DAM content storage system.

This is done in order to answer only certain requests and, conversely, to record only certain commands in the database. The MSSQL server can read all the fields from the database tables from the DAM, but it can only write to some primary keys (PK) and foreign keys (FK) in the schema, in which the information needs to be updated . The goal is for the result of a certain action in the management system to be reflected in the metadata of the DAM Bundle package, in the name of the file, in the Media ID and the status of the corresponding processed file (asset) (Figure 7).

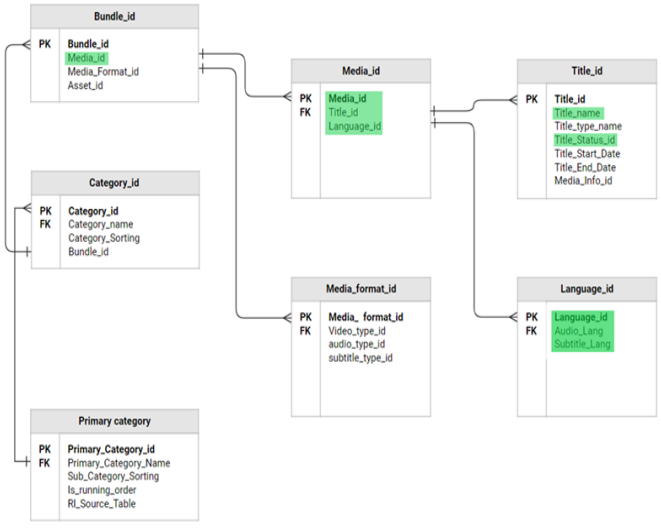


Fig. 7. Schema of the DAM base with fields marked in green with write-enabled fields

At the same time, the MSSQL server is not allowed to edit the keys that define the content catalog structure, category names, media format types, and Bundle name. Table 1 shows the key fields involved in sorting the catalog and determining the format of the multimedia content:

ISSN 2682-9584

TABLE 1 KEY FIELDS OF MULTIMEDIA CONTENT

Table	Primary key	Foreign key
Main Category	Identifier (ID) of the category	Name of the category
Title	Identifier of the title	Name of the title
Bundle package	Identifier of the package	Name of the media
Format of the media	Identifier of the format of the media	Types of formats
Language of the media	Language identifier	Language type by format (audio, sub)

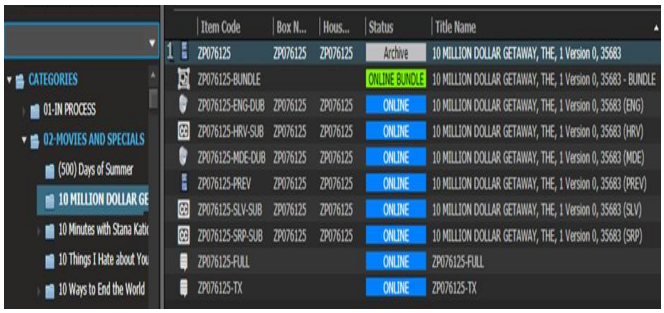


Fig. 8. Graphical interface of the catalog

Figure 8 shows the information from the key fields graphically.

IV. FUNCTIONAL DIAGRAM OF THE MULTIMEDIA SYSTEM

Before presenting the functional scheme, it should be noted that the multimedia content management system will use SOAP (Simple Object Access Protocol) requests to the API Web service of the DAM system to communicate with it, as well as the Linked Servers functionality of MSSQL to reads and checks the DAM database.

The presented functional diagram (Figure 9) shows the incoming stream of multimedia files and several examples of processes and expected results from them.

The planned work processes include several areas:

- Checking the technical parameters of new video files - based on the possibility of a tool available in BM tools for reading the technical data (metadata) available in the so-called file header of each video file. This data is not actually a video picture, but information about it - resolution in pixels, ratio between width and height (aspect ratio), format and compression of the video file, etc. Based on predefined rules, after checking the parameters of the incoming file, the management system must either "approve" it and send it to the DAM, or "reject" it and send it for reformatting (transcoding) to another system. The process should also generate a user verification task when the file has already been processed.
- Association of dubbing to an existing package - in the DAM system each title is cataloged in a package (bundle) containing several components - video file, audio files and subtitles. The package and its components get the same name, called Media ID, and additionally in this ID there is a description of the language when the component is audio (GH96511-BUL-DUB). The task of the dubbing association process to the package consists of checking for the correct Media ID of the incoming audio file, as well as whether the language code exists and is correctly entered in the file name, according to an available ISO standard table. With a correct ID and correct code, the dub is added to the package in DAM with the ID, or an incorrect code is generated by the verification task.
- Associate subtitles to an existing package. The task of this process is slightly more complex than that of audio files, due to the specificity of the subtitle file format and the greater number of subtitled than dubbed languages. In this case, the process must again check for correct MediaID and correct language code, but an additional encoding check and if necessary encoding correction is included. The need to check the encoding comes from the difference in the Latin, Cyrillic, Greek alphabet characters used to create the text in the subtitle file. Encoding information is also recorded in a separate service field from the text and can be read by the already mentioned BPM tool for reading technical data. The correct encoding is of key importance in order for the subtitles to be displayed correctly in the respective language during preview. For this reason, the system will be able to add this information in the metadata, taking it from the service field in the subtitle file.

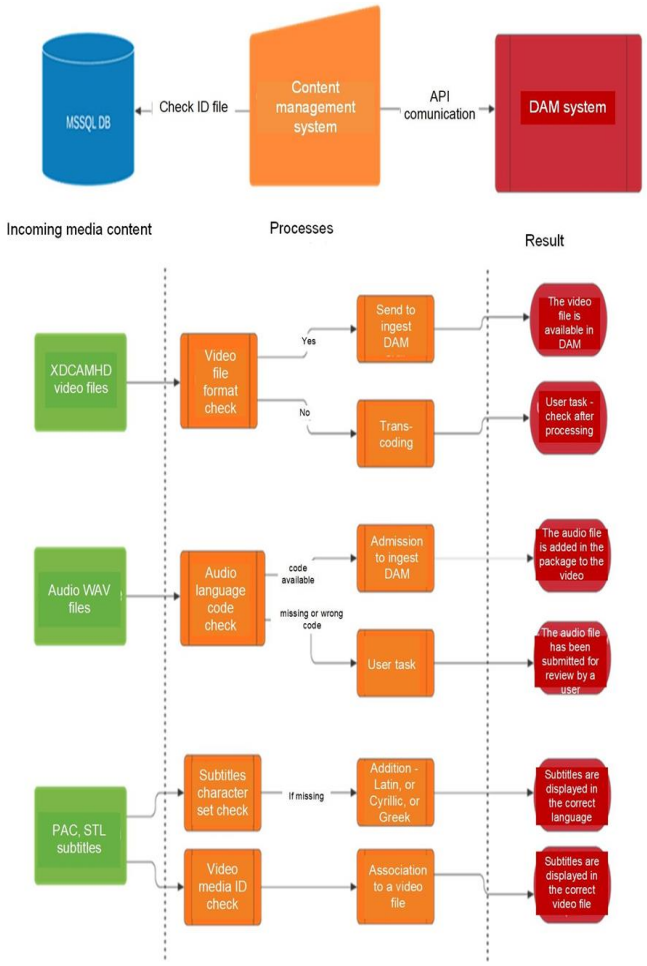


Fig. 9. Functional diagram of the Multimedia Content Management System

ISSN 2682-9584

Functionally, the main purpose of the system is the organization and automation of content management processes in close integration with the DAM system. The main processes are related to the control of versioning components to existing or new titles and adding them to the main multimedia content packages.

V. Conclusion

The article discusses popular solutions of multimedia content management systems. The main components and requirements for designing and implementing a multimedia content management system are analyzed and described. The choice of technological means and components for the implementation of the system is motivated. A multimedia content management system was designed. A comparison is made with other similar already existing solutions in the field.

Through the implemented system for managing multimedia files, workflows and possibilities for managing multimedia content in different languages are provided. The system allows automated processing, description and categorization of different types of multimedia content and components. The system eliminates the need for user intervention, prevents possible user errors and automates the process of adding new content to the multimedia content storage system.

The system is adaptable and dynamic in terms of improving existing processes as well as creating new processes as needed to manage content and record data at different levels. With the achieved results, the system approaches the functionality of already existing similar, but more expensive, multimedia content management systems.

Acknowledgement

The authors would like to thank the Research and Development Sector at the Technical University of Sofia for the financial support.

References

[1] https://www.mdtc.net/5-things-to-know-about-over-the-top-services/

[2] Digital asset management (DAM) — what it is, how it works, and best solutions (adobe.com)

[3] What Is Media Orchestration? - The Broadcast Bridge - Connecting IT to Broadcast

[4] https://www.ortana.tv/post/how-media-orchestration-can-improve-your-workflow-and-reduce-costs

[5] https://www.tedial.com/solutions/content-preparation-localization/

[6] http://www.telestream.net/vantage/overview.htm#VantageAutomated

[7] https://www.vsn-tv.com/en/products/vsnexplorer-bpm/

[8] https://polaridad.es/bg/%D0%BA%D0%B0%D0%BA%D0%B2%D0%BE-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B2%D0%B0%D1%82-%D1%84%D0%B0%D0%B9%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5-%D1%81%D1%8A%D1%80%D0%B2%D1%8A%D1%80%D0%B8/?expand_article=1

[9] https://learn.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/linked-servers/linked-servers-database-engine?view=sql-server-ver16

[10] Horst Pichler, Johann Eder, Business Process Modelling and Workflow Design, In book: Handbook of Conceptual Modeling, Publisher: Springer, Berlin, Heidelberg, March 2011, DOI: 10.1007/978-3-642-15865-0_8

[11] Workflow Management Coalition (1999) Terminology & Glossary. http://www.WfMC.org,document number WFMC-TC-1001

ISSN 2682-9584

APPLICATION AND VERIFICATION OF THE IMPROVEMENT SYSTEM FOR DECISION-MAKING IN CRISIS CONDITIONS

Joanna Alexieva
Ministry of education and science
Sofia, Bulgaria
e-mail: jalexieva@gmail.com

Pancho Tomov
Technical University - Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: pkt@tu-sofia.bg

Abstract: Over the past few years, we have witnessed many and varied events that have had a negative impact in all areas. Some of them, like the pandemic caused by Covid-19, were unknown until now and with unpredictable behavior and consequences. It is this lack of information that makes adequate and effective decision-make difficult. At the same time, however, it has become a catalyst for accelerating various activities and processes to deal with the consequences, one of which is the development of a decision-making system applicable in crisis conditions. In this publication, the implementation and verification of such a system will be shown for the event of changes in the organizational regulations of the Ministry of Tourism in the Republic of Bulgaria.

Keywords: verification, improvement system, decision-making, crisis conditions

I. INTRODUCTION

In the end of 2019 started Covid-19 pandemic. In the beginning had not information about virus, the way the disease progresses, how it is treated and what are its consequences.

The different models for decision-making provide the main stages for navigating decision-making challenges [1], for example the vroom-yetton decision model [2], include in crisis situations.

One of the reasons decision-making is problematic is that the most important decisions need to be made in the least amount of time. This means jumping to conclusions or relying on instinct. Due to the limitations that management information systems have, decision making is supported by additional techniques oriented towards creating simulation and optimization models using data and artificial intelligence [3], [4]. In addition, decision-making often uses a variety of techniques and tools to help analyze information, evaluate alternatives, and make a reasoned and informed decision.

Basically, a crisis is an unpredictable event that has an impact and consequences for both organizations and stakeholders, threatening its goals and effectiveness. Therefore, it is important when taking part to consider the objectives, to identify all stakeholders and to assess the impact of the objectives on different areas. This, as well as other conditions characteristic of a crisis, are a prerequisite for creating a model for decision-making in crisis conditions. The essential thing that distinguishes it from other models is that this model contains an assessment of positive and negative impact [5].

II. METHODOLOGY OF THE IMPROVEMENT MODEL FOR DECISION-MAKING IN CRISES TIME

A. Stages of implementation of the advanced decision-making system

After considering the described prerequisites and requirements for creating a decision-making model, as well as the experience to date [6], a methodology containing the following main implementation stages was developed:

- Description of the problem;
- Determination of SMART-goal/s;
- Definition of composite indexes at the strategic level and their decomposition into composite indicators and criteria, respectively at the tactical and operational level;
- Identification of stakeholders;
- Carrying out a complex assessment of the positive and negative impact;
- Review the results obtained. If the results are not satisfactory, the objective, respectively the composite indices, indicators and criteria may be revised and changed;
- Making a decision;
- Implementation, monitoring and evaluation of results;
- If necessary or after the end of the defined reporting period, the strategic goal is changed and the composite indices/indicators/criteria are adjusted.

What distinguishes this model from other known models are points 3 and 5. As can be seen, in this model, special attention is paid to stakeholders (p. 4), who are one of the key success factors, and a comprehensive assessment of positive and negative impacts is added. When a new problem arises, only part of the composition of indices, indicators and criteria can be modified and/or supplemented and the entire algorithm is run again. In such a case, the decision-making can also be based on a comparative analysis between the old and the new effect assessment.

B. Mechanism for calculating a complex assessment of the positive and negative impact

If we wish to compare two or more strategic objectives, an assessment of the complex impact of each of the objectives in different criteria (aspects) represented by the vector can be calculated $b = (b_1 \quad b_2 \quad ... \quad b_n)$ [7].

ISSN 2682-9584

Each criterion can be assigned an estimate of a weight, represented by the vector $g = (g_1 \quad g_2 \quad \cdots \quad g_n)$. The values b_n and g_n are in the range [0, 1]. The normalized complex positive impact assessment, $G(b)$, shall be carried out by the following equation (1):

$$G(b) = \frac{\sum_{i=1}^{n} g_i b_i}{\sum_{i=1}^{n} g_i} \quad (1)$$

The impact can be both positive and negative. In this case, for n number of criteria, will be obtained $2n$ -dimensional vector $b = (b_{1+} \quad b_{2+} \quad \ldots \quad b_{n+} \quad b_{1-} \quad b_{2-} \quad \ldots \quad b_{n-})$, where the first n components reflect the positive impact and the second n components reflect the negative impact. The normalized complex evaluation is performed according to the following equation (2):

$$A(b) = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i+} b_{i+}}{\sum_{i=1}^{n} a_{i+}} - \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i-} b_{i-}}{\sum_{i=1}^{n} a_{i-}} \quad (2)$$

where: $a_{i+}, a_{i-} > 0$ are the weighting coefficients of the i-th positive, respectively negative impact.

There are cases where $\sum_{i=1}^{n} a_i$ it does not need to be equal to 1. If we suppose that the weighting factors for the positive and negative effects are the same, that is $a_{i-} = a_{i+}$, then the equation has the following form (3):

$$A(b) = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i+}(b_{i+} - b_{i-})}{\sum_{i=1}^{n} a_{i+}} \quad (3)$$

It should be noted that $A(0) = 0$, but also $A(1) = 0$, since all positive impacts are compensated by all negative impacts. From this it can be concluded that $A(1 \quad 1 \quad \ldots \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad \ldots \quad 0)^T = 1$ is the best option.

III. Implementation and Verification of the Model

The strengthening of the efficiency and competitiveness of the tourism sector and the policy in the field of tourism in Bulgaria is carried out by the Ministry of Tourism. During the Covid-19 pandemic, one of the sectors most affected was the tourism sector. For the Minister of Tourism to exercise his powers effectively and lawfully, it is necessary to take actions that will lead to the resolution of specific cases.

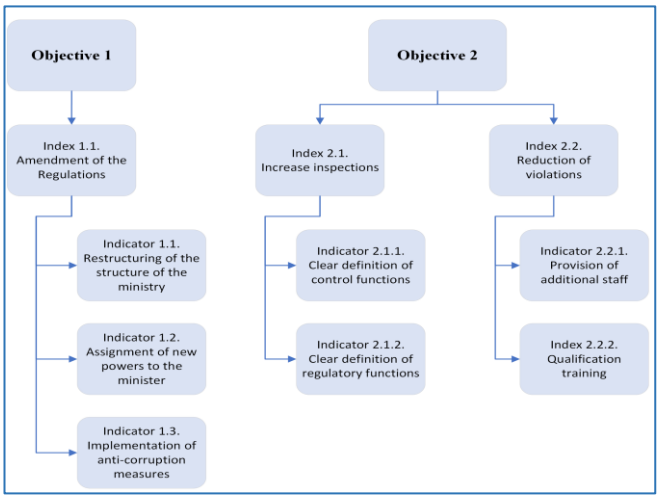


Fig. 1. Decomposition of objectives

A. *Problem's description*

- The need arises for a change in the powers of the Minister of Tourism to be able to exercise the powers of an administrator of public funds, which is associated with an additional workload on employees.
- With amendments and supplements to the Black SeaCoast Planning Act of 01.01.2019, additional powers have been assigned to the Minister of Tourism, which are not fully secured by administrative capacity.
- In 2020, with an amendment to the Tourism Act, the deadline for reviewing the applications-declarations and the documents attached to them is reduced from two months to 14 days from the date of their receipt, which also leads to an increase in the workload of employees.
- Finally, recommendations from an audit report concern the need to take action to carry out an analysis and assessment of administrative regulation in accordance with the Tourism Act.

B. *Definition of SMART-objectives*

To solve the described problems, the following objectives need to be achieved:

- Objective 1. Updating the powers of the Minister
- Objective 2. Effective control of legislation compliance.

Defining the composite indexes at the strategic level and decomposing them into composite indicators at the tactical level is presented in Fig. 1.

C. *Identification of stakeholders*

Direct stakeholders are:

- Employees in the Ministry of Tourism;
- The National Tourism Council, which is serviced organizationally and technically by employees of the Ministry.

Indirect stakeholders that will not be affected by structural changes:

- National and regional tourist associations;
- Entrepreneurs in the field of tourism;
- State institutions with which the Ministry of Tourism coordinates its activities;
- Citizens and businesses, incl. their organizations, in their capacity of interest in the implementation of the state policy in the field of tourism and the administrative services provided by the Ministry of Tourism.

D. *Calculation of the complex assessment of the positive and negative impact*

The impact will be studied and calculated in three areas for each of the defined objectives: economic, social and environmental, and for each of them will be determined both the positive and negative impacts it would have if:

ISSN 2682-9584

Option 1 - no amendments and changes are undertaken, and the Ministry continues to perform its functions as before or the necessary amendments are made - Option 2. Through the weighting coefficients, it is determined which is the priority area in the situation. The results obtained are presented in Table 1.

TABLE I. COMPLEX IMPACT ASSESSMENTS

Impact		**Positive econom**	**Positive social**	**Positive environ**	**Negativ e**	**Negativ e social**	**Negativ e**	**Complex impact**
Weighting factor		***0,3***	***0,5***	***0,2***	***0,3***	***0,5***	***0,2***	
Asse ssm ent	O1. Goa l 1	0,2	0,3	0,1	0,4	0,6	0,1	-0.21
	O1. Goa l 2	0,5	0,3	0	0,7	0,4	0,1	-0.13
	O2. Goa l 1	0,7	0,7	0,1	0,1	0,1	0	-0.5
	O2. Goa l 2	0,5	0,1	0	0	0	0	-0.2

E. Analysis of the results obtained and decision making

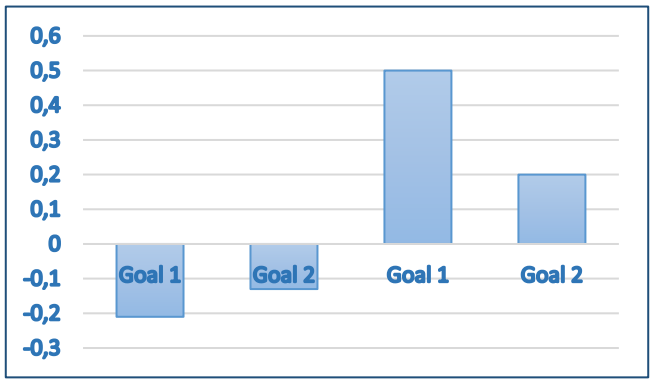


Fig. 2. Complex impact assessments

The results show that if Option 1 remains, the impact will be negative. While, if the necessary measures and actions are taken to amend and supplement the Rules of Procedure, the implementation of both objectives will have a positive impact.

If necessary or after the specified reporting period, the objectives shall be updated, and the algorithm repeated.

The obtained results are compared with those made during the partial preliminary assessment of the impact under the Ordinance on the scope and methodology for carrying out an assessment of the impact of the normative acts. In both cases, it is necessary to conclude that it is necessary to take actions to implement Option 2 "Adoption of a new by-law".

The ones described in Art. 16 of the Ordinance on the scope and methodology for carrying out an impact assessment of normative acts, the stages for carrying out a partial preliminary impact assessment cover identical assessments as those in the methodology of the advanced decision-making system, but the potential risks, negative and positive impacts, the impact on micro, small and medium-sized enterprises are separate texts. It is also not determined for each individual situation - a combination of the different text evaluations, by what criteria the final decision is made.

As another significant problem in the Ordinance, it can also be defined that when the assessments are textual and not numerical, this makes it difficult to make a comparative analysis, respectively an objective decision. For example, to avoid these difficulties and to facilitate decision-making, Option 1 "No Action" states that there are no direct economic, social and environmental positive impacts and no direct economic, social and environmental negative impacts. It is obvious that the absence of an amendment to the Rules of Procedure will lead to negative economic and social consequences, which should be assessed, and its extent considered in the decision.

Three experts in the field of strategic planning participated in the verification of the model and, more specifically, in the definition of management objectives, their decomposition into composite indices and indicators, as well as the determination of the weighting coefficients. The condition for determining the values is pre-determined to consider the maximum value of their positive and negative impact, with their sum being equal to one.

IV. CONCLUSIONS

A model for effective decision-making is presented, which is applicable in periods of crisis when there is a lack of data and previous experience, and the time to make a reasoned decision is short, and this is one of its advantages. The model is based on the principles of composite indices, indicators, and criteria, decomposed according to the main levels of management, as well as performing a complex assessment of the positive and negative impact in certain aspects. Equations allow prioritization, e.g. of the composite indices, by placing weight coefficients.

As another advantage of the model, the numerical expression of the complex evaluation, calculated based on the positive and negative impact of the possible decision, can be accepted. Such a complex evaluation will allow precise calculations and analyzes of the obtained numerical values. This combined approach will help managers make informed and motivated decisions that will lead to more effective results and long-term success.

Applying the same model with the same mathematical expressions is a prerequisite for easier and more correct tracking of results over time, performing comparative analysis of results and tracking their progress, as well as easier identification of areas for improvement and evaluation of the effect of the measures taken.

When decisions are made using the proposed model based on the decomposition of strategic goals by levels of management, positive results will also be reported at the stage of implementation of the same goals, because:

- the resources required to achieve the objective(s) have already been identified and allocated.

ISSN 2682-9584

- at all levels of the organization, specific indices, indicators, and performance criteria have been defined, through which progress will be easily reported.
- it will be easier to allocate roles, responsibilities, and deadlines.
- deviations from the original plan will be more easily detected and areas for improvement will be identified.
- where necessary, prioritization and re-prioritization of objectives will be carried out.
- It will be easier to assess and analyze the risk and determine adequate measures to overcome the residual risk.

Decomposing objectives into indices, indicators, and criteria at the strategic, tactical and operational levels of management, respectively, make it easier to assess the individual levels, track progress and focus on the most important things, setting the direction for continuous improvement.

The model is applicable in all areas and its use will serve as a basis for a quality and justified decision, which will be a prerequisite for achieving effective and efficient strategic goals.

Although conditions of crisis cause uncertainty, they are the basis for creating new models for decision-making and building more resilient systems.

REFERENCES

[1] Atlassian, “5 decision-making models to try if you’re stuck”, [Online]. Available: https://www.atlassian.com/work-management/team-management-and-leadership/decision-making/models. [Accessed April 5, 2024].

[2] MindTools, “The Vroom-Yetton Decision Model”, Available: https://www.mindtools.com/adamhmy/the-vroom-yetton-decision-model. [Accessed April 5, 2024].

[3] BND, "Techniques and Tools to Help You Make Business Decisions," Business New Daily, 2023. [Online]. Available: https://www.businessnewsdaily.com/6162-decision-making.html. [Accessed April 5, 2024].

[4] Carpenter M., T. Bauer and B. Erdogan, “Management principles”, 2012, p. 484..

[5] Alexieva J., “Impact assessment of the improved evaluation systems”, XIV-th ISC “E-Governance and E-Communications”, Conference proceeding. [Online]. Available: http://fman.tu-sofia.bg/pokani/Proceedings-2022-vls-16-.pdf , 2022, p. 147-156. [Accessed April 5, 2024.

[6] HBR, “Guide to Making Better Decisions”, Harvard Business School Publishing Corporation, 2020, p. 176 (156).

[7] Alexieva J., “A model for effective decision-making in crisis conditions” XV-th ISC “E-Governance and E-Communications”, Conference proceeding, p. 67-74. 2023. [Online]. Available: http://fman.tu-sofia.bg/pokani/Proceedings-XV-ISC-2023.pdf; [Accessed April 5, 2024]

.

ISSN 2682-9584

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА ИНОВАЦИОННОТО И ПРОГРАМИРАНО ОСТАРЯВАНЕ ВЪРХУ ВИСОКО АВТОМАТИЗИРАНИТЕ ПРОИЗВОДСТВЕНИ СИСТЕМИ

Панчо Томов
Технически университет -София
София България
e-mail: pkt@tu-sofia.bg

Резюме: Двадесет и първи век е век на ускорено развитие, изградено на базата на принципно нови технологии, електронно управление, компютърно-интегрирани дейности и стремеж за замяна на интелектуалния труд с изкуствен интелект.

С новите комуникационни и компютърни постижения, нанотехнологиите и други технически решения, структурата на стопанския свят не само се променя, но се създадат и нови компоненти на интелектуално развитие.

Индустриалните дейности вече се разглеждат като едно цяло, включващо както технологичните, информационните и управленски процеси, така и функционално интегрираните интелектуални дейности в една система. Компонентите на високо автоматизираната система, подредени по нови нива начини и взаимовръзки, формират подсистеми включително и тези които имат адаптиран Изкуствен интелект.

Целта на настоящия доклад е да се изясни какви изменения настъпват във функционирането на индустриалните високо автоматизирани системи при въздействието на иновационното и програмирано остаряване.

Те продължават да функционират като подсистеми на индустриалната системи и са свързани помежду си с определени взаимовръзки характеризиращи структурната системност и техническата обезпеченост на индустриалните фирми.

Автоматизираната производствена система ще бъде в равновесие когато взаимовръзките между тези подсистеми създават условия за нормално функциониране на цялата индустриална система осигурявайки подкрепата на производството.

Ключови думи иновациионно развитие. иновационо остаряване. програмирано остаряване

I. Увод

Високо автоматизираните технически системи са част от цялата производствена система. Компонентите на техническата система с програмиран интелект подредени по определени нива начини и взаимовръзки, формират подсистеми от по високо ниво, или технически високо автоматизирани системи с интелект. Такива високо автоматизирани системи със изкуствен интелект са най силно уязвими от иновационното остаряване. Всички те обаче са свързани с производствените машини, а те се изменят през целия жизнен цикъл на продукта защото върху тях въздействат различни фактори в различни етапи на техното формиране и действие.

Върху високо автоматизираните производствени системи влияние оказват различни фактори, както върху оборудването, така и върху процесите през целият им жизнен цикъл, натрупвайки иновационно остаряване. Като силно влияещи фактори могат да се приемат тези които оказват влияние както върху процеса на иновационното развитие на вътрешно фирмените технически средства. така и върху компонентите на производствената система като цяло

По своята същност тези компоненти могат да се групират в зависимост от тяхното предназначение в следните класификационни групи (фиг. 1): технически компоненти, които включват: техническо ниво на елементите на техническата система – 2D, 3D; степен на модулност; степен на гъвкавост; оперативна съвместимост; функционална съвместимост; хоризонтална съвместимост и вертикална съвместимост.

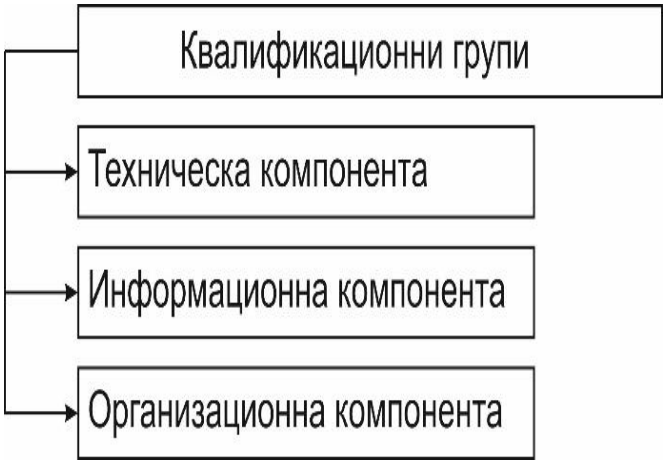
Информационни компоненти включващи: информационна среда; хоризонтална и вертикална интегрираност и софтуер. Организационни компоненти, включващи: стандартизация; киберсигурност; компютърни услуги в облак и др.

Всичко това води до бързо иновационно остаряване на производственото оборудване продукти и процеси и създава своеобразна нагласа на производителите за търсене на начини и средства за елиминиране на вредните последици от неговото въздействие.

Тази скорост се съпътства и с планирано от фирмите иновационно остаряване, или обстоятелството при което индустриалните продукти в това число и машините и съоръженията все по бързо се повреждат и все по бързо се налага купуването на нови. Тенденцията за търсене на решения за елиминиране на бързото им иновационно остаряване вече формира една нова алтернативна концепция за иновационното развитие. Тя поставя и нови изисквания, както към потребителската същност на иновационните продукти, така и към методите, подходите и начините на тяхното производство и потребление.

Този нов подход, възприет бързо от производителите, вече проявява своите предимства в практиката на много индустриалните фирми. Целта на настоящият доклад е на базата на аналитично изследване на този процес да се определят основните направления на неговата алтернатива и развитие.

ISSN 2682-9584



Фиг. 1. Компоненти на производствената система.

По същество това означава контрол върху скъсяване на жизнения цикъл на продуктите, намаляване времето им на употреба, или експлоатационния срок и контролиране ресурса на надеждност.

II. Формиране на иновационно и програмирано остаряване

Факторите, влияещи върху нивото на техническата система са свързани с модули, комплекси и системи, като модулна мрежа, комплексна мрежа и системна мрежа и т. н.

Факторите влияещи върху степента на модулност при създаването на продукти, които се предоставят на клиентите, се налага голямо разнообразие от възможности, както и голяма гъвкавост на производството. Използването на CPS в производствения процес поставя пред фирмите изискването да изграждат машините на модулен принцип, в резултат на което отделните модули могат да се сглобяват самостоятелно и гъвкаво.

Чрез модулна система фирмите могат да направят съществени икономии по отношение на монтажа и експлоатацията, същевременно да предлагат оптимална функционалност при инсталиране и поддръжка на оборудването.

Подобно свързване на отделните модули е възможно само при изпълнение на определени условия, като унифицирани присъединителни размери, изпълнение на някои геометрични и конструктивни ограничения, спазване на определени условия за предварително изградена система от блок модули и най важното използване на мехатронния подход на изграждане на машини за тази цел. Тази група от фактори е пряко свързана с изискването на технологиите и системите за информация в реално време, виртуализация и ориентация към услуги;

Факторите влияещи върху физическото износване на производствените машини, водят до намаляване на капацитетните им възможности. Физическото износване е в резултат на конструктивно-технологични и експлоатационни причини.

Физическото износване може да се разгледа по отношение на изменение на параметрите на оборудването (без изменение на производителността и с изменение на параметрите и производителността).

Изменението на физическото състояние на детайлите, възлите и машините влияе върху качеството на обработка, нивото на безопасност, околната среда и др. Тази група фактори е пряко свързана с изискването на системите за необходимо техническо ниво на производствените системи.

Фактори, влияещи върху нивото на елементите на техническата система, като автоматизиращи устройства (степен на автоматизация), автоматични комплекси (ниво на автоматизация), саморегулиращи се системи (изкуствен интелект), техническа съвместимост (нива на елементите на системата), базови и свързващи модели. За целите е необходимо да се проучи нивото на елементите на техническата система в предприятията включващи: конвенционален тип машини, машини с управляващи устройства с 2D и 3D, и мехатронни машини. Тези фактори са пряко свързани с изискването на кибер системите за децентрализация и функционална съвместимост.

Фактори, свързани с гъвкавост на системата (гъвкаво адаптиране към променящите се изисквания) са замяна, разширяване и др. По отношение на гъвкавостта на една система представлява степента на адаптирането и към различни модели, възможност за промяна, съобразно нуждите на потребителя, адекватност на системата към променящите се изисквания (замяна, разширяване и др.) Тези фактори са свързани с изискването за гъвкавост.

Фактори, свързани с автоматизацията на елементите и компонентите на системата (CAD/CAM/CAE), вертикална и хоризонтална диверсификация и софтуер (модели). По отношение на степен на автоматизация на елементите и компонентите на системата, като наличие: CAD/CAM/ CAE, вертикална и хоризонтална диверсификация, софтуер (модели) и др.

Тази група фактори е свързана с модулността, информацията в реално време, виртуализацията и децентрализацията.

Фактори, влияещи върху иновационното остаряване на производствената техника, което може да бъде, частично иновационно остаряване, без оказване на влияние върху производителността или пълно иновационно остаряване, относително влияещо върху производителността. Иновационното остаряване е свързано с относително изоставане по технико-икономическите показатели на старите машини при появата на нови по-производителни и даващи по-добро качество машини.

Иновационното остаряване се дължи на развитието на технологиите и скоростта на внедряване на технологични иновации. Трябва да се има предвид че иновационното остаряване е различно от „планираното остаряване“. Развитието на новите технологии е основен фактор предизвикващ иновационно остаряване. Тази група фактори е пряко свързана с изискването на кибер системите за оперативна съвместимост

ISSN 2682-9584

Фактори, свързани с оперативната и функционална съвместимост на елементите и компонентите на системата, децентрализация и използване на информация в реално време; по отношение на оперативна и функционална съвместимост на елементите и компонентите на системата, като децентрализация и обмен на информация в реално време.

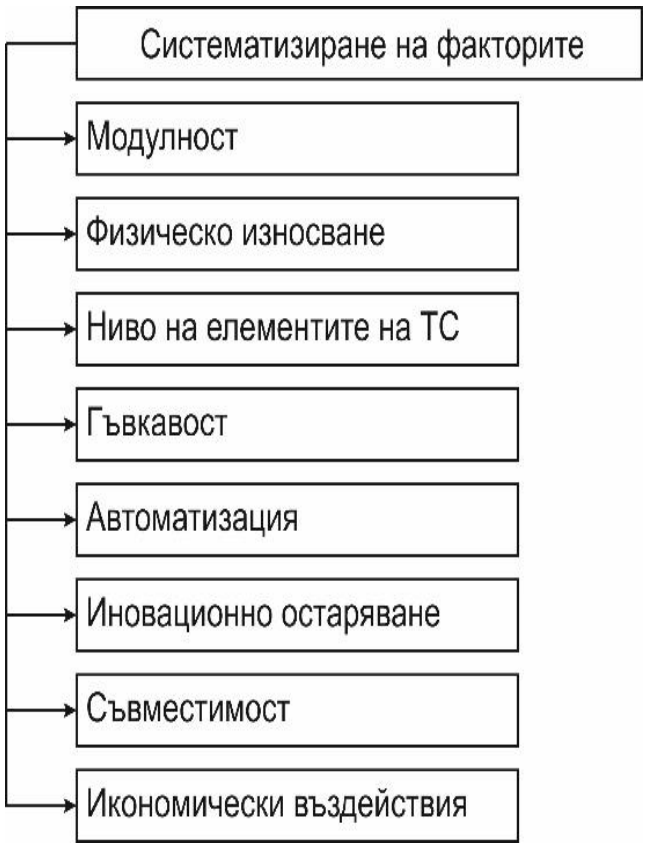
Фактори, свързани с хоризонтална и вертикална съвместимост на системата (технологични и бизнес операции в хоризонтална посока, технологични и бизнес операции във вертикална посока, насочени мрежови модели за съвместимост и комуникация на елементите на системата в хоризонтала и вертикала и саморегулиращи се компоненти (подсистеми) на техническата и производствената система.

Фактори влияещи върху информационните компоненти като; Ниво на информационна среда; Степен на хоризонтална и вертикална интегрираност; Софтуерни възможности и др.

Фактори влияещи върху организационната компоненти като; информационна стандартизация; Степен на дигитализация, Кибер сигурност; Компютърна логистика в облак.

Фактори свързани с икономически въздействия като: Икономически, изразени в икономически показатели, като експлоатационни разходи, дял за оборудване на единица продукция, себестойност на единица продукция, амортизационни разходи; Други икономически въздействия.

Фактори свързани с технически параметри като: Технико -технологични параметри, изразени в технически показатели, включващи експлоатационен срок, надеждност, коефициент на полезно действие, мощност и др. Този начин и това групиране дефинира методологическата основа на подхода за иновационно остаряване чрез изследване на възможностите за привеждане на изискванията на техниката в индустриалните фирми към изискванията кибер системите. Това нагледно е показано на фиг. 2.



Фиг. 2. Систематизиране на факторите.

III. Иновационно и програмирано остаряване.

A. Иновационно остаряване

Иновативно остаряване е неизбежно следствие от иновационното развитие в областта на техниката и технологиите в световен мащаб. Това направление на иновационно остаряване възниква под въздействието на иновационните решения, изразени в конструираните и внедрени в производството нови, по-съвременни, по-производителни и с по-добри технико-икономически показатели машини, апарати и съоръжения в сравнение с произведените преди тях.

В тези случаи ефективността от приложението на старите машини и съоръжения ще бъде значително по-ниска, а самите те ще се обезценят в определена степен. Ефектът от използване на такава техника ще бъде намален като размерът на това снижение ще зависи от силата на проявлението на факторите, характеризиращи иновационното им остаряване.

IV. Иновационно и програмирано остаряване.

A. Иновационно остаряване

Иновативно остаряване е неизбежно следствие от иновационното развитие в областта на техниката и технологиите в световен мащаб. Това направление на иновационно остаряване възниква под въздействието на иновационните решения, изразени в конструираните и внедрени в производството нови, по-съвременни, по-производителни и с по-добри технико-икономически показатели машини, апарати и съоръжения в сравнение с произведените преди тях.

В тези случаи ефективността от приложението на старите машини и съоръжения ще бъде значително по-ниска, а самите те ще се обезценят в определена степен. Ефектът от използване на такава техника ще бъде намален като размерът на това снижение ще зависи от силата на проявлението на факторите, характеризиращи иновационното им остаряване.

Иновационното остаряване в своите проявления съдържа някои особености, които най-пълно разкриват неговата същност и икономическите последствия от влиянието му върху елементите на производството. Главната особеност се състои в това, че то поражда частично или пълно относително обезценяване на машините, апаратите, съоръженията и други елементи по отношение на тяхната потребителска стойност, в резултат на което възниква необходимостта от замяна на технически остарялата техника с нова, преди да е изтекъл срока на нейното физическо износване.

ISSN 2682-9584

Техническата целесъобразност от такава замяна не се определя от самия факт на появата на новите машини с аналогично технологично предназначение, а от степента на иновационното обезценяване на действащите машини и съоръжения и нивото на снижение на технико-икономическата ефективност от продължаващото им използване.

При това, следва да се има предвид, че загубата на потребителска стойност и необходимостта от замяна на машините се обуславя от редица фактори, отразяващи конкретните направления на влиянието на иновационното развитие.

Отчитането на тези фактори, които характеризират качествената страна на иновационното развитие позволява да се разкрие не само механизма на неговото въздействие върху показателите за ефективността на производството, но и влиянието му върху различните страни на производствения процес.

Следователно иновационното остаряване е закономерност, породена от иновационното развитие във всички направления на световния прогрес.

Основните принципи, осигуряващи ефективен изход от ограниченията налагани от бързото иновационно остаряване при създаването на конкурентоспособни иновационни продукти, се прилагат активно от много индустриални фирми.

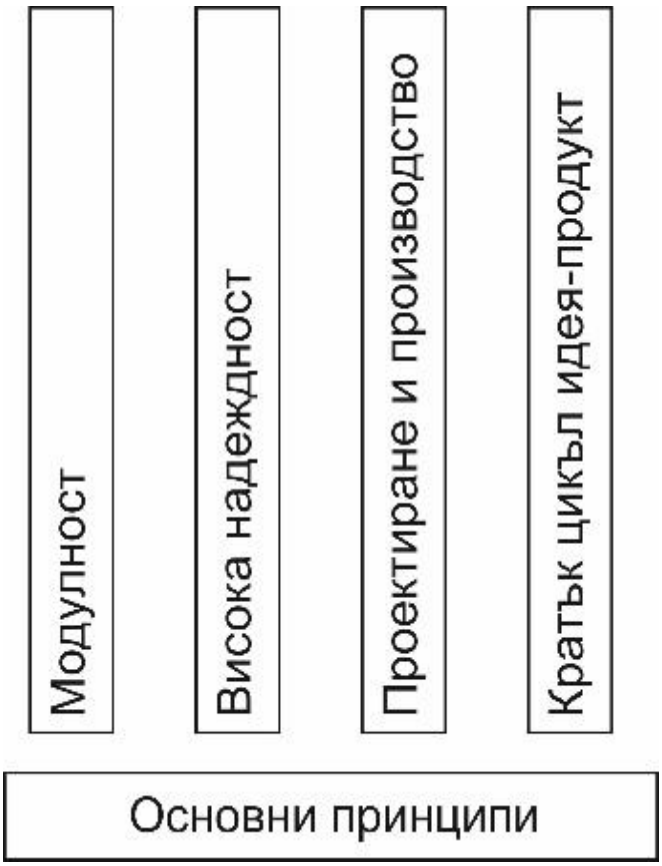
Основните принципи на иновационно остаряване възприети бързо от индустриалните фирми, вече проявяват своите предимства в следните насоки:

- прилагане на модулния принцип на конструиране и производство на иновативни продукти;
- проектиране и производство на модули с различно технологично предназначение;
- проектиране и производство на иновативни продукти с възможно най-висока надеждност и със експлоатационен срок;
- разглеждане на проектния и производствения цикъл като непрекъснат процес на протичане и използване методите на конкурентния инженеринг, симулирането, виртуалното представяне и др. с цел възможно най-голямо скъсяване на цикъла;
- възможно най-кратък цикъл от идея до произведен иновативен продукт.

Иновационното остаряване е закономерност и то налага условия, с които фирмите трябва да се съобразяват. Това произтича както от технологичната им нагласа, така и от силното въздействие на потребителския интерес върху тях.

Ето защо все повече фирми започват да прилагат гъвкави технологични и организационни форми на поведение към заобикалящия ги индустриален и пазарен свят, които се явяват като алтернатива на бързото иновационно остаряване.

На фиг. 3 е дадена схемата на принципите на иновационното остаряване.



Фиг. 3. Основни принципи на иновационно остаряване.

B. Програмирано остаряване

Дългогодишната потребителска практика наложи извода че дълготрайните и надеждни продукти намаляват нуждата от производството на нови и по този начин забавят ръста на производството. Направен е и анализ, че потребителите не са склонни да дават много пари за качествена техника, но с удоволствие правят емоционални покупки на ниско-качествена техника с ефектен дизайн.

Принципи на програмираното остаряване.

Програмираното остаряване се базира на следните основни принципа;

- Преднамерено планирано ограничаване на жизнения цикъл на целият продукт (гаранционен срок, срок на годност, експлоатационен срок и т.н.)
- Планирано ограничаване на качествата на продукта с цел последващи подобрения (пример с заключване(замразяване) на някои функции на продукта т. е. той става по нефункционален.)
- Предлагане на продукти с лоши потребителски качества, които да бъдат заместени с по-добра алтернатива (например лаптопи и дисплеи, или ограничен цветови обхват, лош спектър и т. н.)
- Задължително въвеждане на законодателни санкции и задължаване на потребители и производители за обновление на продукта (касови апарати, контролни уреди и т.н.)

ISSN 2682-9584

- Разширяване на дизайна и въвеждане на такъв които е подвластен на факторите моден маркетинг и сезонност;
- Преустановяване поддържката на индустриалните продукти намиращи се в експлоатация с не изчерпан производствен ресурс (особено характерно за компютърната техника).



Фиг. 4. Принципи на програмираното остаряване.

- Вграждане на компоненти с ограничения в жизнения цикъл, но включващи над 50% от стойността на продукта.
- Вграждане на комплексни елементи които не подлежат на ремонт (капсуловани). Повреждането на само един детайл води до замяната на целия апарат, устройство и др. несъвместимост на новия софтуер със старите устройства или производство на нови аксесоари, несъвместими със старата продукция и т. н.

Ограничаване на надеждностния срок на продукта.

Използване по евтини и по-лошокачествени материали, това означава че за всяко ново устройство, или продукт който купуваме, са нужни повече консумативи, повече енергия и повече вода. А това води и до допълнително замърсяване и парникови явления за планетата.

Нагледно тези основни принципи на програмираното остаряването на индустриалните продукти са показани на фиг. 4.

Като извод на гореизложеното може да се приеме че планираното остаряване е целенасочена и контролирана дейност от човека с цел да се решат някой индустриални, стопански и обществени проблеми на развитието на обществото.

Включително и задоволяване на индивидуалните изисквания на потребителите. Разгледано като развитие, от тази гледна точка и от този ъгъл на виждане програмиране остаряване, все повече започва да играе ролята на алтернатива на бързото иновационно остаряване на продуктите и процесите.

V. Технлогичен прогрес и иновационно и програмирано остаряване.

Производителите използват и най-различни начини, за да осигурят бързо остаряване, наложило се като термин „Програмираното остаряване“. На пазара има много индустриални продукти, които така са конструирани че е по-лесно да се заменят с нови, отколкото да се ремонтират, а производителите на практика масово използват този пазарен подход.

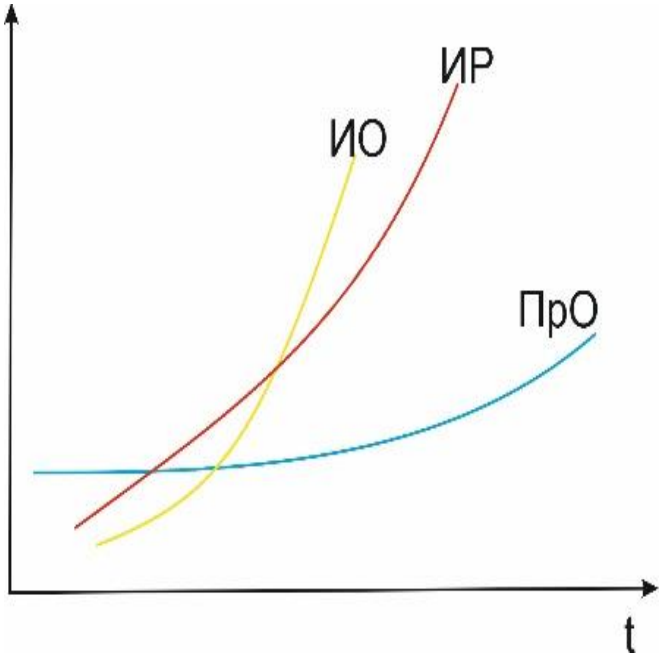
Освен това съществува и алтернатива на иновационно остаряване която активно се прилага от много фирми, както в битовата техника и електрониката, така и в автомобилостроенето и самолетостроенето. Този нов комплексен алтернативен подход, възприет бързо от индустриалните фирми, вече проявява своите предимства.

- Прието е че иновационното остаряване е неразделна част от всеки етап на живота ни. То е основния двигател, който води науката, технологиите и икономиката напред.
- Много експерти заедно с някой от производителите смятат че, честата смяна на моделите води и до разхищение на ресурси и щети за околната среда. Оказва се, че средният живот на домашната техника през последните години е намалял с повече от 3 години.
- Целта в началото на миналия век беше индустриалните фирми да произвеждат по-качествено като запазят почти същата цена. Или по-дългият живот на продуктите да е възможен на същата цена. Това беше целта в миналото, а днес с глобалната икономика и конкуренция всеки иска да продава повече и по-бързо.
- Други експерти смятат че планираното остаряване, като доказала своите качества на ефективност категория трябва да се приема и като алтернатива на бързото иновационно остаряване.
- Сред въздействащите фактори върху този процес е и подхранваният от потребителите стремеж към индивидуализирани продукти.
- Силно въздействие на екологичните фактори в глобалната среда.

Известно е, че техническия прогрес, иновационното развитие, иновационното остаряване и планираното остаряване са свързани помежду си, но те не са еднозначни. Те не са едно и също проявление въпреки че съществува определена взаимовръзка между тях. Тази връзка по същество дефинира обективните взаимодействия и въздействия както върху световния прогрес, така и върху социалните взаимоотношения на обществото като цяло.

Взаимовръзката между иновационно развитие, иновационно остаряване и планирано остаряване е показана графично на Фиг. 5

ISSN 2682-9584



Фиг. 5. Взаимовръзката между иновационно развитие, иновационно остаряване и програмирано остаряване ИО – иновационно остаряване; ИР – иновационно развитие; ПрО – програмирано остаряване.

VI. Заключение.

От изложеното в настоящия доклад може да се направи следното заключение; Аналитично са изследвани влияещите фактори върху процесите на иновационното развитие, иновационното остаряване и планираното остаряване. На тази база е доказано че между тях съществува определена взаимовръзка и взаимозависимост.

Така колкото по активно е иновационното развитие, толкова по бързо настъпва иновационното остаряване, като тази зависимост може да се приеме като закономерност. Що се отнася до програмираното остаряване то все повече се развива и започва да се явява като своеобразен алтернативен процес на иновационното остаряване.

VII. Използвана литература.

[1] Tomov P., "Industrial Development in the Context of Global Changes in Technology and Automation," 2021 IV International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech), Sofia, Bulgaria, 2021, pp. 01-04, doi: 10.1109/HiTech53072.2021.9614213

[2] Panayotova, T**.,** (2018). The Role of Concurrent Engineering in Development and Digitalization of Industrial Activities, International Scientific Journal „Innovations“, Year VI, Issue 1/2018, (pp 12-14).

[3] Panayotova, T., (2017**).** Possibilities for Implementation of the Real-Time Enterprise Concept in Production, Scientific journal „Economics and Finance“, 2017 (pp 288-295).

[4] Дамянов Д., Технология на иновациите, изд.ПРИМАКС – Русе,2019 г.ISBN 978-619-7242-58-

[5] Knight L., Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice USA Dec. 19 2012.

[6] Rosen W., The Most Powerful Idea in the World: A Story of Steam, Industry and Invention, USA, March 15 2012.

[7] Demirova S., Basic Indicators Forming Effectiveness In Developing Product Innovations, GE-International Journal of Management Research, Vol.5, Issue 5, May 2017, ISSN(O):2321-1709, pp.113-122

[8] Demirova S., Alternative Of Innovative Aging In SMEs By Lowering The Product Cost Price, Journalijar, Vol 5, Issue 08, 2017, pp.1244-1252, DOI: 10.21474/IJAR01/5178, ISSN: 2320-5407

[9] Яшин С. , Анализ эффективности инновационной деятельности. ВНУ-СПб

[10] .Dima, I. Industrial Production Management in Flexible Manufacturing Systems, IGI Global, 2013

ISSN 2682-9584

INVESTIGATING THE IMPACT OF INNOVATION AND PLANNED OBSOLESCENCE ON HIGHLY AUTOMATED MANUFACTURING SYSTEMS

Pancho Tomov
Technical University – Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: pkt@tu-sofia.bg

Abstract: The twenty-first century is a century of accelerated development, built on the basis of fundamentally new technologies, electronic management, computer-integrated activities and the drive to replace intellectual labor with artificial intelligence. With the new communication and computer achievements, nanotechnology and other technical solutions, the structure of the business world is not only changing, but new components of intellectual development are also created. Industrial activities are now considered as a whole, including both technological, information and management processes, as well as functionally integrated intellectual activities in one system. The components of the highly automated system, arranged in new ways and interconnections, form subsystems including those that have adapted Artificial Intelligence. The purpose of this report is to clarify what changes occur in the functioning of industrial highly automated systems under the impact of innovative and programmed obsolescence. They continue to function as subsystems of the industrial systems and are interconnected with certain interrelationships characterizing the structural systematics and technical security of industrial companies. The automated production system will be in equilibrium when the interconnections between these subsystems create conditions for the normal functioning of the entire industrial system, ensuring the support of production.

Key words: innovative development. innovative aging. programmed aging

ISSN 2682-9584

OVERVIEW AND ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND SYSTEMS FOR 3D PRINTING INCLUDING 3D MATERIALS FOR FDM PRINTERS RESISTANT TO ELEVATED TEMPERATURES

Miglena Paneva
Institute of Information and
Communication Technologies, BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: m.paneva7@gmail.com

Peter Panev
Institute of Information and
Communication Technologies, BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: panevv@gmail.com

Abstract: A comparison of the traditional production of various parts with 3D printed parts and the benefits of its application has been made. An overview and analysis of types of 3D printing and their areas of application has been made. A block diagram is presented that shows the steps that go from the idea of 3D printing an object to its final printing. Current types of 3D modeling through software programs that render the CAD model of the object are indicated. The types of materials for 3D printing using FDM technology are reviewed. They are categorized according to their characteristics: easy to print, mechanically strong, wear-resistant, heat-resistant, flexible, composite and support materials. From each category, filament types have been selected that have the best parameters of strength and resistance to elevated temperatures.

Key words: 3D printing, methods, FDM materials, heat resistant materials.

I. INTRODUCTION

The production of parts, prototypes and various types of low-volume products using conventional manufacturing methods usually requires the purchase of multiple tools, various production machines and the employment of people for operation and assembly [1]. Production is of two types - by going through multiple operations such as: casting, rolling, annealing, milling, turning, planing and other finishing and works or by direct casting of a product. Both require expensive equipment and machinery to produce the part. Another disadvantage in production is the large amount of technological waste. Usually, the processes require a large amount of time, money and manpower.

Thanks to the creation in 1986 of the first 3D printing technology, Stereolithography (SLA) [2, 3], 3D printing has become one of the fastest and most affordable methods for creating prototypes and custom consumer goods. 3D printing is based on the principle of additive manufacturing, adding layer by layer until the object is completed [4, 5, 6]. The use of this technology allows the production of details to be optimized, as a result of which costs, production time and environmental pollution are reduced. Materials range from various polymers to composite materials with wood, metal, carbon, and more. The use of 3D printing results in rapid production of the part within a few hours, which eliminates the need to store parts in a warehouse. It is only sufficient for the production to have a 3D printer, consumables and a model of the part. 3D printing is widely used in all areas of industry: mechanical engineering, medicine, aviation, the food industry, architecture and education.

II. TYPES OF 3D PRINTING

A. Fused Deposition modeling/ Fused Filament Fabrication (FDM/FFF) technology

The most common and widely available technology is FDM/FFF technology for 3D printing. FDM printers use a thermoplastic filament that is heated to its melting point and then extruded, layer by layer, to create a three-dimensional object.

FDM printers use two types of materials: a modeling material that makes up the finished object and a support material that acts as a scaffold to support the object while it is being printed. The materials are different types of polymers or composite materials. Composite materials are characterized by high resistance and strength. Their strength approaches that of metal products produced by traditional technology. Apparatus and consumables are relatively low cost and easy to work.

B. Stereolithography (SLA) technology

SLA technology is also relatively affordable, but the raw material for production is liquid photopolymers that harden in the presence of a UV laser. Its characteristic is that the obtained details are of great smoothness and accuracy. This technology is used in the more precise industries and for the production of cold casting molds.

Most often, stereolithography is used for visual models, functional prototypes, dies and tools, short series production.

C. Selective Laser Sintering (SLS) technology

When the production of the part requires expensive tools, and the number of parts required is not very large, then selective laser sintering or SLS technology is used. It is applied in the production of a large number of prototypes, with the same or different models, and their printing is carried out simultaneously. The technology allows printing without support materials, which favors unlimited freedom in design and personalization.

D. Metal 3D printing technology

This technology can be done in three ways:

- SLM (selective laser melting) - melting of powdered metal material using powerful lasers;
- EBM (electron beam melting) - melting and bonding of powdered metal material using an electron beam;

ISSN 2682-9584

- DED (direct energy deposition) - melting and bonding of powdered metal material or metal filament by simultaneously extruding and soldering the material.

The metal materials have different characteristics: stainless and tool steels, inconel, titanium alloys, aluminum alloys, copper, chrome-cobalt, nickel alloys. Through them, many parts for the industry with complex shapes can be produced and the resulting parts will be light in weight.

III. METHODOLOGY FOR 3D PRINTING OF AN OBJECT

Creating objects with a 3D printer begins as computer-aided design (CAD) files. There are many software programs for modeling solid models, the first was created in 1969 under the name Syntha Vision. 3D modeling is used to create 3D models for a wide variety of sectors, including engineering, industry and heritage. The CAD model can be obtained by drawing it initially in a 2D drawing or by scanning [7] an existing object and optimizing its parameters. Figure 1 shows the steps from designing to printing an object.

3D modeling can be done in several different ways [8, 9, 10] by:

- Polygonal model- represents points in 3D space connected by line segments that form a polygonal network. Polygon mesh files are planar, meaning they are represented by a series of planes, also called polygons.
- Curve modeling- which relies on curves to generate surface geometry. Curve modeling is both parametric (based on geometric and functional relationships) and freeform and relies on non-uniform rational lines to describe surface shapes. Curves are governed by mathematical equations that are influenced by the designer using weighted control points.
- Digital Sculpting – This is a relatively new type of 3D modeling where the user interacts with the digital model like modeling clay. Users can push, pull, pinch, or twist virtual clay to generate their model.
- Generative design – where code-driven modeling is characterized by geometry being generated autonomously based on conditions set by the designer. This type could be used to generate 3D structures which are impossible to produce with the other models.

Before an object can be printed, its CAD file must be converted to a format that the 3D printer can recognize – usually the .STL (Standard Tessellation Language) format. STL files can be exported from almost any 3D modeling software. [11].

When the designed CAD model is too large and the working area of the 3D printer does not allow its complete printing, it is necessary to carry out the so-called Slicing of the object, namely its division into several files for printing, which will later be assembled into a single whole [12].

Once an object is removed from the FDM printer, its support materials are removed either by soaking the object in a water and detergent solution or, in the case of thermoplastic supports, breaking the support material by hand.

Objects can also be sanded, milled, painted or coated to improve their function and appearance.

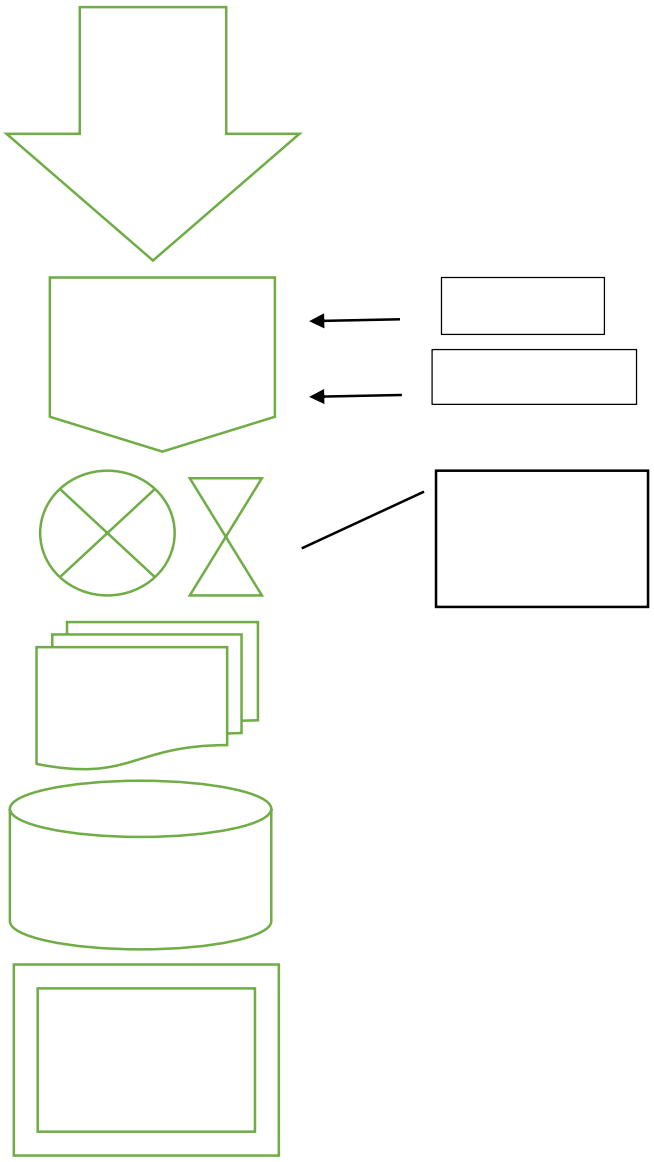


Fig. 1. Block diagram of the steps in 3D printing an object

IV. MATERIALS FOR FDM/FFF TECHNOLOGY

Materials for printing by FDM/FFF technology are filaments wound on rolls with a diameter of 1.75 mm and 2.85 mm depending on the type of 3D printer. The types of 3D printing materials range from flexible and low stiffness to high stiffness and resistance to high temperature, resistance to chemical reagents and UV rays. The main types of materials are PLA, ABS, PETG, PA, PC, PEEK, ASA, PMMA, TPE/TPU (which is used as both base and support material) and PVA used as support material. Another material can be added to almost any one of the materials, which gives strength, rigidity and resistance, these are the so-called composite materials [13, 14]. Some more specific materials require additional drying of the filament before printing or working in a protective housing of the 3D printer because they are more sensitive to environmental fluctuations. Materials also vary according to printing temperature.

ISSN 2682-9584

Most printers have an extrusion operating temperature of up to 265°C, and great care must be taken to ensure that the material chosen does not require a higher temperature for 3D printing.

Filaments for FDM/FFF technology can be divided into several subgroups, and from each subgroup the filament with the best mechanical characteristics, UV resistance and durability will be selected:

A. Easy to print (PLA, Tough PLA, PETG)

- PETG filament has multiple applications and excellent mechanical and optical properties, ideal for printing functional parts. PETG has better toughness and better temperature resistance compared to PLA filament.

B. Mechanically strong (ABS, PC, ASA)

- Acrylonitrile styrene acrylate (ASA) is a thermoplastic material, with a new improved version of ABS, but without some of its disadvantages. The most important characteristics include strength, stiffness, exceptional resistance to chemical exposure and heat. It is mainly intended for professional use. It is most often used to produce prototypes that need to withstand higher temperatures and need to be UV resistant. The finished products, which are made of ASA filament, are very durable and impact resistant. They can be exposed to sun and heat and usually won't change shape or color.
- Polycarbonate (PC) is characterized by excellent mechanical properties, high values of impact strength, stiffness and hardness. The material has a very high melting temperature and dimensional stability at values above 100°C. The advantage of the material is its difficult flammability, high impact strength and its good electrical insulation properties.

C. Wear-resistant (Nylon, PP, PF)

- PA6 is a polycaprolactam based material enhanced with additives to reduce shrinkage inherent in the processing of such materials. The most important characteristics of the filament are chemical resistance to lubricants and oils, high impact strength and very good mechanical properties. These properties enable the printing of functional parts operating at elevated temperatures including simple bearings or gears.
- PMMA is known under the trade name plexiglass or acrylic glass. PMMA filament is very resistant to atmospheric conditions and has extremely high stiffness and strength against scratches. It is resistant to temperatures from -40°C to +90°C. In 3D printing, it is necessary to use a printer with a closed chamber, because this material is easily deformed under the influence of environmental changes.

D. Heat resistant (CPE, CPE+, HT)

- CPE (copolyester) is a 3D filament with high tensile strength, thermal resistance and high impact resistance and excellent chemical resistance. When printing, it does not emit odors and fumes and has good adhesion between layers.

E. Flexible (TPU 95A, DuPont™ Hytrel® 3D4100FL)

- TPU90 is a thermoplastic polyurethane (TPU) based material that offers a high degree of flexibility without compromising printability, due to its high UV resistance, it is ideal for demanding outdoor applications. It is extremely tough and can stretch over 6 times before breaking.

F. Composite materials

- SteelFill is a metal composite filament that is a mixture of metal powder with PLA plastic. It is characterized by great hardness and resistance. The material looks and feels like metal. The weight is similar to that of metal, which gives the models a unique feel to the touch. Metal filaments are usually abrasive, which increases nozzle wear. The finished product is subject to finishing for a finer look.
- Wood is a composite filament with 30% wood fibers and 70% PLA. The filament is made from standard PLA that is impregnated with very finely powdered wood materials. The finished product resembles wood, and its strength is of medium parameters.

G. Supporting material

- PVA filament is used as support material. PVA dissolves in water and can be easily removed from the printed object. In addition, PVA is easily printed and processed. It is used to support overhanging parts or complex structures in 3D printing that would be difficult or impossible to produce without PVA. Once the pattern is fully printed, the PVA supports can be dissolved in water or broken off by hand.
- HIPS Extrafill Natural is one of the most famous polymers, characterized by high strength and high heat resistance. It can be used as a base and support material, and its characteristics are similar to those of ABS. HIPS is often used in the packaging industry, food industry, etc. HIPS Extrafill is soluble in lemonsol.

V. CONCLUSION

3D printing is one of the fastest growing technologies in the world. Its use allows the production of details to be optimized, as a result of which costs, production time and environmental pollution are reduced. There are different types of 3D printing, as the main criteria for choosing a 3D printer is what is the purpose of its use; the price range of the device; whether it will be used for personal or professional purposes; what printing accuracy is sought, what are the preferred materials. The steps that go through to the final product are modeling the CAD model, using various software programs, 3D printing and finishing works if necessary. The characteristics of materials for FDM printers are very diverse. More detailed attention was paid to the materials of each group, which have the best strength parameters, resistance to high temperatures, with good chemical resistance and with good adhesion properties. The specified materials will be used for further investigation of: tensile strength at normal and elevated temperatures; impact toughness; shear test; resistance to elevated temperatures, hardness and roughness.

ISSN 2682-9584

ACKNOWLEDGMENTS

The research was carried out as part of project No KP-06-M77/1 “Investigation and comparison of the characteristics of 3D printed test bodies with metal ones under normal conditions and conditions of elevated temperature”, financed by the Bulgarian National Science Fund.

REFERENCES

[1] M. Paneva, „Research of Mechanical Characteristics in Tensile Tests of Low Carbon Steel Samples During Transformation from Hot Rolled to Cold Rolled Sheet Metal Method for testing the grinding media in mills“, 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN: 1847-7917, pp. 153-158.

[2] B2N Additive Manufacturing Ecosystem, https://b2n.bg (last visited 03.2024)

[3] T. Mateti, Sh. Jain, L. Ananda Shruthi, A. Laha, G. Thakur, „An overview of the advances in the 3D printing technology“, Chapter 1-3D Printing Technology for Water Treatment Applications Additive Manufacturing Materials and Technologies, 2023, Pages 1-37

https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99861-1.00002-3

[4] N. Shahrubudina , T.C. Leea, R. Ramlana, „An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications“, 2nd International Conference on Sustainable Materials Processing and Manufacturing (SMPM 2019) Procedia Manufacturing 35 (2019) 1286–1296.

[5] R. Patel, Ch. Desai, S. Kushwah, M. H. Mangrola, „A review article on FDM process parameters in 3D printing for composite materials“, Materialstoday:Proceedings, Volume 60, Part 3, 2022, Pages 2162-2166

[6] S. H. Ghaffar, J. Corker & M. Fan, Automation in Construction, 93 (2018),pp.1-11, https://scholar.google.com/scholar?q=Seyed%20Hamidreza%20Ghaffar%2C%20Jorge%20Corker%20%26%20Mizi%20Fan%2C%20Automation%20in%20Construction%2C%2093%20(2018)%201-11

[7] M. Paneva, P. Panev, D. Karastoyanov, N. Stoimenov, „Methodology for 3D scanning and 3D printing of artifacts from archaeological excavations for preservation of cultural historical heritage“. Proceedings of International Conference “Robotics, Automation and Mechtronics’21", RAM 21, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2021, ISSN:1314-4634, 35-37

[8] Virtual journal,

https://xn--e1aabhzcw.bg/mashini/analyses/b2n-%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0-%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D1%8F-3d-%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5 (last visited 03.2024)

[9] Futurelearn, https://www.futurelearn.com/info/courses/getting-started-with-digital-manufacturing/0/steps/184102, (last visited 03.2024)

[10] Easy 3D https://easy3d.bg/, (last visited 03.2024)

[11] Livescience, https://www.livescience.com/39810-fused-deposition-modeling.html, (last visited 03.2024)

[12] Afanche, https://www.afanche.com/best-practice-how-use-small-3d-printer-print-big-3d-model (last visited 03.2024)

[13] 3D colour, https://www.3d-colour.com/produkt-kategoriya/filament/(last visited 03.2024)

[14] 3D Jake, https://www.3djake.bg, (last visited 03.2024)

ISSN 2682-9584

IDENTIFICATION OF THE ENERGY CHARACTERISTICS OF BUILDING ENCLOSURE ELEMENTS THROUGH FPGA AND THERMAL IMAGING TECHNOLOGIES FOR INNOVATIVE DIGITAL MANAGEMENT AND ENHANCING EFFICIENCY

Rosen Spirov
IR - BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: rosenspirov966@abv.bg

Emil Petrov
IR - BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: epetroff@abv.bg

Vanja Ivanova
TU-Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: vv_ivanova@yahoo.com

Abstract: The article presents experimental research and analysis of a database, on the basis of which a methodology and algorithm was developed for the identification of the energy characteristics of building enclosing elements through the processing of thermal imaging images, which leads to the modernization of the assessment and control of the energy efficiency of buildings using mathematical models implemented with FPGA modern real-time technology.

Keywords: FPGA; Heat systems; Kalman filter.

I. INTRODUCTION

A. Purpose and objectives of the study

The aim of the study is to obtain high speed, accuracy and efficiency of thermal image processing for obtaining the energy characteristics of building envelope elements through parallel digital processing of the information in real time using FPGA architectures.

The experimental part of the research is aimed at obtaining, processing and analyzing a database for the thermal process and relevant determination of the type of construction material of the building enclosing elements. To achieve this goal, it is necessary to create an experimental set-up and a thermal imaging device for conducting a series of experiments under different conditions and recording a database.

B. Object and subject of the study

The object and subject of the research is the process of identifying the energy characteristics of building enclosing elements through digital processing and analysis of thermal imaging images.

II. FEATURES OF THE PROBLEMS FOR APPLYING THE METHODS OF IDENTIFYING THE ENERGY CHARACTERISTICS OF BUILDING ENCLOSURE ELEMENTS IN DETERMINING THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

The overview of the subject focuses on the peculiarities of the problems presented in several important scientific developments using methods with applications of thermal imaging technologies. Here are presented the advantages of the methods, applications and the use of infrared thermography, which is presented in Fig.1 and Fig.2.

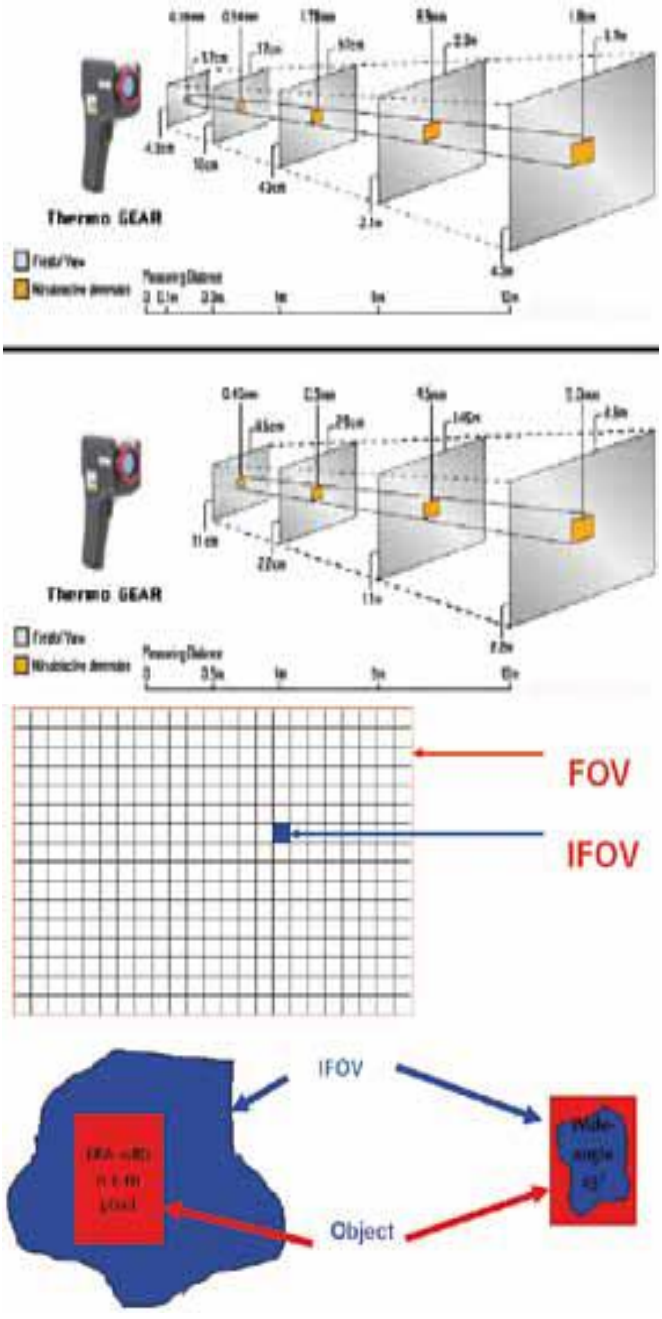


Fig. 1. The capture, digital processing and interpretation. of thermal imaging

ISSN 2682-9584

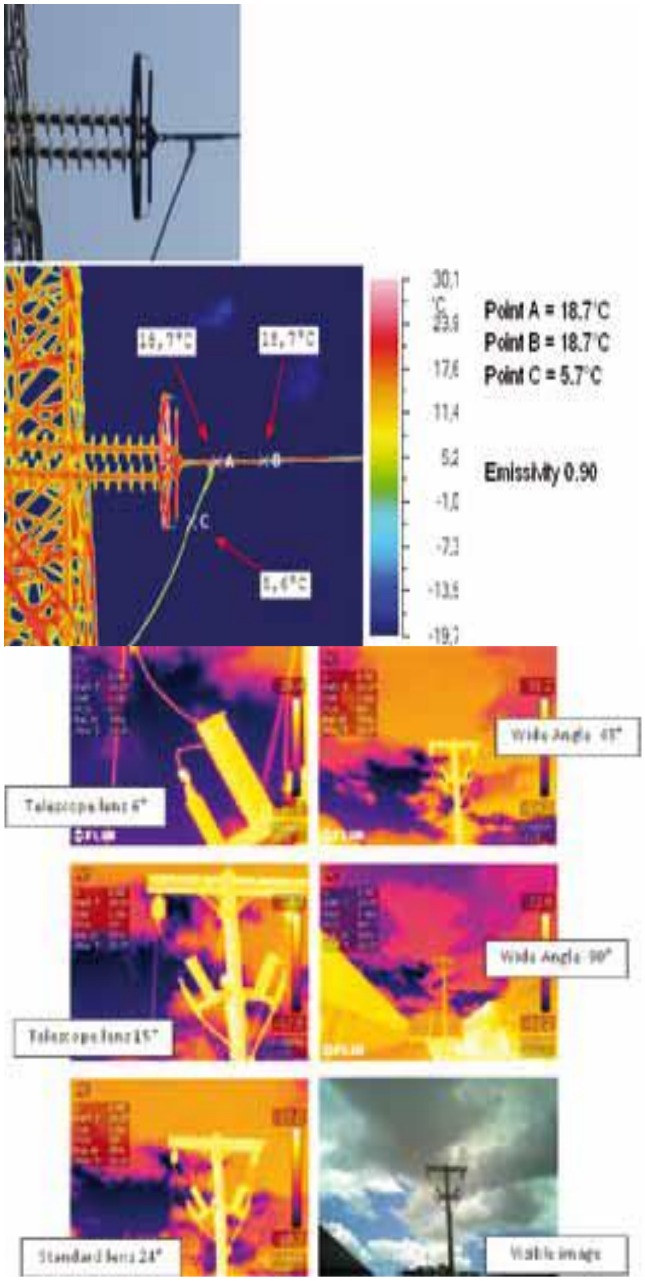


Fig. 2. The capture, digital processing and interpretation. of thermal imaging

The modern scientific approaches and methods for automatic classification of building envelope elements with 3D volumetrically distributed points are presented.

Improving the thermal performance of building walls, which can reduce the energy consumption required for space conditioning and in turn provide building occupants with optimal thermal comfort at lower energy costs and improved energy efficiency.

The main objective is the analysis of the knowledge gaps of methods of building energy diagnostics and modernization analysis and to fill these gaps by creating a new method of multimodal visual observation and analyzes using thermography and building information modeling (BIM of building environments from images and localization of thermal images in 3D reconstructed scenes.

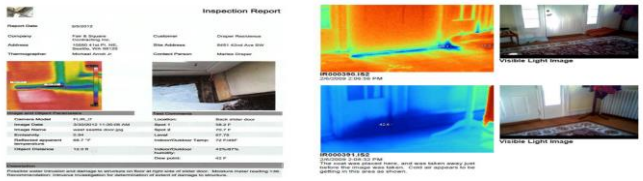


Fig. 3. Investigating the quality of construction with thermographic inspection

Using 3D models, one can conduct virtual walks in buildings and examine the state of the building geometry and associated thermal conditions. Second, to address the challenges of qualitative and subjective interpretation of visual data, a new model-based method is presented that converts 3D thermal profiles of the building environment into associated energy performance metrics. In EPAR enhanced energy efficiency models, the presence and location of potential energy problems in the building environment manifest as performance deviations. Thermal resistances of buildings are also calculated at the 3D level on top of the grid. Then, based on the time series of data reflecting the energy load for space conditioning, the amount of heat transfer that can be saved by improving the thermal resistances of the defective areas to the recommended level is calculated and the equivalent energy cost for this savings is estimated. The result provides building professionals with unique information that can facilitate energy-efficient retrofit decisions. Finally, to improve the reliability of BIM-based elements and update their corresponding thermal properties in the gbXML model. This reflects the state of the building in the BIM-based energy modeling process, this method bridges the gap between the architectural information in the designed BIM and the state of the building for accurate energy performance analysis.

A. The book edition „Assessing the thermal performance of buildings at the construction stage using thermography", Timothy James Taylor, Cardiff School of Art & Design.

The resource presents the possibilities of thermography, which can be used to assess the thermal energy in the construction of new homes during the construction process. The practical utility of this testing approach is to identify performance problems at a stage when undertaking corrective work is less costly and disruptive.

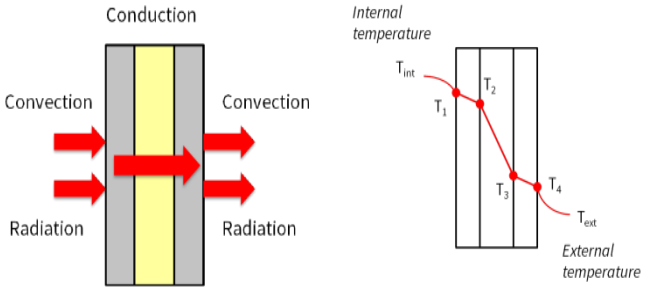


Fig. 4. Simplified representation of modes of heat transfer through a building element and Temperature profile of the enclosing element under stationary conditions

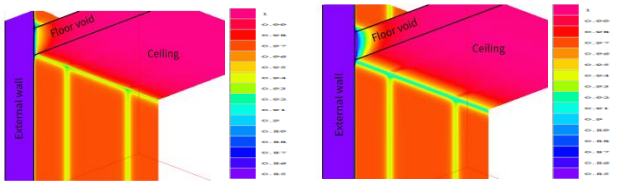
The approach for using thermography at different stages of construction is developed through practical case studies and experimental work, modeling and thermography of heat transfer, represented by Fig. 4, Fig. 5 and Fig. 6.

ISSN 2682-9584



а) б)

Fig. 5. The identification of missing insulation around the MVHR duct; a) The intake duct for the MVHR unit is located above ceiling level in the corner of the room, b) Reduced surface temperatures at ceiling level indicate that the duct is not properly insulated



а) б)

Fig. 6. 3D projection of the surface temperatures of the junction between the wall and the ceiling; a) Temperature profile: Model E / 1; b. Temperature profile: Model E / 2,(perimeter insulation installed) (perimeter insulation missing)

The results of applying this testing approach show that it is useful feedback that can be obtained without significant disruption to construction activities. In conclusion, thermography has the potential, together with other types of tests and practical checks, to help improve building standards.

B. The book edition e „Representation of Thermal Building Simulation in Virtual Reality for Sustainable Building", Yudi Nugraha Bahar.

The resource presents the importance of energy efficiency and the integration of advances in sustainable building design and VR technology led to the presented research focusing on thermal simulation results visualized in a virtual environment (VE). The emphasis is on the presentation of the results of the thermal building simulation (TBS) and on the perception of thermal data simulated in VE. Current application of the design process through energy efficiency in VR systems is mostly limited to building performance predictions and design review, as the question of data formats and workflow used for 3D modeling, thermal computing, and VR visualization.

The various applications and tools to present TBS in VE become the new challenge. There are many 3D models, thermal simulation tools, and VR tools available that vary in function and platform. The issues of exchanging data formats, appropriate tools and equipment in this situation require an interoperability solution that must be structured around the workflow methodology. The implications and barriers to integration design with CAD and TBS tools to transfer the model to a VR system are outlined.

The digitization of business today is a prerequisite for changing business models for applying modern digital technologies in enterprises [5].

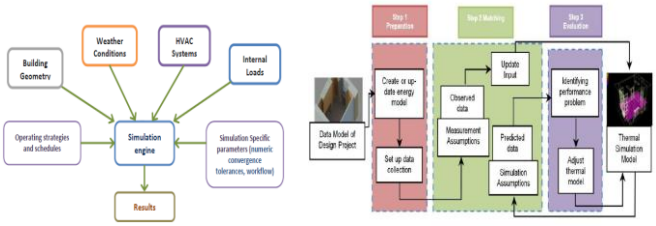


Fig. 7. Thermal simulation input data and Thermal simulation model creation workflow

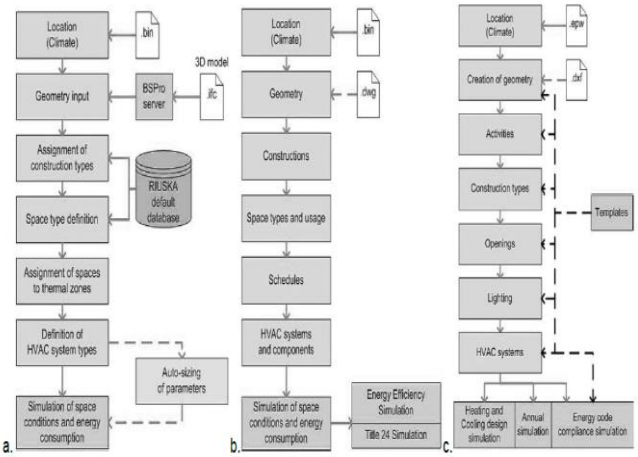


Fig. 8. Basic workflow of some thermal simulation tools. a) RIUSKA, b) eQuest, c) DesignBuilder.

The idea is to use Building Information Modeling (BIM), widely used in Architecture, Engineering and Construction (AEC). Current trends for presenting TBS in VE are evaluated, a method of data transfer is created and it is integrated into the workflow illustrated in Fig.7,8,9,10.



Fig. 9. Building interactive modeling with VE learning proposed by Ku et al.

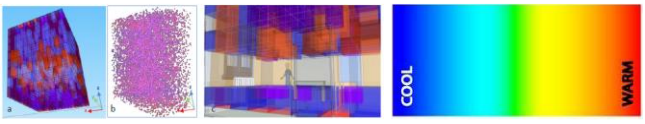


Fig. 10. Thermal network with transparent cubes in the room along the XYZ axis; (B). Cubes with particles; (in). Generate thermal visualization with mesh transparent cubes. d) Color scale for Kelvin temperature

ISSN 2682-9584

After the thermal simulation and evaluation of the related processes, the application of the method and tools is specified. The research here shows that it is possible to improve the presentation and interpretation of construction outcome data, particularly TBS outcomes, using visualization techniques. Using a specific method, the data flow that starts from the design process is completely and accurately channeled to the VR system. The method can be used for any type of construction project as a flexible application, it can accept new data when needed, allowing a comparison between the planned and constructed solution. From the reviewed literature sources, it is evident that the modern problems of the energy sector in announcement with the efficiency of the industrial energy conversion systems can be solved through optimization studies and analysis of thermovision energy models of the building envelope elements. The obtained results would allow the preparation of strategies for the effective use of thermal imaging technologies for the identification of the energy characteristics of building enclosing elements and the determination of the type of their building material in order to determine the energy efficiency of buildings.Regarding the effectiveness of the methods used, the exegetical analysis stands out as a universal potential method, suitable for the analysis of any type of heat engineering systems.

III. THE FEATURES OF THE PROBLEM AND APPLICATION OF THE METHODS FOR DIGITAL PROCESSING OF THERMAL VISION IMAGES IN REAL TIME

At the current stage of development, thermal imaging technologies are characterized by the use primarily of flat image visualization systems. The flat projection, however, is not a real image of reality. This gives rise to many problems and questions related to image analysis, which cannot be solved or are solved with a loss of quality indicators and time when not knowing the spatial characteristics of objects. In practice, during processing, it is possible to lose some of the information about the primary image, but not its high quality. It is here that the objective need to create an appropriate device to process this information arises.

Such devices rationally combine optical and electronic processing methods, and thus highly efficient and sufficiently fast-acting systems for technical vision can be created, providing assurance of reliability when monitoring complex objects and changing their main parameters in the process of monitoring, simplicity of construction, reliability in operation, real-time operation. Through complex matching of dynamic range thermal imaging and TV images, the informativeness of the obtained image increases, the spatial resolution is increased and the geometric characteristics are improved by performing the cross-linking with precise alignment of the overview, sight lines, synchronization and aligning the video streams from TV and TV channels with pixel-by-pixel fusion. Digital image processing processes can be simulated in MATLAB TOOL BOX and the obtained results can be compared with the experimental ones. The use of programmable FPGA architectures allows for the implementation of the computational digital blocks for digital processing of the thermal imaging images included in the proposed methods, which guarantees reliability, very high speed and real-time operation.

The most important tasks in the development of intelligent heating technology systems (ITTS) are the identification of the object dynamics model and the synthesis of optimal control actions. The analysis and intelligent synthesis for control actions on the processes in ITTS set with modes, taking into account the peculiarities of the processes themselves, taking place in the specific thermal devices. An important step in the analysis and synthesis of the efficiency management of drying processes is the elimination of the operation of multiple states. Class 4 systems are distinguished by the fact that in the control of the time interval T □ [t0;tk] the operating state also changes, but the current values h characterizing these changes in time are not known. When creating models of class 4 systems, the set H of all possible trajectories of the thermal process flow, starting from the state h(t0), must be considered in the interval T. As a system operator of the fourth class, the graph is used, which describes the changes in the possible states of operation [1]

IV. THE MODES OF THE INTELLIGENT HEATING SYSTEM

When designing the ITTS for the elements of the set H of all possible trajectories of changes in the state of operation hl(.), the magnitude of the deviations of the moisture values of the material for the i-th chamber from the required values of humidity regulation yi is selected. The vector of the output variables for the controlled n and (n +1) dryer chambers, its block has the form y=(φi=n, φi+1=n+1, m(φkk)). A morphological table is set for the set H, the element hl (.) ∈ H of this table has three components hl (.) = (hli, hli+1, hlk) two of which hli, hli+1 take one of five possible values, and the hlk component - one of three [1]:

$$h_{li} = \begin{cases} h_{li}^{NND}, if\ y_i < \left(\overline{y_i} - \delta_i^{(2)}\right), \\ h_{li}^{ND}, if\ y_i \in \left[\overline{y_i} - \delta_i^{(2)}, \overline{y_i} - \delta_i^{(1)}\right), \\ h_{li}^{D}, if\ y_i \in \left[\overline{y_i} - \delta_i^{(1)}, \overline{y_i} + \delta_i^{(1)}\right], \\ h_{li}^{VD},\ if\ y_i \in \left(\overline{y_i} - \delta_i^{(1)}, \overline{y_i} + \delta_i^{(1)}\right], \\ h_{li}^{NVD},\ if\ y_i > \left(\overline{y_i} + \delta_i^{(2)}\right)\ i = n, n+1 \end{cases} \quad (1)$$

$$h_{lk} = \begin{cases} h_{lk}^{N},\ if\ y_k < 0{,}65, \\ h_{lk}^{CP},\ if\ y_k \in [0{,}65; 0{,}8], \\ h_{lk}^{V},\ if\ y_k > 0{,}8, \end{cases} \quad (2$$

where δi(1) , δi(2) – represents the deviation of yi from $(y\_i)^{-}$(δi (1)< δi (2)); k – the last camera by number; NID - indicates the moisture content in the material, the value of which is much lower than the permissible value; by ND - moisture of the material, the value of which is lower; D - permissible moisture content in the material; by VD - the humidity of the material, the value of which is higher than the permissible value; through NVD - humidity of the material, the value of which is very large. credibility; by SR - the average trust measure; through B - confidence with a high measure [1]. Algorithms for the synthesis of control algorithms depend on the implementation of the optimal control strategy. The algorithms are used in IHTS that implement the control strategies, taking into account the DF, acting through the control and measurement channels, such as the Kalman filter (SFC).

ISSN 2682-9584

A. The algorithm for positional energy-saving control

In the Spz positional strategy, the energy-economical control ui at is calculated at each step, taking into account the current value of the output variable iy and other components of the array details. The computational algorithm is given by the synthesizing function S with equation:

$$u_i^* = S(y_i, R), i = \overline{1, N} \quad (3)$$

The synthesized regulator solves the problem of controlling the synthesis effects with fixed ends of the phase coordinate change trajectory and the minimum functional "energy consumption" in the presence of DF in the control and measurement channels.

B. The synthesis algorithm with a prediction model

The algorithm for prediction and compensation of "colored" noise in the control channel based on the method of parametric functions [2].

The efficient operation of the system depends on the chosen sampling step and the standard deviation of the noise, which must also be taken into account.

C. The optimal control with a Kalman filter

The use of the Kalman filter for the synthesis of optimal control allows to estimate the internal state of the system and increase the reliability obtained through information from the measurement channel, which leads to the creation of control actions as close as possible to the optimal one. The flowchart of the synthesis of optimal control with a Kalman filter is shown in Figure 3 [1].

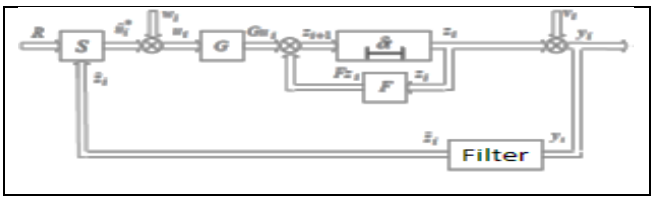


Fig. 11. Algorithm of control synthesis with Kalman filter

It is recommended to limit the control at each instant of time to impose an integral condition on the energy boundary so that the energy consumption does not exceed the specified allowable value of the additional J. To reduce the effect of noise instead of yi in the synthesis algorithm of OU, the estimate of the phase coordinate vector is replaced, in this case the formula is [3]:

$$\hat{u}_i^* = S(\hat{z}_i, N, R), \quad (4)$$

here : $\hat{z}_i = F\hat{z}_{i-1} + G\hat{u}_{i-1} + K_i(y_i - F\hat{z}_{i-1} - G\hat{u}_{i-1})$(5)

The values of the gain factor of the Kalman filter Ki are calculated by the following formulas [3]:

$$K_i = \frac{F^2 P_{i-1} + \sigma_w^2}{F^2 P_{i-1} + \sigma_w^2 + \sigma_v^2}, P_i = \frac{RF^2 P_{i-1} + \sigma_w^2}{F^2 P_{i-1} + \sigma_w^2 + \sigma_v^2} \quad (6)$$

where Pi is the difference in filtering errors. The control is easily calculated by a simple real-time microprocessor device, with minimal algorithm and software development costs.

A simulation of the action of ITTS with intervention is provided. The aim of the simulation is to analyze the operation of the ITTS at different time intensity and noise intensity discretization steps in the control channels w and the measurement v. Three situations are most interesting here [2]:

1) destabilizing actions in the control and measurement channels with the same intensity;

2) the intensity of the destabilizing factors in one of the channels in order more than the other;

3) there are no destabilizing factors in one of the channels.

As a generator of destabilizing factors in the channels, the function [4] is controlled and measured:

$$\Im(0, \sigma) = \sigma sin\,(2\pi\aleph(0,1))\sqrt{2\sigma^2 ln\left(\frac{1}{\aleph(0,1)}\right)} \quad (7)$$

Here $\aleph(0,1)$ is a random variable with a uniform distribution in the interval [0, 1], and $\Im$ (0, σ) is a normally distributed random variable with zero mean and a given variance. When the function is used as a random disturbance generator. The value of the expected deviation should correspond to the given one, given the fact that deviations of the parameters of the random variable $\Im$ (0, σ) are possible. In order to obtain a null expectation from all the values generated by this formula, their average is subtracted [3]:

$$\eta_i = \varepsilon_i - \bar{\varepsilon} \quad (8)$$

here ε is a random variable in formula (9). Standard deviation that leads to a given value from the equations [4]:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1}{\Im - 1}\sum_{i=1}^{N}\eta_i^2}; \qquad \xi_i = \frac{\eta_i}{\sigma_R}\sigma \quad (9)$$

The required number of interferences is obtained using the generator (9). As a result of transformations, the values of the random variable ξI are white Gaussian noise [3].

The proposed model is implemented using VHDL, the design is simulated and synthesized in Altera Quartus II tooling environment and implemented in FPGA Cyclone II on board Altera De2 as shown in Figure 12 [4].

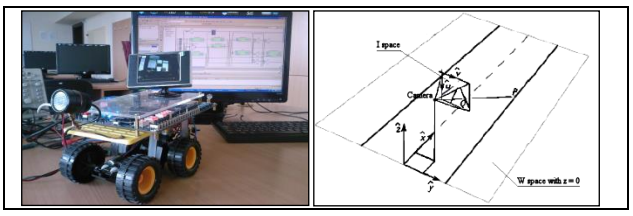


Fig. 12. Digital Image Explorer based on Altera DE2 FPGA

V. THE EXPERIMENTAL PART

The proposed models are implemented using VHDL and simulated and synthesized in a single FPGA [6]. The FPGA architecture has 3 input buffers containing y(k–1), and σ2, σw2 to calculate the updated values and generate the output y(k) (Figure 13a).

ISSN 2682-9584

The calculation of the new parameters includes an adder, a subtractor, a variable multiplier and a loading multiplier with a constant coefficient (Fig. 13b).

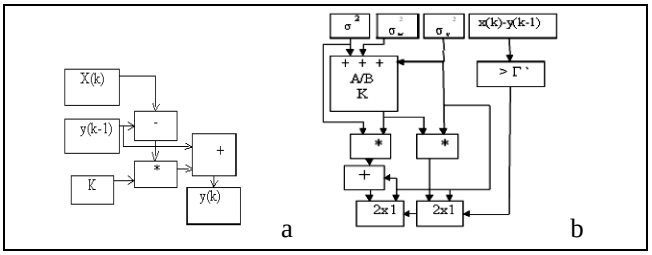


Fig. 13. Modules of the Kalman filter

- *The Kalman filter*

If the model of the dynamics of an object is a first-order stochastic inertial object, where for convenience we assume the additivity of noise and constraint:

$$\forall k_j \in [0, N-1],\ u_{k_j} \in [u_{\text{H}} = -3, u_{\text{B}} = 3 \quad (10)$$

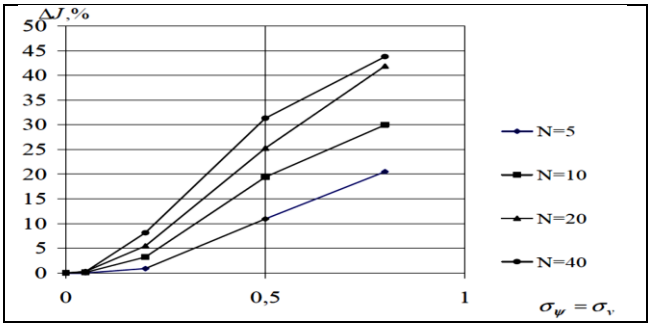


Fig. 14. Fig. 13. Dependence of energy consumption on the number of steps (intensity destabilizing factors)

The final number of steps Nδt = 20, it is necessary to transfer the object from the initial state z0 = 10 to the final area z20 ∈ [-0.1; 0.1] with minimal energy. For the final value of zN, when calculating the synthesizing function, the middle of the interval (ZN = 0) is taken. In order to select the best control algorithm, the values of the energy saving control function in the last step UN are calculated to meet the condition: FzN + GuN + wN = 0.

The table 2 gives different values of the number of steps, the values of the sampling steps, intensity of destabilizing factors in the control channels and measurement v min, for minimized functional energy costs when operating without filtering J and filtering Jϕ, for the energy saving:

$$\Delta J = 100 - 100\frac{J^{\Phi}}{J}. \quad (11)$$

The analysis of the data from Table 2 and Fig.6 leads to the conclusion that with the increase in the intensity of the destabilizing factors and the increase in the number of steps, the energy saving increases when using a control algorithm for synthesis with a Kalman filter. It can be seen from it and from Figure 15 that with the increasing intensity of the destabilizing factors acting on the measurement channel, the filtering effect is more significant than in the first case.

TABLE 1 ALGORITHM AND DESTABILIZING FACTORS

N	δt	σw	σv	J	JΦ	ΔJ,%
5	4	0	0	7,39647	7,40541	0
		0,05	0,05	7,51085	7,48499	0,031082
		0,5	0,5	9,46007	8,41993	10,95029
-	2	0	0	7,22191	7,21943	0
		0,05	0,05	7,253143	7,229397	0,119982
		0,5	0,5	11,601313	9,329941	19,41982
20	1	0	0	6,91461	7,09922	0
		0,05	0,05	7,50191	7,39414	0,299797
		0,5	0,5	17,42931	12,97025	24,9795
40	0,5	0	0	7,1313	7,1313	0
		0,05	0,05	7,42019	7,39907	0,25003
		0,5	0,5	28,93618	20,01017	30,9976

TABLE 2 ALGORITHM WHEN THE INTENSITY OF ONE DESTABILIZING FACTOR IS MUCH HIGHER THAN ANOTHER:

N	δt	σ_w	σv	*J*	J^{Φ}	*ΔJ,%*
5	4	0,05	0,5	8,12995	7,40977	9,017257
		0,5	0,05	7,31155	7,31016	0,031056
10	2	0,05	0,5	10,1299	7,23091	28,55921
		0,5	0,05	9,54095	9,51998	0,16712
20	1	0,05	0,5	12,79885	7,16144	44,07109
		0,5	0,05	13,3655	13,3558	0,191313
40	0,5	0,05	0,5	15,99724	7,17091	55,17765
		0,5	0,05	17,97679	18,01194	0,57932

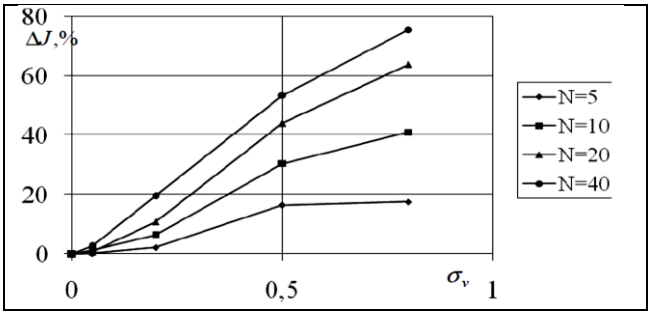


Fig. 15. Energy-saving and destabilizing factors

VI. CONCLUSION

Based on the conducted simulation studies, we can draw the following conclusions. With a significant intensity of destabilizing factors in the control channel and in the measurement channel, the use of the Kalman filter reduces energy costs, and reducing the sampling time increases the energy-saving effect [7]. For destabilizing factors of low intensity in the measurement channel, the use of filtering does not reduce the power consumption at any time per sampling step.

ISSN 2682-9584

ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their gratitude to the management of the Institute of Robotics of the Bulgarian Academy of Sciences for the support and implementation of the participation in the current scientific forum.

REFERENCES

[1] Chernyshov, N.G. System of energy-saving management of heating processes of energy-intensive objects, Automation and computer technology – 2001

[2] Brown and P. Y. C. Hwang, Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, 3 rd Ed. 2006.

[3] Haykin S., Adaptive Filter Theory, 3rd Ed., Jersey, 1996.

[4] Spirov R., Grancharova N, Digital Image Processing Explorer, SIELA.2016, IEEE Catalog Number: CPF1628Z–PRT, pp.258-262, ISBN 7814673952112.

[5] Ivanova, V., "Digital technologies - a prerequisite for human freedom and awareness in modern society", Collection of reports from the theoretical seminar "Man - a measure of all things?" The Challenges of the Post-Industrial Information Society", ed. Technical University - Sofia, 50 - 57 pages, 2019, ISBN 2603-4999;

[6] Spirov R, Grancharova N, Angelov G "Adaptive Stereo TVIS System with FPGA", "Metrology and Metrological Assurance", Sozopol. 13-17.09.2014, ISSN 1313-9126.

[7] Craig, J.J. Introduction to Robotics - Mechanics and Control. – Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО
ISSN 2682-9584

BRAIN TUMOR DETECTION USING ROBUST APPROACH

Susmeet Mitra
CTECH Department
SRM University
Chennai, India
e-mail: sm5073@srmist.edu.in

Suryansh Indram
CTECH Department
SRM University
Chennai, India
e-mail: si0831@srmist.edu.in

Jane Olive Sharon
CTECH Department
SRM University
Chennai, India
e-mail: janeolip@srmist.edu.in

Abstract: A brain tumor is a condition caused by the proliferation of abnormal brain cells. The Survival Tumors are uncommon and come in a variety of forms, making it challenging to determine their prevalence. Magnetic Resonance (MRI) images can help identify these tumors. Manual detection is crucial for identifying tumor sites, but it can be time-consuming and error prone. Adopting computer-assisted approaches is crucial for overcoming constraints. Deep learning (DL) models are being used in medical imaging to diagnose brain tumors using magnetic resonance images, thanks to advancements in artificial intelligence. This study uses our proposed layers to fine-tune the deep convolutional neural network (CNN) EfficientNet-B0 base model. Efficiently classify and detect brain tumor images. Image enhancement techniques involve applying filters to improve image quality. To improve the training of our proposed model, we use data augmentation methods to increase sample sizes. The proposed EfficientNet-B0 model outperforms other CNN models in terms of classification accuracy, precision, recall, and area under the curve. The overall classification and detection accuracy is 98.87%. Comparative analysis involves other deep learning algorithms, including VGG16, InceptionV3, Xception, ResNet50, and InceptionResNetV2.

Ключови думи: елемент, форматиране, шаблон, стил, въвеждане

I. INTRODUCTION

A brain tumour occurs when abnormal cells or tissues develop in the brain. Cells typically reproduce and die in a consistent pattern, with each new cell. Replace the previous one. However, abnormal cells can continue to grow, causing severe damage to brain functions and even death. There are at least 120 different types of brain tumours that affect the central nervous system. The American Cancer Society predicts that 18,600 adults and 3,460 children under the age of 15 will pass away due to brain and CNS tumors in 2021.

The 5-year survival rate for patients with brain tumours is 36%, with a 10-year survival rate of 31%. Moreover, in the year 2019 the National Cancer Institute reported 86,010 cases of brain and CNS cancers diagnosed in the United States. Brain tumours are estimated to affect approximately 0.7 million people in the United States. A total of 0.86 million cases were identified, with 60,800 benign and 26,170 malignant tumours. World Health Organisation had an estimation of around 9.6 million people worldwide were diagnosed with cancer.

Brain tumors represent a critical challenge in modern healthcare, affecting millions of individuals worldwide. Early detection of these tumors is paramount for effective treatment and prognosis improvement. The integration of robust methodologies within medical imaging has garnered significant attention for enhancing the accuracy and reliability of brain tumor detection. In this paper, we propose a novel approach that leverages cutting-edge techniques to advance the field of brain tumor detection.

The diagnosis of brain tumors traditionally relied on invasive procedures such as biopsies, which pose inherent risks to patients and may not always provide comprehensive information about tumor characteristics. Medical imaging, particularly magnetic resonance imaging (MRI) and computed tomography (CT), has revolutionized the diagnosis and monitoring of brain tumors. However, the interpretation of these images can be complex and subjective, often requiring extensive expertise from radiologists.

Our research aims to address these challenges by developing a robust approach to brain tumor detection. We harness the power of machine learning algorithms, particularly deep learning, to extract meaningful features from medical images and distinguish between tumor and non-tumor tissues with high accuracy. Unlike conventional methods that rely solely on handcrafted features, our approach learns directly from the data, enabling the model to adapt and generalize to diverse tumor characteristics.

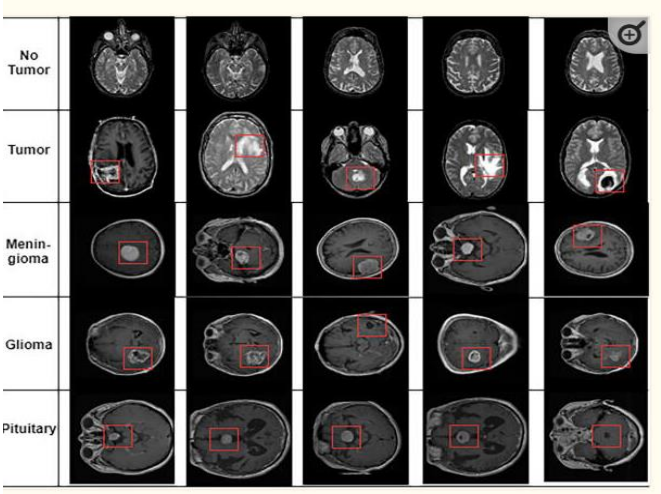


Fig. 1. Various instances of brain tumors are depicted

Furthermore, we emphasize the importance of robustness in brain tumor detection. Medical images are prone to various artifacts and noise, which can significantly impact the performance of detection algorithms. To mitigate these challenges, we incorporate advanced preprocessing techniques and data augmentation strategies into our framework. By enhancing the robustness of our approach, we aim to improve its reliability across different imaging modalities and clinical settings.

ISSN 2682-9584

Another key aspect of our research is the integration of multi-modal imaging data. Combining information from diverse imaging techniques, such as MRI, CT, and positron emission tomography (PET), provides a more comprehensive understanding of tumor morphology and physiology. We explore innovative fusion strategies to leverage the complementary nature of multi-modal data and enhance the accuracy of tumor detection.

In summary, our research presents a pioneering approach to brain tumor detection, focusing on robustness, accuracy, and integration of multi-modal imaging data. By advancing the state-of-the-art in this field, we aim to facilitate early diagnosis, personalized treatment planning, and ultimately, improved outcomes for patients with brain tumors.

II. PROJECT REPORT

A. Literature Survey

Because of its critical role in clinical diagnosis and treatment planning, brain tumour detection has received a lot of attention. In recent years, the use of robust approaches, particularly those based on advanced machine learning techniques, has significantly advanced the field. This literature review provides an overview of key studies and methodologies in brain tumour detection that employ robust approaches.

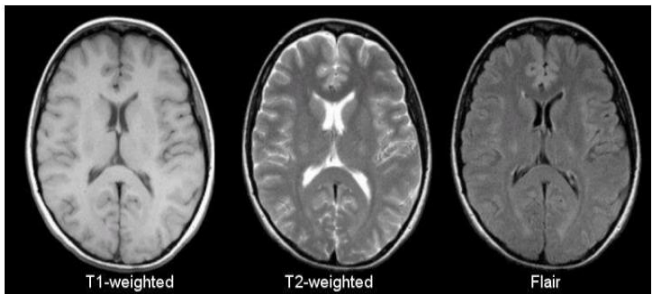


Fig. 2. MRI scans T1, T2 and flair image

This section reviews studies using machine learning and deep learning to classify infectious brain tumours and standard images. Abd-Ellah et al. [15] analysed several diagnostic methods for brain MRI images. The authors evaluated the limitations and performance metrics of both classical and deep learning techniques. In this study , the authors presented several methods for detecting brain cancers from MR images. The study utilised three-dimensional CNNs, SVMs, and multi-class SVMs to achieve deeper segmentation. DL methodology outperformed other ML classifiers in terms of brain tumour classification and segmentation accuracy.

A study used a deep learning neural model to extract features from MR images, which were then fed into ML classifiers such as Naive Bayes, SVMs, and Multilayer Perceptrons.

The proposed method achieved 96% classification accuracy using SVMs as classifiers. Hossain et al. [18] proposed various machine and deep learning methods, including SVMs, K-NN, and multi-layer perceptrons. Using Naive Bayes and Random Forest algorithms to classify and segment brain tumours. Traditional SVMs outperformed other techniques with a classification accuracy of 92.4%. The authors proposed a five-layer custom CNN architecture with 97.2% accuracy in detecting brain tumours in MR images.

Khan et al. [19] proposed using VGG19 CNN architecture and K-means clustering to classify and segment brain tumours in MRI images. The proposed technique involves converting an input MR modality to slices and preprocessing intensities using statistical normalisation. They achieved overall accuracy of 94%.

Mehrotra et al. [24] used deep learning-based pre-trained CNN techniques to distinguish between benign and malignant brain tumour images. They used various optimizers to complete the tasks, which are Adam, RMSprop, and stochastic gradient descent (SGD). The researchers found that a fine-tuned AlexNet can excel at medical imaging tasks. Grampurohit and Shalavadi [25] used a customised CNN architecture and VGGNet to classify 253 brain tumour images, identifying 155 tumours and 98 non-tumors. The authors used data preprocessing and augmentation techniques to increase sample variation and reduce overfitting in their proposed models. The customised CNN model had an overall validation accuracy of 86%, while VGGNet achieved the highest validation accuracy of 97% on one dataset.

Kang et al. [21] used machine learning classifiers and pre-trained deep CNN features to classify brain tumours. The authors used three dataset sizes: small, medium, and large. The SVM classifier with a radial basis function kernel outperformed other ML and DL classifiers. In [22], an automated brain tumour classification system using ML networks was proposed to identify high and low glioma disease images. The authors successfully classified brain tumours into primary, secondary, and central nervous system categories using an extreme gradient boosting model, achieving 90% and 95% accuracy, respectively.

B. Deep learning Approaches:

Deep learning has emerged as a powerful tool for medical image analysis, capable of automatically learning discriminative features from data. Several studies have demonstrated the efficacy of deep convolutional neural networks (CNNs) in brain tumour detection tasks. For example, Kamnitsas et al. (2017) proposed a multi-scale CNN architecture for brain tumour segmentation that produced cutting-edge results on benchmark datasets. Similarly, Havaei et al. (2017) proposed a fully convolutional neural network (FCN) for brain tumour segmentation that uses residual learning to improve performance. Ensemble and tranfer learning techniques: Ensemble learning methods, which combine predictions from multiple models, have shown promise for improving the robustness and generalizability of brain tumour detection algorithms. Zhou et al. (2018) and Li et al. (2019) used ensemble techniques to combine data from multiple sources and improve detection accuracy. Transfer learning, which involves applying knowledge from pre-trained models to new tasks, is also widely used in brain tumour detection. Shin et al. (2016) used transfer learning on natural image datasets to improve CNN performance in brain tumour segmentation tasks. Robust Feature Extraction and Selection: Feature engineering is critical in developing effective brain tumour detection algorithms. Texture, intensity, and shape descriptors are examples of traditional handcrafted features that have been widely used in conjunction with machine learning classification algorithms. However, recent research has investigated the extraction of deep features directly from medical images.

ISSN 2682-9584

For example, Pereira et al. (2016) studied the use of deep belief networks for feature extraction in brain tumour classification tasks and found promising results.

Multi-Modal Imaging Integration is the procedure starting where Integrating data from multiple imaging modalities has become increasingly important for improving the accuracy and reliability of brain tumour detection. Chang et al. (2018) and Jungo et al. (2020) found that combining data from MRI, CT, and PET scans resulted in comprehensive tumour characterization. Fusion techniques such as feature concatenation, late fusion, and attention mechanisms have been investigated to take advantage of multi-modal data's complementary nature.

In a study , the authors used 2D and 3D MRI images to create a fusion approach. They designed DenseNet and custom 3D CNN architectures for classification. Multimodal image segmentation, respectively. The proposed approach performed well on the testing set, scoring 92% on DenseNet and 85% on customised 3D CNN models. Kang et al. used machine learning classifiers and pre-trained deep CNN features to classify brain tumours. The authors used three dataset sizes: small, medium, and large. The SVM classifier with a radial basis function kernel outperformed other ML and DL classifiers describes an entirely automated brain tumor classification.

A proposed ML-based brain tumour classification system detects high- and low-grade glioma disease images. The authors successfully classified brain tumours into primary, secondary, and central nervous system categories using an extreme gradient boosting model, achieving 90% and 95% accuracy, respectively. The authors of proposed an improved classification and segmentation model called "Adaptive Fuzzy Deformable Fusion" that combines Fuzzy C-Means Clustering and deformable snake. The ensemble technique achieved 95% classification accuracy, outperforming other methods tested. Majib et al. proposed a hybrid approach, VGGSCnet, which combines VGGNet and a stacked classifier. The study suggests fine-tuning a pre-trained VGG-16 architecture with suggested layers to improve its speed and effectiveness. Training to automatically detect brain tumours in MRI scans. Data preprocessing identified the most prominent contours to determine the region of interest. The augmentation technique was used to address the class imbalance in the dataset. The sixth layer was chosen for feature extraction due to its smaller number of features. A stacked classifier was used to identify tumours in images.

Image preprocessing creates an image of the human body's anatomical structure, as explained and MRI images are used to detect tumour cells in the human brain. This paper [30] proposes a method to detect 3D MRI brain tumours by combining multimodal information fusion and CNN. Multimodal 3D-CNNs were upgraded to analyse brain tumour lesions across multiple modalities. In [31], researchers presented categorization algorithms based on CNN architectures, such as VGGNets, GoogleNets, and ResNets, with multiple repetitions. ResNet-50 has the highest accuracy rate (96.50%), followed by GoogleNet and VGGNets at 93.45% and 89.33%, respectively. ResNet-50 outperforms VGGNet and GoogleNet in terms of accuracy and time efficiency.

III. METHODOLOGY

The model loads the MRI data, resizes it, then divides the data into training and testing groups. Multiple convolutional, pooling, and dense layers are used to construct the CNN model. After that, it is assembled and trained using the practise data. Accuracy and loss graphs are used to illustrate the training process.

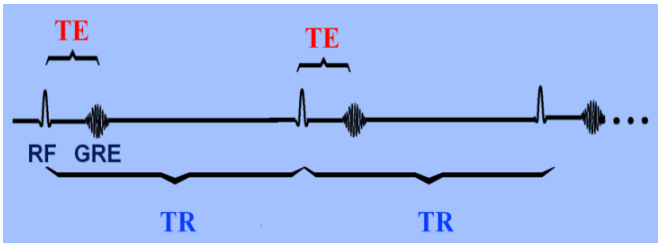


Fig. 3. Graph of TE and TR

Additionally, a sample image is loaded and processed for prediction. The algorithm makes tumour type predictions, offering a useful tool for medical diagnostics. This code illustrates a thorough method for automatically classifying brain tumours from MRI data.

The data preprocessing section of the code prepares the MRI images for training the neural network. It involves several crucial steps to make sure that the images are in a appropriate format for input to the Convolutional neural network model.

Overall, this data preprocessing section is essential for preparing the MRI images and labels in a format that is compatible with training a deep learning model, enabling accurate classification of brain tumors.

The code uses a dataset for classifying brain tumors based on MRI images. This dataset comprises pictures of four types of brain tumors: glioma, meningioma, pituitary, and images with no tumors.

For each type of tumor, images are stored in separate folders. The code leverages the os library to navigate through these folders and read the images. OpenCV (cv2) is then used to read and resize these images to a uniform size of 150x150 pixels, which is a common preprocessing step for deep learning models.

Ultimately, this dataset serves as the foundtion for training the convolutional neural network (CNN). The CNN learns to recognize patterns and features within these MRI images, ultimately enabling it to classify new, unseen images into one of the four tumor categories. This trained model can be a valuable tool for medical professionals in diagnosing brain tumors.

In other words, it is easier to distinguish between pixels belonging to the three tumour groups when you are aware of where the predicted centre is.

The input sections, spatial length, and spatial width are re presented by the variables N, H, and W, respectively. So, as it is shown in Fig. 9, the O th centroid of the object is obtained on each map. Additionally, improving the quantisation results without utilising a CNN model is possible by taking into account the tumor's centre to ensure accurate detection.

ISSN 2682-9584

In order to prevent overftting, a cascde CNN model with 8 input images is proposed in this study. This model uses the Distance Wise Attention module at the network's end.

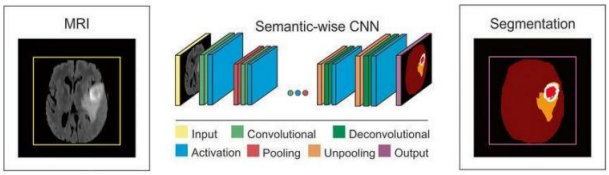


Fig. 4. Working of CNN model for brain tumor detection

Additionally, Up shows the not normalized grade of the P ground truth class. This score could be produced by multiplying the characteristics of the associated logistic unit by the impact of the outputs of the previous FC layer. The denomnator adds up to the projected scores for all of the logistical units Q to obtain a normalised score to calculate th between class variation within the range of 0 and 3. The value for Q is equal to four because there were only four output neurons used in this investigation

To visualise the training process and spot any possible overfitting or underfitting, the training and validation accuracy/loss curves are shown. It is possible to load, preprocess, and run the trained model on a single MRI picture to make a prediction.

A. Design of model

The dataset including the MRI scans of the brain tumours is first loaded by the algorithm. The pictures are divided into four categories: pituitary tumour, meningoma tumour, glioma tumour, and meningioma tumour.

The photos are preprocessed to guarantee that their dimensions are constant. It has been scaled down to 150x150 pixels. The labels that go with each photograph are additionally gathered.

30% dropout applied after some convlutional layers and fully connectd layers for regularization.

The model is configured with categorical cross-entropy loss as the loss function and utilizes the Adam optimizer. It assesses performance using the accuracy metric.

The model's performance is evaluated on a separate test set to assess its generalization ability. This step is important for understanding how well the model will perform on unseen data.

To visualise the training process and spot any possible overfitting or underfitting, the training and validation accuracy/loss curves are shown.

It is possible to load, preprocess, and run the trained model on a single MRI picture to make a prediction.

The algorithm can display the results of the prediction. The convolutional layers are:

- 1st Layer : 32 filters, 3x3 kernel, ReLU activation
- 2nd Layer : 64 filters, 3x3 kernel, ReLU activation
- 3rd Layer : 128 filters, 3x3 kernel, ReLU activation
- 4th Layer : 128 filters, 3x3 kernel, ReLU activation

B. ROBUST ALGORITHM in the using

Begin by conducting extensive research on brain tumour detection methods and the most recent cutting-edge techniques. Understand the challenges, available datasets, and evaluation metrics that are commonly used in this field. Obtain a large set of brain images with labelled tumour regions. Datasets such as the Multimodal Brain Tumour Segmentation Challenge (BRATS) can be used. Preprocessing the data ensures its consistency and quality. This includes tasks like resizing, normalisation, skull stripping, and noise reduction.

Extract relevant features from the pre-processed images. This could include Intensity-based features (e.g., mean, standard deviation), texture features (e.g., Haralick features), shape features (e.g., area, perimeter), spatial features (e.g., distance to tumor centroid).

Appropriate algorithm chosen for carrying the detection process using CNN or robust algorithm.

Divide the dataset into training, validation, and testing sets. Train the chosen algorithms on the training set, then tune hyperparameters on the validation set. Validate the trained models by evaluating their performance on the test set.

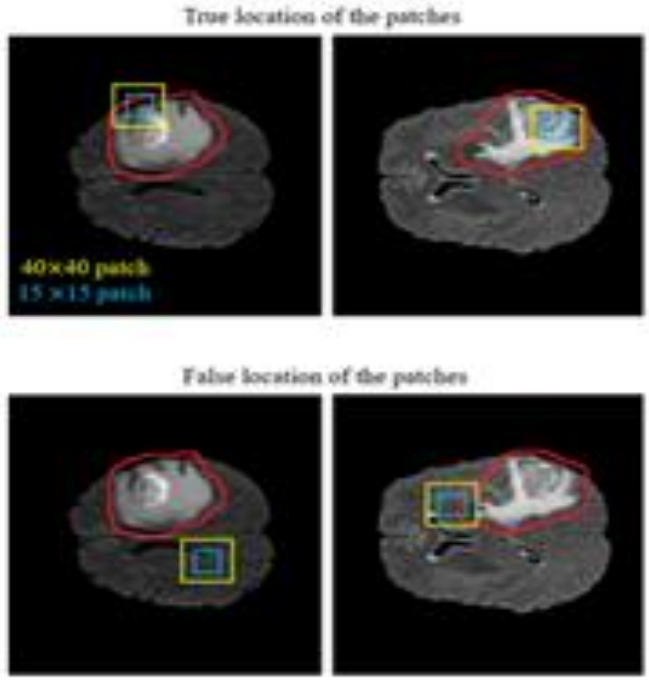


Fig. 5. Implementation of robust structure

Model performance can be measured using metrics like accuracy, sensitivity, specificity, precision, and F1-score. Plot ROC curves and compute the area under the curve (AUC) to assess the model's discrimination ability. Cross-validate the models to ensure their reliability. Validate the models against an independent dataset to determine their generalizability and real-world performance.

Document the entire process, including data preprocessing, model architecture, hyperparameters, and evaluation results. Create a comprehensive report that summarises the project's methodology, findings, and conclusions. Implement monitoring mechanisms to track the model's performance over time.

ISSN 2682-9584

Continue to update the model as new data becomes available and algorithms or techniques improve.

Robust algorithm is efficiently used algorithm for the better functioning of the detection of the brain tumor using the k-cluster method with the CNN architecture procedure for demonstrating us the in-depth details of the tumor specifications. The graph produced using TE and TR shows how the graph amplitude touches the peek where it shows the maximum intensity of the tumor whereas the graph left on the zero timeline shows us the intensity of tumor is none inside the brain. Robust is hybrid algorithm for clarification of the other simultaneously working algorithms and is considered better than the rest with many advantages.

C. Equation

$$y_c = y_0 + \frac{H_{object}}{2} \quad (1)$$

$$x_c = x_0 + \frac{W_{object}}{2} \quad (2)$$

$$\{W_{object} = \max \arg(sum\ pixels == lin\ each\ row)\} \quad (3)$$

$$\{H_{object} = \max \arg(sum\ pixels == lin\ each\ column)\} \quad (4)$$

$$\{y_0 = location\ of\ the\ starting\ point\ in\ H_{object}\} \quad (5)$$

$$\{x_0 = loction\ of\ the\ starting\ point\ in\ W_{object}\} \quad (6)$$

Where y_c *and* x_c represent the center of the white object, W_{object} and H_{object} indicate the width and height of the object respectively.

By calculating Eq.(1) for both the expected area and binarization of the input modality slide, the distance-wise can be defined as

$$Distance(i,j) = \frac{\sqrt[2]{(x_{ci}-x_{cj})^2+(y_{ci}-y_{cj})^2}}{Number\ of\ rows\ of\ the\ image} \quad (7)$$

Where i and j represent the binarized input modality and expected region, respectively. To obtain the W_{object} of the object in Eq.(2), we need to count the number of pixels in each row that have the value 1, select the row with the maximum count. For calculating the height H_{object}, we do the same strategy but cal. Fig provides more details about computing parameters in the DAW module. As shown in Fig. process is done for all input modalities and the mean of them is fed to the output of the module for each slice.

$$loss_i = -log\left(\frac{e^{U_p}}{\sum_{d=1}^{Q} e^{U_d}}\right) \quad (8)$$

Where the loss for the i-th training sample is implied by loss-i.

$$DICE(R_p, R_a) = 2 * \frac{R_p \cap R_a}{R_p + R_a} \quad (9)$$

$$Sensitivity = \left(R_p \cap R_a\right)/(R_a) \quad (10)$$

where Rp, Ra, and Rn demonstrate the predicted tumor regions, actual labels, and actual non-tumor labels, respectively.

The calculation metric used to calculate the intersect between the forecasts and ground realities is the dice score. The number of accurately determined non-tumor pixels is known as specificity (real negative rate). The proportion of tumour pixels that have been accurately computed is known as sensitivity (also known as recall or true positive rate).

D. Experimental Results

On the BRATS 2018 dataset, Figure 13 shows graphically the positive outcomes attained by our methodology. Every region shares a border with every other region, as can be seen. The border between the tumour core and augmenting areas inside the T1C images can be conviniently differentiated with a higher degree of precision without the need for further modalities because of the difference in their values (third column).

Our model is able to extract more distinct contextual information from the brain and tumour because of the DWA module, which improves the segmentation outcome. The better segmentation that arises from using the DWA module in the suggested manner is depicted in Figure 14, especially in the boundary of contacting tumour areas.

The effectiveness of the suggested approach in being able to distinguish between all four zones is demonstrated by the comparison between the benchmark and our model is in Figure.

The ground truth for each of the four modalities is shown in the same row in Figure 15(GT). Although the MultiCascaded (Fig.) and Cascaded randm forests (Fig.) techniques are able to detect the Edoema area with good results, they are unable to detect the smaller Edoema regions that are located outside of the main Edoema body.

Promising results are obtained in recognising the tumour Core and Enhancing regions by the Cross modality (Fig.) nd One Pass Multi Task (Fig.) techniques, particularly when detecting the tumour Core outside the Enhancing area border

TABLE 1 COMPARISON BETWEEN THE PROPOSED METHOD AND OTHER BASELINE APPROACHES ON BRATS 2018 2018 DATASET

Method	Dice score (mean)			Sensitivity (mean)			HAUSDORFF99 (mm)		
	Enh	Whole	Core	Enh	Whole	Core	Enh	Whole	Core
[34] Multi-Cascaded	0.7178	0.8824	0.7481	0.8684	0.7621	**0.9947**	2.80	4.48	7.07
[10] Cascaded random forests	0.75	0.86	0.79	0.83	0.91	0.86	-	-	-
[22] Cross-modality	0.903	0.791	0.836	0.919	0.846	0.835	4.998	3.992	6.369
[21] Task Structure	0.782	0.896	0.824	-	-	-	3.567	5.733	9.270
[23] One-Pass Multi-Task	0.811	0.908	0.857	-	-	-	2.881	4.884	6.932
Proposed method	0.9113	0.9203	0.8726	0.9217	0.9386	0.9712	1.669	1.427	2.408

ISSN 2682-9584

TABLE 2 COMPARISON OF EXECUTION TIME OF DIFFERENT TECHNIQUES APPLIED ON BRATS 2018 DATASET FOR ONE SUBJECT PATIENT

Approach	Multi-Cascaded [34]	Cascaded random forests [10]	Cross-modality [22]	Task Structure [21]	One-Pass Multi-Task [23]	Proposed method
Time	261 s	314 s	208 s	193 s	277 s	**84 s**

E. Results

Basically we are looking into the data collection of the tumor images and preprocessing of these images. This is the first step for the brain detection procedure. We have collected the images of the brain using MRI and CT scans which shows various effects and different types of tumors.

We also have used data set to collect the information on the tumor and worked on the specification of the effect so that we can classify respectively and work on the detection and recovery process.

Nextly in the first step only we preprocess the data to ensure that the images are having multiple features to check on. Majorly we ensure is it of same size, format or texture of the tumor, and do they have suitable labels.

Second step is to data exploration. In this step we have completely got the images and now working on the initial statistics of our dataset where we have looked onto the number of samples collected for the brain, distributing the class into two parts ,i.e., tumor or non-tumor. Distribution is to check all the brain samples available and knowing which all brain samples are affected with tumor and others are not effected with it. It helps us to segregate the samples from one other.

Second step is to data exploration. In this step we have completely got the images and now working on the initial statistics of our dataset where we have looked onto the number of samples collected for the brain, distributing the class into two parts ,i.e., tumor or non-tumor. Distribution is to check all the brain samples available and knowing which all brain samples are affected with tumor and others are not effected with it. It helps us to segregate the samples from one other.

Now we come to the major working step of our model where we do the development of the model. We choose the best suitable deep learning architecture for the working model and create a Convolutional Neural Network, CNN. This helps in creating the initial base of our model on our dataset so as to have a basis of working on the data captured.

Training results is the next step to model development. Metrics is usually like two way system in which there can loss in the system and accuracy (that means the no loss in the process, complete usage of data of our samples. The basic model used in the neural network gets used in this step for trying out the model developed recently and then finding out the results of giving the specifications of the brain tumor dataset and initiating the steps of analyzing the data.

Training results is the next step to model development. Metrics is usually like two way system in which there can loss in the system and accuracy (that means the no loss in the process, complete usage of data of our samples. The basic model used in the neural network gets used in this step for trying out the model developed recently and then finding out the results of giving the specifications of the brain tumor dataset and initiating the steps of analyzing the data.

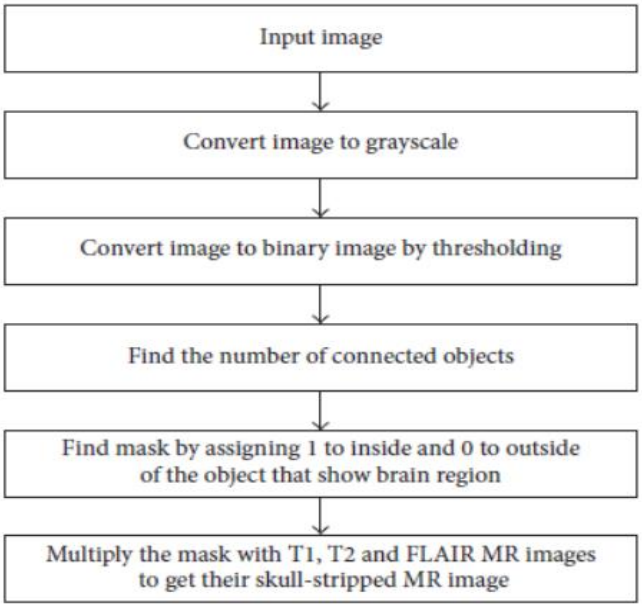


Fig. 6. Existing workflow of brain tumor detection

Finally, the model has been evaluated and after the validation of dataset the test set is evaluated. Tge model is evaluated on separate test datasets that model has been across any and shows the result of an unbiased performance of the metrics of the tumor detection model for the dataset used for the samples of our data.

The evaluation is a very long process working on the model architecture developed after the dataset is getting worked on and the samples are being taken in account and using the dataset the information and accuracy is pulled off with the evaluation and detection process of overfitting. Takes a longer period and is the major step in the process of recovery of the tumor.

The next step of our model architecture result is the interpretability of our system model and visualizing to understand where the brain is affected and the mostly effected regions of brains. It generates heatmaps or other visualizations to understand which regions of brain influences the architecture model of our system's decisions.

The calculation metric used to calculate the intersect between the forecasts and ground realities is the dice score. The number of accurately determined non-tumor pixels is known as specificity (real negative rate). The proportion of tumour pixels that have been accurately computed is known as sensitivity (also known as recall or true positive rate).

F. Primary goals of the project

Implementing a system that can automatically detect the existence of brain tumors in medical imaging is known as automated detection. Classification enables accurate diagnosis and treatment planning by classifying identified tumors into benign or malignant forms. Implementing real-time Processing making sure the system runs effectively in real-time or very close to real-time, enabling rapid decision-making in clinical contexts. User-Friendly Interface giving medical professionals a user-friendly interface so they may readily engage with and interpret the system's results.

Performance Evaluation thoroughly evaluating the system's performance to guarantee its dependability and efficiency utilising measures including sensitivity, specificity, accuracy, and processing time.

In the Feature Extraction we do identifying and separating crucial data from MRI scans, such as intensity, texture, shape, and histogram-based properties, is the process of feature extraction. By identifying different signals suggestive of tumour existence, this approach standardises input for the machine learning model, enabling accurate brain tumour identification.

Our model is able to extract more distinct contextual information from the brain and tumour because of the DWA module, which improves the segmentation outcome. The better segmentation that arises from using the DWA module in the suggested manner is depicted in Figure 14, especially in the boundary of contacting tumour areas.

It shows comparison between our model and benchmark of the architecture model.

IV. CONCLUSION

Brain tumour research makes extensive use of MR imaging because it requires precise assessment of copious amounts of medical data. Brain tumours are lethal illnesses that take a long time to identify manually and necessitate medical knowledge. The identification of anomalies in MRI pictures will require an automated diagnostic system. To identify brain cancer from MRI scans, this study developed an improved version of the EfficientNetB0 transfer learning architecture. The suggested method had a validation accuracy of 97.87%, indicating that it was very successful in identifying brain tumours.

In order to improve the accuracy of the proposed model, we intend to expand the dataset with additional MRI scans. We will apply the proposed approach to various medical images, such as x-rays, computed tomography (CT), and ultrasound, which could serve as a foundation for future research. Although this study looked at five additional convolutional models and transfer learning designs for brain tumours in medical imaging, more research is needed. We will investigate more significant. In future approaches, influential deep CNN models for brain tumour classification and segmentation will be used with less time complexity.

REFERENCES

[1] Guo L., L. Zhao, Y.Wu, Y.Li, G.Xu and Q.Yan,“Tumor detection”

[2] R.Kumari,“SVMclassificationanapproachondetectingabnormalityinbrainMRIimages,”InternationalJournalofEngineeringResearchandApplications,vol.3,pp.1686–1690,2013.

[3] DICOM Samples Image Sets, http://www.osirix-viewer.com/.

[4] Brainweb:SimulatedBrainDatabase”http://brainweb.bic.mni.mcgill.ca/cgi/brainweb1. [5]Obtainable Online: www.cancer.ca/~/media/CCE 10/08/2015.

[5] Buckner J. C., P. D. Brown, B. P. O’Neill, F. B. Meyer , C. J. Wetmore,J. H Uhm, "Central nervous system tumors."

[6] Deepa, Singh Akansha. (2016). - Review of Brain Tumor Detection from tomography

[7] Novellines R. A., M. D. - Squire's fundamentals of radiology; Six Edition; UPR, 2004.

[8] Preston, D. c. (2006). Magnetic Resonance Imaging (MRI) of the Brain and Spine from Basics. casemed.case.edu .

[9] Hendrik RE. (2005) Glossary of MR Terms from American College of Radiology . .

[10] Demirhan A., M. Toru, and I. Guler, “Segmentation of tumor and edema along with healthy tissues of brain using wavelets and neural networks,”

[11] Nilesh Bhaskarrao Bahadure, A.K. (2017, March 6). From https://www.hindawi.com/journals/ijbi/2017/9749108/.

[12] Mohsin S., S. Sajjad, Z. Malik, and A. H. Abdullah, “Efficient way of skull stripping in MRI to detect brain tumor by applying morphological operations, after detection of false background,”Retrieved https://www.irjet.net/archives/V4/i4/IRJET-V4I462.pdf.

[13] Gordillo N., E. Montseny, and P. Sobrevilla, “State of the art survey on MRI brain tumor segmentation,”Magnetic Resonance Imaging, vol. 31, no. 8, pp. 1426–1438, 2013.

[14] Samantaray, M.(2016, November 3). Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/document/7727089/ .

[15] Nandi, A. (2016, April 11) Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/document/7449892/

[16] Benson C. C. and V. L. Lajish, “Morphology based enhancement and skull stripping of MRI brain images,”.

[17] Oo S. Z. and A. S. Khaing, “Brain tumor detection and segmentation using watershed segmentation and morphological operation,”

ISSN 2682-9584

СИСТЕМАТИЗИРАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ ЗА ЦЕЛИТЕ НА АВТОМАТИЗИРАНОТО ТЕХНИЧЕСКО ДОКУМЕНТИРАНЕ НА АВТОМАТИЧНИ ПЛЪЗГАЩИ ВРАТИ

Хасан Хасансабри
Технически Университет - София
София, България
e-mail: hhasansabri@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата статия се разглежда систематизирането на информация за целите на автоматизирането документиране на автоматични плъзгащи врати. Извършен е обзор на съществуващи програмни среди, които автоматизират процеса на техническо документиране. Определени са работните стъпки при проектиране на автоматични плъзгащи врати и на тяхна основа е предложена класификация на необходимата информация за техническо документиране. На основата на анализ на разгледаните програмни среди е избрана една. За избраната програмна среда за автоматизирано техническо документиране, при използване на предложената класификация, е създадена база от данни за нов размерен ред на автоматизирани плъзгащи врати.

Ключови думи: проектиране, автоматични плъзгащи врати, Логикал, автоматизирано документиране

I. Въведение

Автоматичните врати са раздел от архитектурните системи, които намират голямо приложение в строителството. Те се срещат по молове, магазини, учреждения, офиси, хотели, ресторанти, бензиностанции и др. На практика почти няма обществена сграда без монтиран подобен вид врати. Освен в такива сгради, автоматични врати се използват и в частни жилища, обикновено когато става въпрос за големи отваряеми площи и при използване на тежки крила с относително големи габаритни размери [1].

На пазара се предлагат редица системи за автоматизирано задвижване на плъзгащи врати. Такива производители са: „Вайс Профил“ [2], „Дормакаба“ [3], „Алумил“ [4], „Рейнарс“ [5], „Шуко“ [6] и др. Тези системи се състоят от множество видове компоненти, всеки вид от които се реализира в различни размери така, че да се отговори на търсенето на пазара за различни размери автоматични плъзгащи врати. Например, една автоматична плъзгаща врата с две подвижни крила може да съдържа до 100 отделни компонента. В допълнение, проведено проучване на пазара, включващо три водещи производителя показва, че в рамките на 2022 година, размерите на поръчаните автоматични плъзгащи врати са 110 различни вида. Отделно, за различните размери врати е необходимо да се подберат точните размери компоненти от цялото това многообразие и да се изготви конструкторска документация. Поради трудоемкостта и времеемкостта на тази задача, в практиката се използват програмни среди, които спестяват време и усилия при създаване на техническата документация.

Тези програми могат за кратко време да изчисляват количествено-стойностна сметка, да разкрояват дължините на използваните конструктивни профили, да правят точен подбор на компонентите за автоматизирано задвижване, да генерират размери на стъклопакети и др. Програмни среди с подобни възможности, използвани в практиката са: „Скай глейзинг“ [7], „Шукал“ [8], „Логикал“ [9], и др. Сами по себе си, посочените програмни среди са само инструменти, които да улесняват техническото документиране и планирането на производството. За да е възможно те да бъдат приложени в полза съкращаване времето за реализиране на техническия проект, е необходимо първо да бъде събрано, анализирано и систематизирано голямо количество информация. Практически, използваната програмна среда е специализиран графичен потребителски интерфейс, който използва база от данни за конкретна система (или системи) за изграждане на автоматизирани плъзгащи врати. Настоящата статия разглежда проблемите свързани със създаването на такъв вид база от данни и по-конкретно – систематизиране на информацията, която трябва да бъде събрана, за да се реализира такава база от данни. Целта е формулирането на последователност за работа и систематизиране на необходимата информация, която да подпомогне конструкторите при документиране. За постигането на тази цел е необходимо да се определят работните стъпки при проектиране на автоматизирана плъзгаща врата и да се систематизира необходимата информация за отделните стъпки.

II. Определяне на работни стъпки

Създаването на база данни с информация за документиране на една техническа система е неразривно свързано с процеса на проектиране и информацията събиране по време на него. На Фиг. 1 са систематизирани основните стъпки при проектиране на автоматични плъзгащи врати.

След като се подаде типоразмера на плъзгащата врата от архитекта, необходимо е проекта да премине през няколко стъпки, всяка от които изисква определянето и въвеждането на определен вид информация.

A. Избор на архитектурна плъзгаща система и цвят.

Изборът на архитектурна система се прави спрямо масата и габаритните размери на крилото; естетическият вид на алуминиевите профили, както и имплементирането им в архитектурните детайли.

ISSN 2682-9584

Проектантът съвместно с архитекта избират цвета на профилите. При алуминиевите профили могат да се нанасят прахово боядисани, анодизирани и сублимирани покрития. Прахово боядисаните покрития могат да бъдат с гланцово покритие, матово покритие или структурно.

B. Избор на сечения на профила.

Спрямо габаритните размери на типоразмера се оразмеряват алуминиевите профили на натоварване от вятър и се избират сеченията на профилите – релсова каса и крило. Също така се избират и профили за отводняване на плъзгащата система – транспортен профил и улук.



Фиг. 1. Процес на проектиране на автоматизирана плъзгаща врата

C. Избор на стъклопакети.

Изборът се прави от проектанта, съгласуван с изискванията на архитекта. Параметри на стъклопакетите са: **U** - коефициент на топлопреминаване; SF - соларен фактор (показател за количеството слънчева енергия, което може да премине през стъклото); TL - светлинно преминаване (процентно съотношение на количеството светлина, преминаващо през стъклото).

Шумоизолацията при стъклопакетите е в пряко съотношение с дебелината на стъклата. Оптималната звукоизолация се постига при троен стъклопакет, съчетаващ стъкла с различна дебелина.

D. Избор на задвижващ механизъм.

Според масата и размерите на крилата се избира задвижващ механизъм. Към тази група спадат: стоманени ролки за преместване на крилата, които се търкалят по направляващи от неръждаема стомана; захранващ блок; контролер; двигател; редуктор; зъбен ремък; крайни изключватели; сензори за дим и за близост, и интерфейс за управление.

E. Изготвяне на техническа документация.

Изготвянето на техническа документация е важна час от един проект. Тя е свързана с:

- Изготвяне на спецификация на материалите – прави се с цел да се остойностят материалите и да се поръчат за реализацията на проекта.
- Оптимизиране на профилите – разкроят на профилите се прави с цел да има минимален отпадъчен брак. Също така се спестява време на работника в производството.
- Изготвяне на спецификация на стъклопакети – необходимо е да се поръчат стъклопакетите за производство с техните работни размери. Спецификацията служи и за остойностяване на стъклопакетите.
- Изготвяне на технологични карти – те служат за цялостното сглобяване на типоразмера. В технологичните карти се съдържат разположението на нарязаните алуминиеви профили, както и разположението на стъклопакетите.
- Изготвяне на монтажна схема - при монтажната схема е показано разположението на типоразмера спрямо обекта, т.е. на кое ниво спрямо кота готов под да бъде монтирана конструкцията.

III. Класификация на необходимата информация

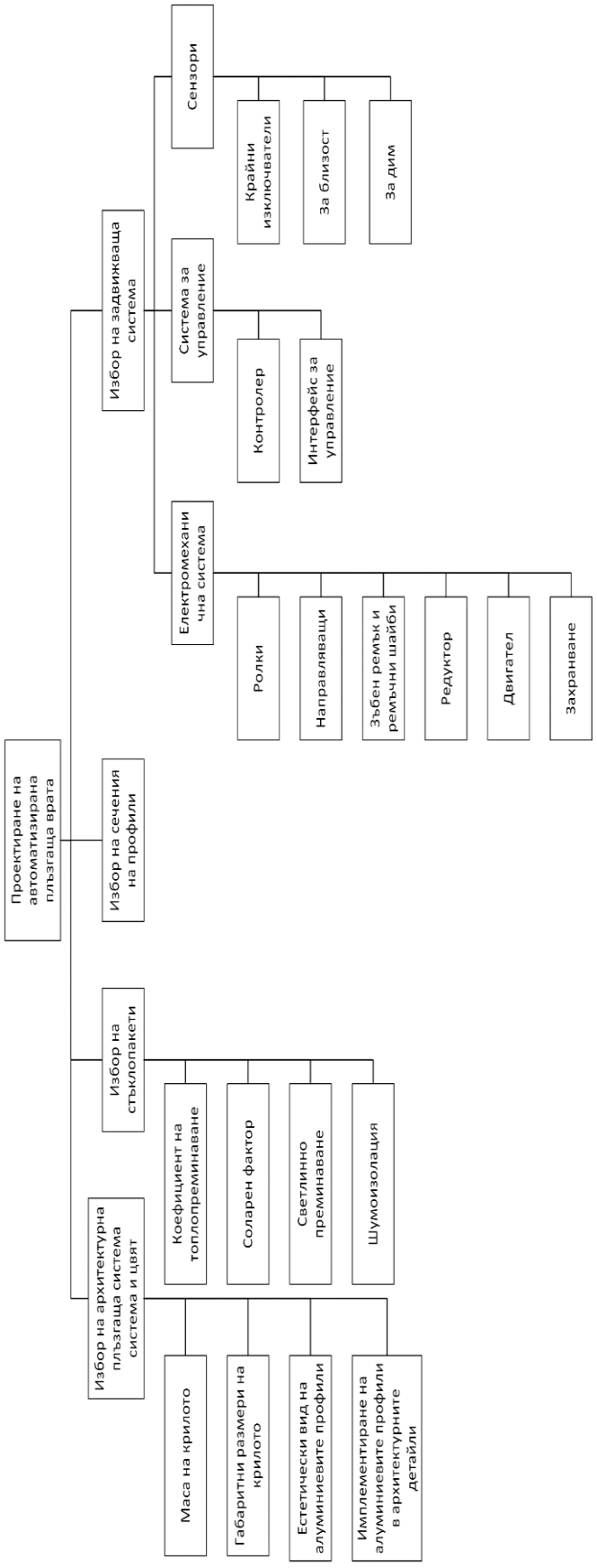
Изготвянето на всички спецификации, технологични карти, монтажни схеми и др. трябва да се създаде автоматизирано на база въведените данни от предходните етапи на проектиране. Необходимата информация по групи е систематизирана и представена на фиг. 2.

IV. Избор на програмна среда и примерна употреба на класификация

Както бе споменато, в практиката се използват различни програмни среди за автоматизирано създаване на техническа документация. Всяка от тях има своите специфики относно въвеждането на необходимите параметри на компонентите и информация за тях, използвана за автоматизирано документиране.

„Скай глейзинг“ [7] е програма, която е създадена от българският програмист Стефан Желински. Тя може да калкулира себестойност на материалите (профили, уплътнители, аксесоари, обков, автоматизирано задвижване и др.), да генерира размери на стъклопакетите и да ги остойностява; да създава технологични карти, да разкроява профили, да генерира крайна оферта за клиента, като са начислени трудови, транспортни и административни разходи, и др. При тази програмна среда, потребителят лесно може да си създава стандарти за работа, посредством имплементиране на архитектурни системи от различни доставчици. Като недостатък може да се отбележи, че в процеса на проектиране, проектантът не може да генерира хоризонтални и вертикални разрези в чертожната програма „AutoCAD“ [10]. Също така софтуерът не може да създава файлове за целите на CAM. Изброените недостатъци могат да се покрият от програмата „Шукал“ [8].

ISSN 2682-9584



Фиг. 2. Класификация на информацията необходима за автоматизиране създаването на техническа документация на автоматизирана плъзгаща врата

Тя е създадена от немската компания “Шуко”, която може да извършва всички операции, изброени по-горе, както и да изчислява коефициенти на топлопреминаване. Могат да се проектират по-сложни конструкции. Недостатъкът на тази програма е, че потребителят не може да имплементира архитектурни системи на различните доставчици, а само за системите на „Шуко“.

„Логикал” [9] е програмна среда, при която може да се имплементират системи на различни доставчици. При нея също могат да се проектират сложни конструкции, както и да се създават файлове за машини с цифрово програмно управление.

За да се направи избор на подходяща програмна среда е необходимо да се осъществи анализ по избрани критерии. Те са свързани с предоставяните функции, необходими за пълноценна работа с програмните среди. Избраните критерии и оценяването по тях е показано в Табл. 1.

ТАБЛИЦА 1 КРИТЕРИИ ЗА ИЗБОР НА СОФТУЕРНА ПРОГРАМА

Критерий	Скай глейзинг	Шукал	Логикал
1. Изчисляване на количествено - стойностна сметка на материалите - профили, системни аксесоари, уплътнители, обков, автоматизирано задвижване и др.)	8	10	10
2. Остойностяване и оразмеряване стъклопакети, панели и др.	8	10	10
3. Създаване на технологични карти	9	10	10
4. Изчисляване на коефициенти на топлопреминаване	7	10	10
5. Разкрояване на профили	9	10	10
6. Генериране на хоризонтални и вертикални разрези	0	10	10
7. Експортиране на разрезите в Auto Cad	0	10	10
8. Създаване на макрос файлове за машини с CNC управление	0	10	10
9. Възможност за имплементиране на архитектурни системи	10	0	10
10. Проектиране на сложни на конструкции	1	8	9
11. Имплементиране на архитектурна система	9	0	10
12. Удобство за работа с програмата	7	8	10
13. Достъпност и цена на програмата	9	8	9
Σ	77	104	128

Всяка от съществуващите програмни среди, даващи възможност за автоматизирано създаване на техническа документация на автоматични плъзгащи врати, е оценена по формулираните в Табл. 1 критерии.

ISSN 2682-9584

Използвана е скала от 1 до 10, където 1 е минимална оценка по критерия, а 10 е максимална оценка по критерия. Критерият за избор на програмна среда е максимум на сумарната оценка по критериите.

Отчитайки сумарните оценки получени в Табл. 1. и приетият критерий за избор, се избира софтуерът „Логикал“ за създаване на база от данни за техническата документация на автоматизирани плъзгащи врати. Разработването и въвеждането на базата данни е възложено от фирма „Вайс профил“.

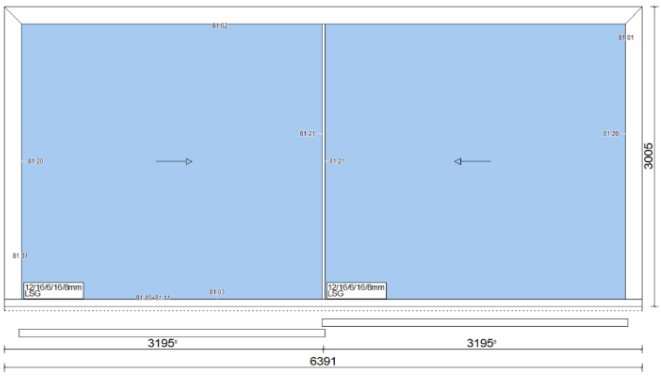
V. Приложения на класификацията

Предложената класификация е използвана за създаването на база данни в избраната програмна среда Logical за нов размерен ред от автоматични плъзгащи врати. Последователността за работа с програмната среда (Фиг. 3) е подобна на тази, която се използва за проектиране (Фиг. 1).



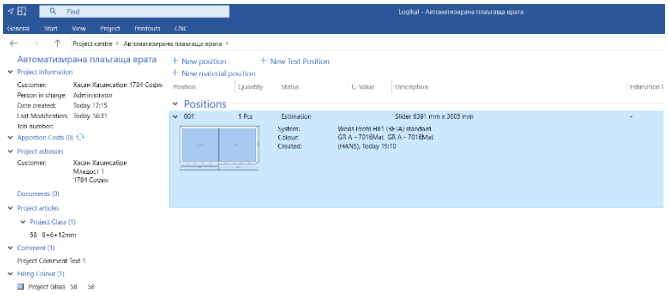
Фиг. 3. Последователност за въвеждане на информация в Логикал

Въвеждането на данните в стъпка 1 представлява структурната информация за плъзгащата система. Посредством тези данни е възможен избор на типология на отваряне, цвят на профилите, системни сглобки и др. чрез интерфейса на Логикал (Фиг. 4).



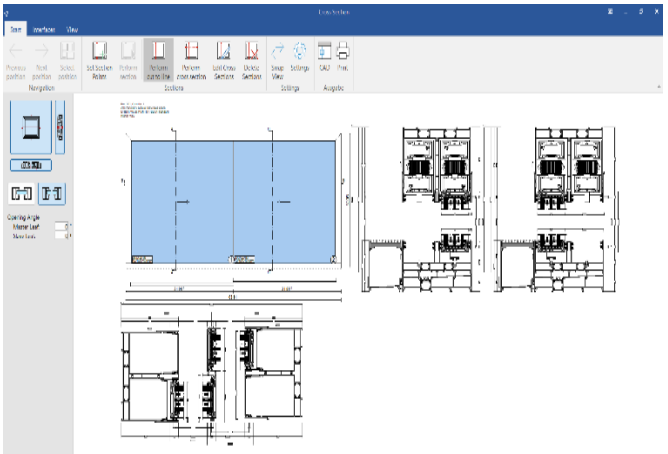
Фиг. 4. Генерирано изображение при въведена информация за двукрило

В стъпка 2 се използват данни за алуминиевите профили на плъзгащата система. Чрез интерфейса на програмната среда, от базата данни се избират геометрия на профилите на релсата, на плъзгащите крила и допълнителни профили за отводняване към долната хоризонтална част на касата. В стъпка 3 се въвеждат стъклопакети за типоразмера. В зависимост от въведената информация програмната среда може да калкулира коефициентите на топлопреминаване на стъклопакетите, както и тяхната маса. След избора на стъклопакети се преминава към стъпка 4, при която се използват данните за обкова. Според масата на крилото се избират търкалящи неръждаеми ролки, както и механизма за автоматизирано задвижване. При стъпка 5 се финализира въвеждането на плъзгащата врата (Фиг. 5).



Фиг. 5. Въведена позиция на автоматизирана плъзгаща врата в „Логикал“, използвайки база от данни създадена чрез прилагане на предложената класификация

Посредством създадената база данни и средата за автоматизирано документиране е възможно: генериране на хоризонтални и вертикални разрези (Фиг. 6); създаване на количествено - стойностна сметка на материалите; котиране на размерите на стъклопакети; разкрояване на профили; генериране на стокова листа и създаване на технологични карти.



Фиг. 6. Автоматизирано създаване на хоризонтален и вертикален разрез на автоматизирана плъзгаща врата на основата на въведените систематизирани данни

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целта на настоящата статия е систематизирането на информация за автоматизирано документиране на автоматични плъзгащи врати. За тази цел е извършен анализ на процеса по проектиране на автоматизирани плъзгащи врати. В резултат на този анализ са

ISSN 2682-9584

формулирани основните стъпки при проектиране. На основата на така определения процес, е извършено систематизиране на необходимата информация, която трябва да бъде събрана и е предложена нейна класификация. Разработената класификация е приложена за създаване на база от данни в програмна среда за автоматизирано документиране. Поради спецификите на средите за автоматизирано документиране е наложен избор на конкретно програмно приложение. Този избор е направен на основата на оценка по избрани критерии измежду три водещи програмни среди. За избраната програмна среда е използвана предложената класификация, като е въведена информация за нов размерен ред от автоматизирани плъзгащи врати.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодаря на проф. дн инж. Иво Малаков и гл. ас. д-р инж. Велизар Захаринов за полезните съвети и дискусии при подготовката на настоящата работа.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Zaharinov V., Hasansabri H., Malakov I.(2022). Clasification of automatic doors. Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium, 33 (1), pp. 115 – 122, DOI: 10.2507/33rd.daaam.proceedings.017

[2] Weissprofil (2023) Thermo Slide WP70 Catalogue. Weissprofil

[3] Dormakaba (2023) Automatic sliding door solutions Product Brochure. Dormakaba

[4] Alumil. (2022) S650 e-MOTION Catalogue. Alumil.

[5] Reynaers. (2024) Comfort motorization Product Brochure. Reynaers.

[6] https://www.schueco.com/com/bg, посетен на 22.12.2023.

[7] https://skyglazing.com/, посетен на 22.12.2023.

[8] https://www.schueco.com/de-en/fabricators/digital-solutions/schuecal, посетен на 22.12.2022

[9] https://www.orgadata.com/bg/bg.html, посетен на 23.12.2023.

[10] https://www.autodesk.com/, посетен на 22.12.2023.

INFORMATION SYSTEMATIZATION FOR THE PURPOSES OF AUTOMATED TECHNICAL DOCUMENTATION OF AUTOMATIC SLIDING DOORS

Hasan Hasansabri
Technical University of Sofia,
Sofia, Bulgaria
e-mail: hhasansabri@tu-sofia.bg

Abstract: The present paper proposes information systematization for the purposes of automation documentation of automatic sliding doors. An overview of existing software environments, which automate the technical documentation process, was conducted. The working steps in the design of automatic sliding doors were defined, and, based on them, a classification of the necessary information for technical documentation is proposed. Following an analysis of the reviewed programming environments, one environment is selected. For the selected programming for automated technical documentation, and using the proposed classification, a database for a new size range of automated sliding doors is created.

Key words: design, automatic sliding doors, Logical, automated documentation

ISSN 2682-9584

АВТОР - ИМЕ, ФАМИЛИЯ	СТРАНИЦА ОТ СПИСАНИЕТО
Afrim Gjelaj	3
Afrim Gjelaj	8
Ahmet Shala	55
Alexandur Vukov	139
Ani Boneva	67
Arbnor Pajaziti	41, 55
Bedri Dragusha	91
Besart Berisha	3, 8
Chen Tongyang	116
Daniela Minkovska	159, 164
Dimitar Karastoyanov	67
Drilon Beqiri	3
Drilon Meha	91
Emil Petrov	135, 184
Erjon Shala	75
Fatlinda Berisha	91
Festim Bushi	55
Fisnik Tishukaj	75
Gary Rowlands	124
Granit Arifaj	8
Haxhi Dacaj	3, 8
Jane Olive Sharon	191
Joanna Alexieva	169
Kiril Kambushev	83
Lum Rexha	41
Martin Kambushev	111
Miglena Paneva	139, 180
Nikolay Zlatov	124
Pancho Tomov	169, 173
Peter Panev	180
Radostina Calovska	87

ISSN 2682-9584

АВТОР - ИМЕ, ФАМИЛИЯ	СТРАНИЦА ОТ СПИСАНИЕТО
Rame Likaj	8, 75
Rifat Krasniqi	3, 75
Rosen Spirov	135, 184
Rumen Ivanov	124
Shaban Buza	41, 55
Stefan Biliderov	87
Suryansh Indram	191
Susmeet Mitra	191
Valentin Penev	124
Vanja Ivanova	184
Veneta Yosifova	148
Veronika Ivanova	67
Xhevahir Bajrami	3, 41, 75
Алдин Хаджиев	119
Боян Бахчеванов	63, 143
Васил Цветков	49
Веселина Гагъмова	153
Диана Изворска	106
Димитър Тотев	143
Иван Христозов	153
Иван Чакъров	153
Иванка Пеева	37
Изабела Радкова	97
Кристина Крумова	153
Кристиян Димитров	129
Милчо Ташев	13, 97
Нина Вълчкова	49
Паскал Атанасов	63
Пенко Митев	13, 17, 22, 26
Петър Рачев	103
Ренета Димитрова	31, 45, 119

ISSN 2682-9584

АВТОР - ИМЕ, ФАМИЛИЯ	СТРАНИЦА ОТ СПИСАНИЕТО
Роман Захариев	49
Росен Ангелов	153
Слав Димитров	119, 143
Станислав Цолов	45
Стефан Къртунов	103, 106
Стилиян Николов	45
Татяна Андонова-Вакарелска	97
Хасан Хасансабри	198
Чавдар Костадинов	37, 153