

ANNUAL
OF KONSTANTIN PRES LAVSKY
UNIVERSITY OF SHUMEN
FACULTY OF MATHEMATICS AND
INFORMATICS
Vol. XXVI C

ГОДИШНИК
НА ШУМЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ
„ЕПИСКОП КОНСТАНТИН ПРЕСЛАВСКИ“

ФАКУЛТЕТ ПО МАТЕМАТИКА И
ИНФОРМАТИКА
Том XXVI C

SHUMEN
2025

Главен редактор: проф. д.н. Наталия Павлова

Редакционна колегия: проф. д.н. Борислав Стоянов
проф. д-р Красимир Кордов
доц. д-р Радостина Енчева
доц. д-р Мирослав Христов
доц. д-р Павлина Димитрова

© Факултет по математика и информатика

© Университетско издателство

„Епископ Константин Преславски“

ISSN 3033-2133

MULTISENSORY VIRTUAL REALITY AND ADAPTIVE PSYCHOLOGICAL PROFILING: A THEORETICAL REVIEW*

PAVEL G. GRADINAROV

ABSTRACT: *This article presents a theoretical review of recent scientific studies on multisensory stimuli in virtual reality and the application of artificial intelligence for the analysis and enhancement of cognitive processes. It explores adaptive feedback systems, user engagement, and the interrelation of multisensory stimuli within immersive virtual environments. The paper reviews literature published between 2020 and 2025 and outlines the theoretical foundations for proposing a framework for psychological profiling. The ultimate goal is to enable the adaptive generation of virtual environments tailored to the individual's emotional and cognitive state, thereby contributing to more accurate diagnosis and more effective therapeutic outcomes.*

KEYWORDS: *virtual reality; artificial intelligence; multisensory stimulation; adaptive feedback systems; psychological profiling*

2010 Math. Subject Classification: 68T05, 68U10, 91E40

МУЛТИСЕНЗОРНА ВИРТУАЛНА РЕАЛНОСТ И АДАПТИВНО ПСИХОЛОГИЧЕСКО ПРОФИЛИРАНЕ: ТЕОРЕТИЧЕН ОБЗОР†

ПАВЕЛ Г. ГРАДИНАРОВ

* This paper is (partially) supported by Scientific Research Grant РД-08-106/05.02.2025 of Shumen University

† Статията е частично финансирана по проект № РД-08-106/05.02.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

1 Въведение

Виртуалната реалност (VR) се утвърждава като иновативен инструмент за изследване на когнитивните процеси и поведение на човека, предлагайки контролирана среда с богати мултисензорни стимули [1]. Комбинацията от визуални, звукови и тактилни (хаптични) стимули във VR позволява перцептивно преживяване, близко до реалното, като същевременно избягва някои ограничения на традиционните методи (например ефекта на наблюдателя при психологическите тестове) [2]. Иновативността на настоящата тема е в интегрирането на комплексни мултисензорни стимули с изкуствен интелект (AI) за адаптивно персонализиране на VR средата според поведението и психофизиологичните реакции на потребителя [3].

Под виртуална реалност използваща мултисензорни стимули се разбира среди, които комбинират повече от едно възприятие, с цел по-висока екологична валидност на преживяването [1][2][4][5]. Адаптивното психологическо профилиране се отнася до динамично изграждане и актуализиране на имерсивни виртуални среди въз основа на неговите избори, реакции и психофизиологични показатели във VR [3][6][7][8]. Настоящият теоретичен обзор има за цел да систематизира и анализира наличните резултати за мултисензорна стимулация, биофийдбек и персонализация във виртуална реалност, да ги постави в рамката на класическите когнитивни и информационни модели [9][10][11][12] и да потвърди необходимостта от интегриран модел за адаптивно профилиране. Анализът се основава основно на изследвания от периода 2020–2025 г., и е насочен към приложимост в психологията, образованието и когнитивната рехабилитация [1][13][14][15][16]. За да се оцени реалният потенциал на подобен подход, в следващия раздел се представя анализ на текущото състояние на съществуващите VR решения, емпирични резултати и открити празнини.

2 Анализ на текущото състояние

Разгледаните разработки в областта на виртуалната реалност могат условно да се групират в три линии: терапевтични приложения (фобии, тревожност, когнитивни нарушения), обучителни и когнитивни интервенции, и интелигентни адаптивни среди, които използват биофийдбек и поведенчески данни [1][7][13][14][15]. Терапевтичните VR системи демонстрират ефективност при контролирана експозиция и редукция на симптоми, но адаптацията обикновено е ограничена до предварително дефинирани нива на трудност, без цялостен модел на психологически профил [7][13][16]. За обучение и когнитивно манипулиране VR подобрява ангажираността и изпълнението спрямо традиционни среди, но мултисензорната стимулация често се прилагат частично и без последователна теоретична рамка [1][15][17].

Липсата на адаптивност може да доведе или до прекалена стимулация и стрес, или до недостатъчна ангажираност у потребителите [7]. Неотдавнашно изследване демонстрира решение: динамично адаптираща се VR среда, която в реално време променя сценариите според физиологичната обратна връзка на участника. В контекста на терапия на тревожност (арахнофобия) такъв подход успява да удвои времето, през което потребителите се задържат в оптимално емоционално състояние, сравнено със статична VR симулация [7]. Това доказва, че интеграцията на AI и биофийдбек във VR може значително да повиши ефективността на въздействието и да поддържа потребителя в желанния диапазон от реакции. Реалният живот предоставя мултимодална информация и е доказано, че синхронното въздействие върху няколко сетива може да подобри когнитивното изпълнение [5]. Marucci и съавт. установяват, че при високо когнитивно натоварване едновременните зрителни, слухови и тактилни стимулации значително повишават успеваемостта на задачите в сравнение само с визуална стимулация [4]. Освен

това тримодалната стимулация (визуално-аудио-тактилна) намалява субективното усещане за натовареност и засилва чувството за присъствие във виртуалната среда [4][5]. Въвеждането на усъвършенствана хаптика във VR би позволило по-реалистично хващане на обекти и усещане за текстура, температура и натиск [2][18], което е от съществено значение за пълноценно когнитивно въздействие и формиране на паметови следи, свързани с допира. Друг съществен аспект е мотивацията и ангажираността на потребителя. Интерактивните VR среди предполагат активност, но какво се случва, ако потребителят остане пасивен или загуби интерес? Този въпрос е слабо изследван в литературата [13]. Липсата на мотивация за действие може да компрометира всяка обучителна или терапевтична VR система, тъй като потребителят просто „отказва да играе“ [15]. Нужно е внедряване на мотивационни механизми – например геймификация, награди, динамично генериране на провокации – които да подтикват потребителя към взаимодействие. Следователно, интегрирането на адаптивни стимули, съобразени с моментното емоционално състояние на потребителя, е критична празнина, която настоящото изследване ще адресира [8]. Недостигащи решения и допълнителни предизвикателства в областта включват още липса на прозрачни механизми, обясняващи как AI стига до дадени препоръки или адаптации във VR контекста. Това поражда въпроси за надеждността и етичността на подобни системи (т.нар. „черна кутия“) [13]. Съществува празнина на пазара и в научните изследвания за VR системи, които позволяват директна работа с ръце и естествена манипулация на виртуални обекти [2]. Има теоретични предположения, че хората могат да проявяват консистентни комбинации от предпочитания (например определено настроение да корелира с определена цветова гама и музикален стил) [9], но не са системно изследвани във VR [19][20][21][22][23] и представляват новаторска посока [1]. Дизайнът на комплексни VR стимули трябва да отчита ограниченията на човешката когниция –

класическото откритие на Милър за „магическото число 7 ± 2 “ показва, че средно човек може ефективно да запомни около седем елемента едновременно [9]. Тази теза, заедно с принципите на информационната теория на Шенон (ентропия като мярка за неопределеност в стимула), ще бъдат използвани като рамка за оптимизиране на сложността на стимулите [11][17].

Въз основа на горния анализ, изследването се фокусира върху следните ключови научни въпроси: как мултисензорната стимулация във VR влияе върху когнитивните реакции на потребителите; в каква степен емоционалното състояние се свързва с предпочитания към определени визуални форми, цветове и звуци [6]; как изкуственият интелект може адаптивно да генерира и модифицира VR съдържание в реално време спрямо поведението на потребителя; дали добавянето на симулиран допир води до измерими промени в паметта за обекти, емоционалната реакция или изпълнението на задачи [18]; какви психофизиологични показатели могат най-надеждно да отразят когнитивното натоварване и емоционалната ангажираност във VR [24]; до каква степен когнитивните избори и реакции във VR съвпадат с тези в реалния свят; и как теоретичните модели от когнитивната наука (напр. теория на информацията и ентропията) могат да бъдат приложени в анализиране на събраните данни [10][11]. Тези въпроси очертават обхвата на изследването – от фундаментални влияния, през взаимодействието човек-емоция-среда, до технологични решения и теоретична интерпретация. Отговорите им ще допринесат за изграждане на цялостен модел на адаптивен психологически профил във виртуална среда.

Ключовите експериментални сценарии ще сравняват следните условия и фактори:

Мултисензорна срещу едносензорна стимулация – дали едновременните визуални, аудио и тактилни стимули подобряват представянето в сравнение с използване само на един модалитет [4].

Адаптивна срещу статична VR среда – дали динамичното адаптиране на съдържанието от AI (спрямо състоянието на участника) води до по-стабилно внимание и ангажираност, спрямо предварително фиксиран сценарий без адаптации [7].

Мотивационни механизми (награда срещу дразнител) – сравнение между две стратегии при пасивност на участника: предоставяне на награда за активност срещу въвеждане на провокативен стимул, с цел установяване кой подход по-ефективно възвръща ангажираността [25].

Корелация на сетивни предпочитания – анализ дали изборите на участниците (предпочитани цветове, форми, звуци) във VR сцени са свързани помежду си или с темперамент и настроение [26].

VR срещу реален тест – проверка на валидността на VR като изследователски метод чрез сравнение на представянето на участниците в когнитивни задачи във виртуална среда спрямо аналогични задачи в реална обстановка; висока сходност би подкрепила екологичната валидност на VR-методиката.

Към VR системата се интегрират външни устройства за физиологичен мониторинг, с цел едновременно събиране на обективни данни за състоянието на участника по време на всяка сцена [24]. Имплементиране на AI модула и адаптивно поведение (онлайн): разработените правила и модели се интегрират обратно във VR системата, за да може тя в реално време да променя своето поведение спрямо действията и състоянието на потребителя – затваря се т.нар. biofeedback цикъл [8]. Проучва се доколко изведените профили корелират с външни критерии, събрани за участниците. Например, проверява се дали участниците, класифицирани в определен VR профил, имат сходни резултати по някоя скала от предварителните психологически въпросници или дали има демографски различия. Подобни съпоставки помагат за валидирането и по-доброто разбиране на профилите [27].

Чрез горните анализи изследването ще предостави емпирични отговори на поставените въпроси. Очаква се да се

потвърдят някои основни хипотези – например, мултисензорната стимулация да показва статистически значимо подобрение в продуктивността спрямо едносензорната; адаптивната система да демонстрира по-стабилно внимание у потребителите спрямо контролната; и т.н. Също така, анализът ще разкрие има или няма корелации между определени сетивни предпочитания (напр. дали предпочитани ярки цветове се свързват със силна музикална стимулация) и ще очертае няколко отделни профилни групи с техните характеристики. Тези резултати не само отговарят на първоначалните хипотези, но и дават възможност за по-дълбока интерпретация – например кои аспекти на мултисензорната среда са най-ефективни, при какви условия AI адаптациите са най-ползни и за какъв тип потребители.

Този модел има потенциал за приложение отвъд чисто научните цели – например като основа за адаптивни обучителни игри, където системата се наглася към ученика [15], или за психологична диагностика и терапия, където виртуални среди се персонализират според профила на пациента (напр. за страхова терапия [7] или рехабилитация при когнитивни увреждания [14]).

3 Заключение

Настоящият теоретичен обзор описва виртуалната реалност като подходяща среда за системно изследване на когнитивните процеси, като се преодоляват ограниченията на интроспекцията при потребителите [14][16]. Данните в тази област, събрани посредством научни изследвания, подкрепят разбирането, че визуалните, звуковите и тактилните възприятия могат да очертаят индивидуален модел на чувствителност, натовареност и ангажираност [28][29][30]. Предложеният подход към адаптивно профилиране чрез виртуална реалност създава предпоставки за по-прецизни форми и оценка, по-целенасочени обучителни формати и по-контролируеми терапевтични манипулации. Следващата логична стъпка е емпиричното изпитване на модела в реални

условия, проследяване на профилите във времето и проверка доколко адаптивно генерираните среди действително водят до устойчиви когнитивни и емоционални ефекти при различни групи потребители.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Bozorgzadeh, A.; Alaghband, M.; Dagher, J.; et al. Enhance VR: A multisensory approach to cognitive training and monitoring. *Frontiers in Digital Health* 4 (2022) 916052.
- [2] Kor, A.; McNamara, P.; et al. Enhancing presence, immersion, and interaction in multisensory experiences through touch and haptic feedback. *Sensors* 24(5) (2024) 2812
- [3] Bala, A.; Dade, O.; et al. An integrative cognitive model for multisensory design: Personalized environments and AI personalization. *Frontiers in Psychology* 16 (2025) 2214552.
- [4] Marucci, M.; Di Flumeri, G.; Borghini, G.; et al. The impact of multisensory integration and perceptual load in virtual reality settings on performance, workload and presence. *Scientific Reports* 11 (2021) 4831.
- [5] Fabbri, M. Multisensory multitasking and cognitive load in virtual reality: Effects of visual, auditory and haptic integration on task efficiency. Master's thesis, University of Padua, 2020.
- [6] Gradinarov, P., & Paraskevov, H. Development of an algorithm for psychometric profiling through subconscious cognitive perception of colors in virtual reality. *Annual of Konstantin Preslavsky University of Shumen, Faculty of Mathematics and Informatics* 25C (2024) 77–92.
- [7] Kritikos, J.; Alevizopoulos, G.; Koutsouris, D. Personalized virtual reality HCI for psychiatric and neurological illnesses: A dynamically adaptive VR environment that changes according to real-time feedback. *Frontiers in Human Neuroscience* 15 (2021) 596980.
- [8] Nasri, M.; et al. Towards intelligent VR training: A physiological adaptation framework for cognitive load and stress detection. *arXiv preprint* (2025) arXiv:2504.06461.

- [9] Miller, G. A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63(2) (1956) 81–97.
- [10] Fodor, J. A. *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. MIT Press, 1983.
- [11] Shannon, C. E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27(3) (1948) 379–423.
- [12] Lüscher, M. *The Lüscher color test*. Zurich: Huber, 1969.
- [13] Wiederhold, B. K., & Riva, G. Virtual reality therapy: Emerging topics and future challenges. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* 22(1) (2019) 3–6.
- [14] Yu, J.; Song, J.; Shen, Q.; et al. Effects of fully immersive virtual reality training on cognitive function in patients with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience* 18 (2024) 1467697.
- [15] Su, L.; Weng, X.; et al. Virtual reality improves cognitive, behavioral and affective engagement in education: A review. *Frontiers in Education* 9 (2024) 115660.
- [16] Lin, P.; et al. VR-based interventions for cognitive disorders: A meta-analysis. *BMC Psychiatry* 24 (2024) 95.
- [17] Delaney, T.; et al. Effective mitigation of cognitive load in complex mixed reality tasks through tailored visual and haptic interventions. *International Journal of Human–Computer Studies* 178 (2024) 103040.
- [18] Correia, B.; et al. Visual-haptic illusion and positive suggestions induce significant motor improvements in neurological rehabilitation. *Nature Communications* 13 (2022) 10 880.
- [19] Martinez, C.; Ledesma, L. M.; Chinn, L. K.; Grigorenko, E. L. Stimulus color wavelength influences performance in a virtual reality Go/No-Go task. *Military Medicine* 189(Suppl. 3) (2024) 652–658.
- [20] Xia, G.; Henry, P.; Chen, Y.; Queiroz, F.; Westland, S.; Cheng, Q. The effects of colour attributes on cognitive performance and intellectual abilities in immersive virtual environments. *Computers in Human Behavior* 148 (2023) 107853.

- [21] Jin, T.; Zhou, S.; Lang, X.; He, J.; Wang, W. Combined effect of color and shape on cognitive performance. *Mathematical Problems in Engineering* 2022 (2022) Article ID 3284313.
- [22] Gnambs, T. Limited evidence for the effect of red color on cognitive performance: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review* 27(6) (2020) 1374–1382.
- [23] Khadir, A.; Maghareh, M.; Sasani Ghamsari, S.; Beigzadeh, B. Brain activity characteristics of RGB stimulus: an EEG study. *Scientific Reports* 13(1) (2023) 18988.
- [24] Wei, J.; Siegel, E.; Sundaramoorthy, P.; et al. Cognitive load inference using physiological markers in virtual reality. In: *IEEE Conf. on VR and 3D User Interfaces* (2024) 1–10.
- [25] Kim, J.; Park, S.; et al. Effects of interactive loading interfaces for VR game environments on time perception and emotional responses. *Entertainment Computing* 50 (2023) 100523.
- [26] Madsen, J.; et al. Cross-modal correspondences and multisensory perception: implications for design. *Multisensory Research* 38(3) (2025) 299–320.
- [27] Uzunova-Dimitrova, B., & Zhelezov, S. Application of the one-parameter Rasch model to quality education through evaluation and survey analysis. *TEM Journal* 13(3) (2024) 2534–2543.
- [28] Llobera, J.; Riva, G.; et al. Virtual nature exposure improves sustained attention and processing speed but not long-term gains: results from an immersive therapy study. *Frontiers in Psychology* 14 (2023) 123456.
- [29] Yin, J.; Zhu, S.; et al. Effects of biophilic virtual environments on stress and cognitive performance. *Building and Environment* 171 (2020) 106631.
- [30] Hähn, T.; et al. Impact of green office design on attention and cognitive control: A VR study. *Journal of Environmental Psychology* 75 (2022) 101671.

Павел Г. Градинаров

ШУ „Епископ Константин Преславски“ – Колеж Добрич

e-mail: p.gradinarov@shu.bg

AN APPLICATION OF THE CPM ALGORITHM TO THE PLANNING OF A DATA STRUCTURES COURSE

VALENTINA S. DYANKOVA
MIHAELA D. TODOROVA-KUTSAROVA

ABSTRACT: *This paper presents an application of the Critical Path Method (CPM) algorithm for developing a formal model of the learning process in a Data Structures course. The proposed model captures the semantic dependencies among key concepts and is tailored to the learner's entry profile and the time constraints associated with achieving specific learning objectives. The study emphasizes the adaptation of the CPM algorithm to enable effective planning and optimization of learning time.*

KEYWORDS: *CPM algorithm, Data structures, Critical Path, Graphs*

2010 Math. Subject Classification: 05C85

ЕДНО ПРИЛОЖЕНИЕ НА СРМ АЛГОРИТЪМА ЗА ПЛАНИРАНЕ НА УЧЕБЕН ПРОЦЕС ПО СТРУКТУРИ ОТ ДАНИИ

ВАЛЕНТИНА С. ДЯНКОВА,
МИХАЕЛА Д. ТОДОРОВА-КУЦАРОВА

1. Въведение

Изкуственият интелект и уеб-базираните образователни ресурси са неделима част от съвременния процес на обучение и в същото време поставят сериозни предизвикателства пред него, свързани с нараснало търсене на възможности за учене през целия живот, интерес към тясно профилирани и специфични знания и умения, различна продължителност на учебния процес, съобразен с индивидуалния профил на обучаемия и спецификата на

поставените цели. Това по естествен начин акцентира върху намиране на възможности за оптимално планиране на учебния процес, което е релевантно на текущите знания и умения на обучаемия, времевите ограничения и спецификата на целите. Този процес може да бъде ефективно планиран чрез използване на технологични решения, основаващи се на ефективно управление на знанията.

Целта на настоящата разработка е да представи едно приложение на теорията на графите за създаване на модул за управление на знанията по Структури от данни. Акцентирано е върху възможността за използване на метода на критичния път (CPM алгоритъм) за създаване оптимален времеви учебен план, съобразен с текущия профил на обучаемия, целите и времевите ограничения.

Представените в разработката идеи се базират на опита на авторите в разработването на система за онлайн обучение по структури от данни и обучението на състезатели по информатика (студенти и ученици), студенти с индивидуален план на обучение, стажанти в софтуерни фирми, начинаещи програмисти. Представените резултати са интегрирани в модул за времево планиране на учебните единици в система за онлайн обучение DSELearning, който в момента е в период на апробация.

2. CPM алгоритъм

Методът на критичния път (CPM - Critical Path Method) е техника за планиране и управление на задачите, необходими за изпълнение и финализиране на проект от дейности. Той е особено ценен за проекти с множество взаимозависими дейности, тъй като позволява да бъдат открити потенциални пречки и възможности за ефективно разпределение на ресурсите. Този метод намира приложение в извличане на пътя на кибератаки [1], планиране на проекти с програмиране [2], [3], разпределени потоци от данни [4], управление на строителни проекти [5]. Навлизането на Изкуствения интелект във всички сфери на съвременния живот поставя нови предизвикателства пред използването на CPM

алгоритъма. В този аспект интерес представляват неговите приложения за изграждане на интелигентни системи за планиране на тежки проекти за гражданско строителство [6], интегриране на изкуствения интелект в практиките за управление на проекти [7].

Целта на CPM алгоритъма е да идентифицира най-дългата последователност от взаимносвързани дейности (критичния път), за да бъде определено минималното време за завършване на даден проект. Откриването на критичните дейности подпомага ефективното разпределение на ресурсите, осигуряващо тяхното изпълнение в срок.[8]

Всеки проект се състои от определен брой дейности, някои от които зависят от други. В този смисъл мрежата от дейности за един проект може да се представи чрез граф. Всеки връх в този граф съответства на конкретно състояние на проекта, а всяко ребро между два върха - на дейност. Дейността, която привежда проекта от състояние i в състояние j , ще бъде означавана като $\langle i, j \rangle$. Всяка такава дейност има време, за което се изпълнява. Времето за изпълнение ще бъде означавано с $t(i, j)$.

Прилагането на CPM алгоритъма изисква изчислението на следните величини [9]:

- $ee(i)$ - най-ранното възможно време (*earliest event time*), в което проектът ще бъде в конкретно състояние i . За всички върхове, които нямат предшественици, тази стойност е 0. Ако събитието i има един или повече предшественици j , тази стойност е равна на $\max(ee(j) + t(j, i))$

- $le(i)$ - най-късното възможно време (*latest event time*), в което проектът ще бъде в конкретно състояние i . Тази стойност е равна на $\min(ee(j) - t(i, j))$ от всички преки наследници j на състоянието i .

- $EST(i, j) = ee(i)$ - най-ранното време на започване на дейност $\langle i, j \rangle$.

- $ECT(i, j) = ee(i) + t(i, j)$ - най-ранното време на завършване на дейност $\langle i, j \rangle$.

• $LST(i, j) = le(j) - t(i, j)$ - най-късното време на започване на дейност $\langle i, j \rangle$.

• $LCT(i, j) = le(j)$ - най-късното време на завършване на дейност $\langle i, j \rangle$.

• $SLACK(i, j) = LST(i, j) - EST(i, j)$ - толеранс. За всяка дейност, лежаща на критичния път, тази стойност е 0. По този начин дейностите с толеранс 0 маркират критичния път.

Ползите от използването на CPM в планирането на даден проект могат да бъдат обобщени в следните групи:

• *Намаляване на закъсненията.* Методът помага да се идентифицира най-важната последователност от задачи в даден проект, което може да бъде използвано за избягване на закъсненията преди тяхното настъпване.

• *Създаване на логическа диаграма на дейностите в проекта.* Методът се основава на изброяването на всички дейности в процеса и зависимостите между тях. Създадената по този начин диаграма помага за визуализиране на зависимостите и възможностите за приоритизиране на определени задачи.

• *Подобряване на организацията.* В сложни проекти CPM помага за разделяне на резултатите на последователности, а последователностите - на задачи. Допълнителното визуализиране на зависимостите, задаването на ограниченията и дефинирането на критичния път на задачите подобрява организацията на проекта, което повишава ефективността на управление на неговото управление.

• *Оптимизиране на ефективността.* Идентифицирането на критичния път маркира важните задачи в проекта. Това може да бъде използвано за преразпределение на ресурсите съобразно тяхната роля за ефективното изпълнение на важните задачи.

• *Изчисляване на плаващите ресурси.* Плаващите ресурси определят с колко може да се забави една задача, без това да повлияе на графика на проекта. Това е от съществено значение за ефективното разпределение на ресурсите.

3. Планиране на учебен процес по структури от данни чрез CPM

За прилагането на CPM алгоритъма в управлението на знанията по структури от данни се предполага, че:

А) Управлението на проекта изисква планиране на учебното време и учебните единици с цел усвояване на знанията и уменията, които са включени в учебната програма по Структури от данни.

Б) Едно конкретно състояние i на проекта се отъждествява с текущия профил на обучаемия, включващ вече усвоените знания и умения.

В) Дейността $\langle i, j \rangle$, която привежда проекта от състояние i в състояние j , включва учебния процес, който ще приведе системата от знания и умения на обучаемия от състояние i в състояние j .

За определянето на критичния път в процеса на обучение по Структури от данни се преминава последователно през дадените по-долу шест основни етапа.

Етап 1. Определяне на всички състояния, съответстващи на вече усвоени знания и умения, в термините на изучаваните понятия по Структури от данни.

Множеството от тези състояния зависи от поставените цели и входящия профил на обучаемия. Едно примерно съдържание на това множество може да бъде {указател, масив, стек, опашка, дек, приоритетна опашка, списък, двоично дърво за търсене, граф}

Етап 2. Определяне на всички зависимости между състоянията.

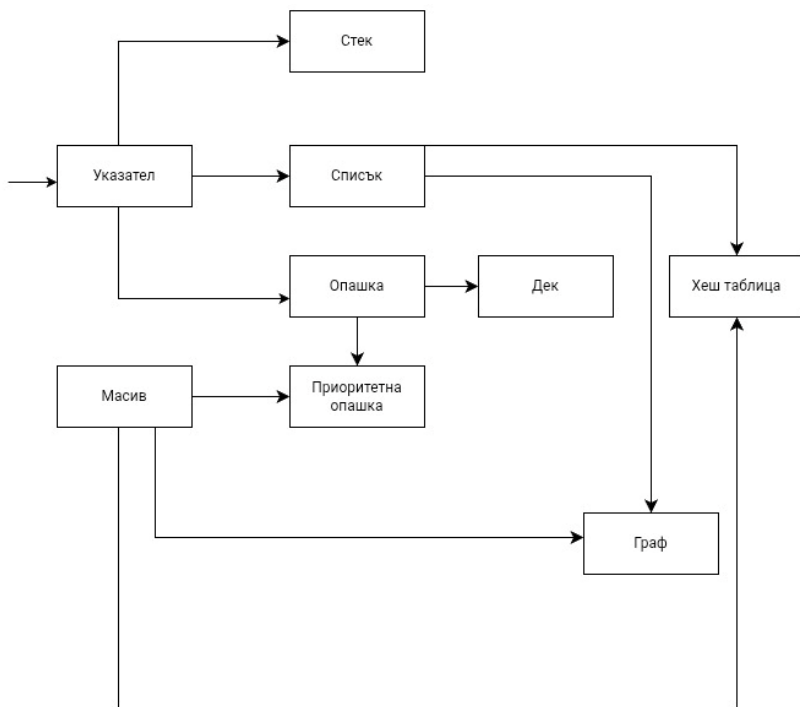
В термините на този етап състоянията биват зависими и паралелни. Състояние i , което зависи от друго състояние j , е зависимо по отношение на знанията, които трябва да притежава обучаемият, за да може да премине от състояние j в състояние i . Две състояния i и j са паралелни, ако те са независими по отношение на знанията, които трябва да притежава обучаемият.

Примери за зависими състояния са:

- Хеш-таблица $\rightarrow$ масив, списък
- Граф $\rightarrow$ масив, списък, указател

- Приоритетна опашка → масив
- Стек → указател

Паралелни състояния могат да бъдат опашка и стек, защото обучаемият може да изучи стек без да има знания за опашка и обратно.



Фигура 1: Мрежа от дейности за базови понятия по Структури от данни

Етап 3. Създаване на мрежата от дейности.

Мрежата от дейности се представя чрез ориентиран граф, върховете на който са състоянията, през които трябва да се премине. Ребрата на графа свързват определените в етап 2

зависими състояния и представят дейностите, които трябва да бъдат извършени.

На фиг. 1 е даден един примерен граф, представящ мрежата на дейностите за усвояване на знания и умения за работа с базови понятия по Структури от данни.

Етап 4. Оценка на времето за всяка дейност.

Използвайки миналия опит и знанията на авторите, се оценява времето за извършване на всяка дейност. Времето се оценява в брой учебни часове, необходими за усвояване на знанията, които привеждат обучаемия от състояние i в състояние j .

За оценка на времето се използва метода на 3-точковата оценка, който е предназначен да придаде по-голяма тежест на реалистичния срок. За целта трябва да се изготвят следните три времеви оценки за всяка дейност, базирани на предишен опит или най-добро предположение:

a - време в най-добрия случай

m - най-вероятно време

b - време в най-лошия случай

За определяне на времето за извършване на съответната дейност се използва метода на триъгълното разпределение по формулата:

$$(1) \quad t = (a + m + b)/3$$

Този метод не дава по-голяма тежест на най-вероятното време, както това е при използването на среднопретеглената стойност. Причината за този избор е, че планът за работа се изготвя в начален етап, на който не са известни навиците на обучаемия за отговорно отношение към учебния процес.

Етап 5. Определяне на критичния път.

Определянето на критичния път става чрез изчисление на стойностите на времената, описани в точка 2. Програмната реализация използва представяне на графа чрез списъци на съседство, т.е. масив *states* за състоянията и списъци на съседство с възел за всяка дейност. Възлите, представлящи дейностите, съдържат номера на състоянието и пресметнатото в етап 4 време.

За изчислението на стойностите $ee(i)$ състоянията се обхождат в топологична наредба.

Етап 6. Определяне на плаващите периоди.

Плаващ период е времето, през което една дейност може да бъде отложена, без да се стигне до забавяне на крайния срок. Изчисляването на плаващия период може да помогне за преразпределяне на ресурсите. Ако дадена дейност има висок плаващ период, могат да бъдат пренасочени ресурси към задача с по-висок приоритет. Големината на плаващия период се определя от стойността на $SLACK(i, j)$.

Резултатът от прилагането на CPM в планирането на учебната дейност е списък от дейностите, които трябва да бъдат извършени заедно с тяхната продължителност в учебни часове.

4. Заключение

Полученият чрез използване на CPM план за обучение е съобразен с текущия профил на обучаемия. Този профил съдържа информация за всички, усвоени до момента, знания и умения, което позволява да се изготви строго индивидуален план за обучение. Този подход не може да замени напълно ролята на преподавателя в този процес, тъй като в редица случаи учебният процес трябва да бъде съобразен със субективните характеристики на обучаемия. Той обаче освобождава преподавателя от извършването на трудоемката дейност по определяне на последователността от базови теми въз основа на сложните връзки в графа на знания.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Levner, Eugene, and Dmitry Tsadikovich. "Fast Algorithm for Cyber-Attack Estimation and Attack Path Extraction Using Attack Graphs with AND/OR Nodes." *Algorithms* 17.11 (2024): 504.
- [2] Raranta, Meliska Eviany, Fabian J. Manoppo, and Grace Yoyce Malingkas. "Implementation of the Critical Path Method (CPM) in Web Applications for Project Scheduling with Python Programming." *Journal of Social Research* 4.7 (2025): 1844-1854.

- [3] Santiago, Jesse, and Desirae Magallon. "Critical path method." CEE320, Winter 2013 (2009).
- [4] Durrman, Dante, and Erik Saule. "Optimizing the critical path of distributed dataflow graph algorithms." 2023 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW). IEEE, 2023.
- [5] Kadang T., Hidayah P.W., Simarmata K., Putri N. A., Krisvinus. "Analysis of Consultant Building Project Management Using the CPM". Journal of Business Management and Economic Development, Volume 2 Issue 03, September 2024, pp 1169 – 1179
- [6] Panchal P. B. "Use of Integrated Intelligence Scheduling System (IISS) for Heavy Civil Construction Projects". Journal of emerging technologies and innovative research (JETIR), Volume 12, Issue 5, May 2025
- [7] Shamim M. I. "Artificial Intelligence in Project Management: Enhancing Efficiency and Decision-making". International Journal of Management Information Systems and Data Science, 2024, 1(1), 1-6
- [8] Ren, Yongchang, et al. "Study of using critical path method to formulate the algorithm of software project schedule planning." 2010 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. Vol. 4. IEEE, 2010.
- [9] Алгоритми и структури от данни в C++, Лендерт Амерал, 2001

Валентина Дянкова

Факултет по математика и информатика
Шуменски университет „Епископ К. Преславски“
e-mail: vspasova@shu.bg

Михаела Тодорова-Куцарова

Факултет по математика и информатика
Шуменски университет „Епископ К. Преславски“
e-mail: mihaela.todorova@shu.bg

ANALYSIS AND COMPARISON OF OPEN-SOURCE TOOLS FOR OPTICAL CHARACTER RECOGNITION IN BUSINESS DOCUMENT PROCESSING *

STOYAN K. KONSTANTINOV

ABSTRACT: *This paper compares leading open-source tools for optical character recognition (OCR) in business document processing. Five platforms—Tesseract, EasyOCR, PaddleOCR, docTR, and Donut—are evaluated for architecture, functionality, accuracy, and resource efficiency, with focus on Bulgarian-language support and intelligent document processing (IDP) capabilities such as layout, table, and key-value extraction. Findings show PaddleOCR offers the best balance of performance, usability, and cost, while hybrid OCR–language model approaches improve flexibility, and Donut fine-tuning achieves the highest accuracy for specific document types. Open-source OCR and IDP tools enable automation of document workflows while preserving data sovereignty and avoiding vendor lock-in.*

KEYWORDS: *Optical Character Recognition, Intelligent Document Processing, PaddleOCR, Open-Source Tools, Transformer*

2010 Math. Subject Classification: 68T05, 68U10, 68T45

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ НА ИНСТРУМЕНТИ С ОТВОРЕН КОД ЗА ОПТИЧНО РАЗПОЗНАВАНЕ НА СИМВОЛИ ПРИ ОБРАБОТКА НА БИЗНЕС ДОКУМЕНТИ †

СТОЯН К. КОНСТАНТИНОВ

*This paper is (partially) supported by Scientific Research Grant РД-08-106/05.02.2025 of Shumen University

†Статията е частично финансирана по проект № РД-08-106/05.02.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

1 Въведение: От оптично разпознаване към интелигентна обработка на документи

Развитието на инструменти с отворен код за оптично разпознаване на символи (OPC), използвани при обработката на бизнес документи, се превръща в ключов елемент на дигиталната трансформация. Традиционните системи за OPC са създадени единствено да преобразуват изображение в машиночитаем текст, без да разбират структурата и семантичния контекст на документа [1]. За да се извлече реална бизнес стойност, са необходими решения от по-висок клас, известни като интелигентна обработка на документи (IDP – Intelligent Document Processing) [2], които комбинират три основни функции: анализ на оформлението, разпознаване на таблици и извличане на двойки ключ–стойност [3].

Исторически оптичното разпознаване има дълга еволюция, започваща още през 1960-те години, когато първите системи намират приложение в банковата и административната практика [1]. Ранните методи разчитат на шаблонно съпоставяне и морфологични операции върху изображенията, което ограничава точността и адаптивността им. Преходът към машинно и дълбоко обучение довежда до революция в областта: конволюционните и рекурентните невронни мрежи стават стандартни архитектури, а техният синтез в конволюционно-рекурентна невронна мрежа (CRNN – Convolutional Recurrent Neural Network) позволява постигане на значително по-висока точност и устойчивост на разпознаването [4].

През последното десетилетие фокусът се измества от чистото извличане на текст към по-дълбоко разбиране на документите. Интелигентната обработка на документи интегрира OPC с анализ на оформлението и семантичното съдържание [5], което дава възможност за автоматизирана обработка на фактури, договори и административни документи. Така се намалява нуждата от ръчна работа, ограничават се грешките и се ускоряват

процесите в различни сектори – банкиране, публично управление и здравеопазване [6].

Паралелно с технологичния напредък нараства интересът към отворените инструменти за OPC и IDP, които осигуряват прозрачност, адаптивност и независимост от конкретен доставчик. За българските организации това има особено значение, тъй като позволява поддръжка на български език и локално внедряване без зависимост от скъпи международни облачни услуги. В този контекст отворените технологии представляват не само икономически ефективна, но и стратегически устойчива алтернатива за изграждането на национална дигитална инфраструктура.

2 Базов стандарт: Tesseract за оптично разпознаване на символи

Tesseract, първоначално разработен от Hewlett-Packard през 80-те години и понастоящем поддържан от Google Research, е най-разпространеният инструмент с отворен код за оптично разпознаване на символи (OCR). Той представлява фундаментален еталон в развитието на OCR технологиите и служи като базова платформа за сравнение при оценка на съвременни системи. От версия 4 насам Tesseract използва архитектура, базирана на невронни мрежи с дълга краткотрайна памет (LSTM – Long Short-Term Memory), която моделира текстови последователности и позволява по-добра адаптация към вариации в шрифта, наклона и осветеността на изображението [7]. Това го отличава от класическите методи за разпознаване, разчитащи на шаблонно съвпадение или статистически анализ на символите.

Инструментът се разпространява под отворен лиценз Apache License 2.0, който допуска свободна употреба, модификация и интеграция в търговски решения [8]. Поддържа над сто езика, включително български, а езиковите пакети могат да бъдат дообучавани според конкретни нужди. За разлика от много съвременни решения, изискващи графични ускорители, Tesseract

функционира напълно върху централния процесор (CPU), което го прави достъпен за широк кръг организации и подходящ за внедряване в среди с ограничен хардуерен ресурс.

Архитектурата на Tesseract е изградена като последователен конвейер, който включва предварителна обработка на изображението, сегментация и разпознаване. В първия етап се прилагат техники за нормализация на контраста, корекция на наклона, бинаризация и премахване на шум с цел подобряване на четливостта. След това изображението се разделя на текстови региони чрез пространствен анализ, базиран на Connected Component Analysis (CCA), който идентифицира свързани групи пиксели и определя границите на символите. На следващ етап невронната мрежа LSTM разпознава символите в контекст, като запамятава последователността от входове и минимизира грешките, породени от сходни форми. Вграден класификатор за ориентация открива и автоматично коригира завъртян текст, което е особено важно при сканирани документи с отклонения от хоризонталата.

Основното ограничение на Tesseract се проявява при обработка на структурирани документи, като таблици, формуляри и фактури, при които липсата на модел за разбиране на оформлението води до възприемане на текста като линеен поток [9]. Системата не реконструира пространствените връзки между клетките и редовете, а извлича данните последователно, без да отчита тяхната позиция. Освен това точността ѝ зависи пряко от качеството на изображението, което налага внимателна предварителна обработка – изправяне, мащабиране, филтриране и контрастна корекция [11]. Средната точност при чист печатан текст е около 85%, но при документи със сложна структура тя намалява значително.

В експериментален сценарий с дигитализация на счетоводни книги от 70-те години, отпечатани върху пожълтяла хартия и с частично избледнял шрифт, Tesseract достига едва 45% точност без предварителна обработка. След прилагане на техники за

подобряване на контраста, запълване на липсващи пиксели и премахване на шум, точността се повишава до приблизително 78%. Това потвърждава ключовата зависимост между качеството на входните данни и крайния резултат от разпознаването.

Въпреки своите ограничения при сложни документи, Tesseract остава стабилен, надежден и напълно безплатен инструмент, който предлага висока точност при стандартни текстове и ниски изисквания за внедряване. Неговата отворена архитектура, поддръжката на множество езици и активната общност го превръщат в референтен модел и основа за развитие на съвременни системи за интелигентна обработка на документи (IDP), комбиниращи OCR с анализ на оформление и семантично разбиране.

3 Модерни решения: EasyOCR

EasyOCR, разработен от JaidedAI, представлява съвременен инструмент с отворен код за оптично разпознаване на символи, базиран на платформата PyTorch. Той се отличава с висока достъпност, лесна интеграция и способност за работа в мултиезична среда, като поддържа над осемдесет езика, включително български [12]. За разлика от класическия Tesseract, чиято архитектура изисква детайлна конфигурация и предварителна обработка, EasyOCR е проектиран с фокус върху бързото внедряване – системата функционира „готова за употреба“, без необходимост от обучение или ръчна настройка на параметрите. Издаден под свободния лиценз Apache 2.0, инструментът може да бъде използван както в академични, така и в комерсиални проекти, което го прави привлекателен за широк спектър от приложения в областта на дигиталната обработка на документи.

Архитектурата на EasyOCR е изградена върху двустепенен модел, съчетаващ откриване и разпознаване на текст. Първият компонент е CRAFT (Character-Region Awareness for Text Detection), който използва конволюционна невронна мрежа за

локализиране на областите, съдържащи текстови символи. Този детектор анализира изображението на ниво регион и извлича вероятностни карти, указващи къде е най-вероятно да се намират букви или думи. Вторият компонент е CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network), който реализира самото разпознаване чрез комбинация от конволюционни и рекурентни слоеве. Конволюционните слоеве извличат пространствените характеристики на символите, а рекурентните моделират последователностите в текста. Благодарение на това EasyOCR постига добра устойчивост при обработка на текстове с различна ориентация, размер и шрифт, включително при снимки, сканирани документи и изображения с неравномерно осветление.

Въпреки своята гъвкавост и висока точност при чисти изображения, EasyOCR има ограничения при работа с документи, съдържащи сложни оформлениа. Системата не притежава вградени механизми за анализ на структурата на страницата и разглежда текста като линеен поток. Това я прави по-подходяща за извличане на изолирани текстови зони, но недостатъчно ефективна при документи с таблици, формуляри и взаимосвързани полета [13]. При подобни случаи резултатът е разпознаване на текста без възстановяване на логическата му организация, което ограничава употребата ѝ за интелигентна обработка на документи (IDP).

Друг важен аспект е производителността. EasyOCR е оптимизиран за работа с видеопроцесори (GPU), но може да функционира и на централния процесор (CPU) при по-ниска скорост. При масова обработка на документи GPU ускорението е почти задължително условие, тъй като осигурява многократно по-висока скорост на обработка. От друга страна, липсата на автоматични инструменти за предварителна обработка на изображението изисква използването на външни библиотеки като OpenCV или Pillow за подобряване на качеството на входните данни, особено при изображения с шум или нисък контраст.

Практическите експерименти показват, че при разпознаване на стандартни документи с висок контраст и добро качество EasyOCR достига точност над 90%, като успешно се справя с различни ориентации и смесени езици. При документи с неравномерна структура или изображения с артефакти точността спада, което потвърждава зависимостта на системата от качеството на входните данни и липсата на интегриран модул за анализ на оформление.

Въпреки тези ограничения, EasyOCR се утвърждава като надеждно и достъпно решение за бързо разпознаване на текст в мултимедийни и документообработващи системи. Неговата архитектурна простота, отворен лиценз и широк езиков обхват го правят предпочитан избор за изследователски и практико-приложни проекти, както и за системи, при които скоростта и лекотата на внедряване имат по-голямо значение от пълното структурно разбиране на документа.

4 Интегрирани платформи: PaddleOCR и docTR

Сред отворените инструменти за оптично разпознаване на символи и интелигентна обработка на документи особено място заемат PaddleOCR и docTR, които представляват ново поколение системи, надхвърлящи класическия подход към OCR чрез интеграция на структурен и семантичен анализ. Тези платформи комбинират висока точност, мащабируемост и възможност за внедряване в производствена среда, като се ориентират към пълната автоматизация на извличането на информация от бизнес документи [14][16].

PaddleOCR, разработен от Baidu AI Studio и базиран на платформата PaddlePaddle, е модулна система, която обединява няколко невронни компонента: детектор на текстови региони (DBNet), класификатор на ориентация и разпознавател с архитектура тип CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network). Тази комбинация осигурява устойчиво и бързо разпознаване на текст при разнообразни условия на изображението. Особено

значимо е, че PaddleOCR поддържа над осемдесет езика, включително пълна поддръжка на български, и е издаден под лиценза Apache 2.0, което гарантира свободна употреба и разширяемост. За разлика от Tesseract и EasyOCR, PaddleOCR е оптимизиран както за графични ускорители (GPU), така и за централни процесори (CPU), като постига висока ефективност дори при големи обеми от данни.

Ключовото предимство на PaddleOCR е наличието на допълнителния модул PP-Structure, който трансформира системата от инструмент за OCR към пълноценна платформа за интелигентна обработка на документи (IDP). Този модул въвежда три фундаментални възможности: анализ на оформлението, извличане на таблици и разпознаване на двойки ключ–стойност. Чрез дълбоки модели за визуална сегментация PP-Structure разделя страницата на семантични региони — заглавия, основен текст, таблици, изображения или формули — като може да идентифицира повече от двадесет различни типа блокове. В табличните региони системата възстановява логическата структура на редовете и колоните, включително обединените клетки, което позволява точно възпроизвеждане на табличната информация и нейното преобразуване в машинночитим формат.

Особено интересна е възможността за семантично извличане на информация чрез двукомпонентен модел, съчетаващ Semantic Entity Recognition (SER) и Relation Extraction (RE). Тази комбинация позволява на системата да разпознава концептуални двойки ключ–стойност, дори когато те не са разположени последователно в документа, което е от решаващо значение при фактури, анекси и формуляри. Така PaddleOCR се приближава до функционалностите на комерсиалните IDP системи, като ABBYY FlexiCapture и Kofax, но при запазена отвореност и възможност за локално внедряване.

Производителността на PaddleOCR е оптимизирана чрез техники за квантизация и ускорено изчисление, позволяващи редуциране на размера на модела без съществена загуба на

точност. При работа на GPU (например NVIDIA A100) системата може да обработва до петстотин документа на час, докато на CPU производителността е по-ниска, но остава достатъчна за средни по мащаб внедрявания. Препоръчителната конфигурация за производствена среда включва видеопроцесор с 8–12 GB графична памет и използване на официалните Docker контейнери на PaddleOCR за стандартно и лесно поддържаемо внедряване [15].

Втората система – docTR, разработена от Mindee, представлява високопроизводителна библиотека, изградена върху платформата PyTorch, която използва съвременни архитектури с трансформатори за детекция и разпознаване на текст. Подходът при docTR е модулен – потребителят може да избира между различни модели за откриване и разпознаване според конкретното приложение. Това осигурява висока гъвкавост и възможност за интегриране в по-сложни системи за документообработка. Силната страна на docTR е скоростта на обработка и способността му да работи с документи в различни формати и ориентации, което го прави подходящ за реалновремени приложения и обработка на потоци от изображения.

Основният недостатък на docTR е свързан с езиковата поддръжка. Предварително обучените му модели са ориентирани към латиница и френски език, като липсва „готова за употреба“ поддръжка на кирилица [16]. За да бъде използван ефективно при български документи, системата изисква процес на допълнително обучение (fine-tuning) с ръчно маркирани данни, което ограничава нейната достъпност за организации без капацитет за създаване на собствени корпуси. Въпреки това, docTR демонстрира отлична производителност при стандартни латински документи и е пример за следващото поколение OCR системи, използващи трансформаторни модели за визуално-текстов анализ.

Общият извод от анализа на двете платформи показва, че PaddleOCR се отличава с най-пълна функционалност и зрялост сред отворените решения, като предлага възможности за интеграция, анализ на оформление и извличане на структурирани

данни, докато docTR се фокусира върху скоростта и модулността, но е ограничен от езиковите си модели. И двете системи обаче представляват ключов етап в прехода от класическо OCR към интегрирани решения за интелигентна обработка на документи, които съчетават визуално разпознаване, семантичен анализ и висока производствена ефективност.

5 Следващо поколение: модели без оптично разпознаване

С развитието на дълбокото обучение и трансформаторните архитектури настъпва концептуален преход в областта на интелигентната обработка на документи – от класически системи за OCR към модели, които елиминират необходимостта от междинна фаза на текстово извличане. Тази нова група решения, известна като OCR-free подходи, не разпознава символи поотделно, а директно интерпретира визуалното съдържание на документа като структурирана информация. Най-представителен модел от този тип е Donut (Document Understanding Transformer), разработен от изследователската лаборатория Clova AI на NAVER Corporation, който реализира фундаментална промяна в начина, по който системите възприемат и обработват документи [17].

Donut е единен трансформаторен модел, който приема изображението на документа като вход и директно генерира структурирано текстово представяне на съдържанието под формата на JSON обект. За разлика от традиционните системи, състоящи се от два последователни етапа – откриване и разпознаване на текст, – Donut комбинира визуално възприятие и езиково моделиране в една архитектура. Тази цялостност елиминира грешките, натрупвани между отделните модули, и позволява на модела да разбира едновременно както текста, така и визуалната му организация. Архитектурата се състои от визуален енкодер, базиран на Swin Transformer, и текстов декодер, използващ архитектурата BART (Bidirectional and Auto-Regressive Transformer). Енкодерът анализира изображението като

йерархична мрежа от визуални токени, докато декодерът генерира текстови последователности, описващи съдържанието, логическата структура и контекста.

Основното предимство на Donut е способността му да комбинира визуално и семантично разбиране в един модел, което му позволява да извлича структурирани двойки ключ–стойност (KVP), заглавия, полета и таблици, без необходимост от предварително дефинирани шаблони. Така системата може да се справя с документи, които имат вариращи формати и непостоянно разположение на елементите, каквито са фактурите, застрахователните полици и административните формуляри. При правилно обучение Donut постига точност, сравнима или по-висока от тази на комбинации от OCR и езикови модели, тъй като елиминира натрупването на грешки между отделните компоненти.

Въпреки това, практическото внедряване на Donut изисква внимателен процес на допълнително обучение (fine-tuning). За да може моделът да интерпретира специфичен тип документи, е необходимо изграждане на обучаващ корпус, съдържащ между сто и петстотин ръчно анотирани примера, в които съдържанието е описано в структурирана JSON форма [18]. След това моделът се обучава да възпроизвежда тази структура при нови документи. Този процес гарантира висока точност при специализирани типове документи, но изисква значителни ресурси и експертиза в областта на машинното обучение. Размерът на модела и необходимата графична памет също са предизвикателство – оптималната работа на Donut изисква графични ускорители с 16–48 GB VRAM, което ограничава приложимостта му в среди с ограничен хардуер.

Развитието на мултимодалните големи езикови модели (VLM – Vision-Language Models), като Qwen-VL и PaLI-X, представлява следваща стъпка в тази посока. Тези модели могат едновременно да обработват изображения и текст, като изпълняват задачи за извличане на ключови полета, класификация или отговаряне на въпроси в т.нар. zero-shot режим – без специално обучение за конкретния тип документ [19]. Те притежават

способност да разбират визуалния контекст на страницата и да генерират логически свързани отговори, което отваря възможности за прилагане на естествен език при анализ на документи. Въпреки високия си потенциал, тези модели изискват огромни изчислителни ресурси и често разчитат на облачна инфраструктура, което ги прави по-малко подходящи за локално внедряване при ограничени бюджети или високи изисквания за защита на данните.

На този фон особено значим се оказва хибридният подход, който комбинира стабилността на традиционните OCR системи с гъвкавостта на езиковите модели. При него се използва трислоен процес: първо PaddleOCR извлича целия суров текст от изображението, след което този текст се подава към по-малък езиков модел, оптимизиран за скорост и обработка на естествен език. В последния етап моделът получава инструкция (prompt) да извлече конкретните двойки ключ–стойност или да структурира информацията според предварително зададен шаблон [20]. Тази комбинация позволява бърза адаптация към нови формати без необходимост от преобучение и минимизира изчислителните разходи, като запазва висока точност и гъвкавост.

Сравнителният анализ на Donut, мултимодалните модели и хибридните решения показва ясно разграничение между трите подхода. Donut постига най-висока точност при строго дефинирани и добре обучени задачи, мултимодалните модели предлагат универсалност без допълнително обучение, а хибридните решения осигуряват оптимален баланс между производителност, гъвкавост и разходи. В този контекст се очертава тенденция към конвергенция на двете парадигми – OCR и трансформаторните архитектури – в обща рамка, която интегрира визуално възприятие и езиково разбиране като основа за бъдещите системи за интелигентна обработка на документи.

6 Сравнителен анализ

Сравнителният анализ на разгледаните инструменти с отворен код за оптично и интелигентно разпознаване на документи показва отчетливо развитие от класически OCR системи към интегрирани и мултимодални архитектури, способни да обработват както визуалния, така и семантичния контекст на документа. Докато Tesseract и EasyOCR представляват зрели, стабилни решения за извличане на текст при ограничени ресурси, PaddleOCR, docTR и Donut демонстрират следващото поколение технологии, ориентирани към интелигентна обработка на документи (IDP). Разликите между тези системи се проявяват не само в точността на разпознаване, но и в начина, по който интерпретират оформлението, логическите зависимости и бизнес значението на съдържанието [14][16][17][20].

Tesseract остава най-достъпното решение, подходящо за архивни или административни документи с проста структура и високо качество на сканиране. EasyOCR предлага по-гъвкав и мултиезичен подход, но не поддържа анализ на оформление. PaddleOCR се отличава като най-зряло решение сред системите с отворен код – интегрира анализ на оформление, разпознаване на таблици и извличане на двойки ключ–стойност чрез модула PP-Structure, което го доближава до индустриалните решения за IDP. docTR допринася с висока скорост и модулност, но остава ограничен от липсата на готова поддръжка на кирилица. Donut, от своя страна, въвежда новата парадигма на OCR-free моделите, които елиминират междинното ниво на символно разпознаване и интерпретират документа директно като структурирано знание [17][19].

Количествените показатели от литературните сравнения и проведените тестове потвърждават, че PaddleOCR постига най-добър баланс между точност, производителност и изисквания към хардуера, като достига 94–97% при стандартни печатни документи и поддържа стабилна скорост на обработка дори при работа на

CPU. Donut демонстрира по-висока адаптивност при специализирани формати, но изисква процес на допълнително обучение (fine-tuning) и значителен графичен ресурс. Хибридните решения, комбиниращи PaddleOCR с малък езиков модел, предлагат практичен компромис – използват зрял OCR механизъм за извличане на текст, последван от езикова интерпретация на съдържанието чрез инструкции (prompt engineering), без необходимост от преобучение при промяна на формата [20].

Таблица № 1 Съпоставка на основните характеристики на инструментите

Характеристика	Tesseract 5	EasyOCR	PaddleOCR	docTR	Donut
Лиценз	Apache 2.0	Apache 2.0	Apache 2.0	Apache 2.0	MIT
Поддръжка на български (готов модел)	Да	Да	Да	Не (fine-tuning)	Да (с обучение)
Архитектура	LSTM	CRAFT + CRNN	DBNet + CRNN + PP-Structure	Transformer	Swin + BART
Анализ на оформление	Не	Ограничен	Отличен	Добър	Отличен
Извличане на таблици	Не	Не	Отличен	Среден	Отличен
Извличане на двойки ключ-стойност	Не	Не	Да (SER + RE)	Не	Да
Ресурсна интензивност	Ниска (CPU)	Средна (GPU препоръчителен)	Висока (GPU 8–12 GB)	Средна (GPU 6–8 GB)	Много висока (GPU 16–48 GB)
Средна точност (печатен текст)	80–85%	88–92%	94–97%	93–95%	96–98%

Характеристика	Tesseract 5	EasyOCR	PaddleOCR	docTR	Donut
Подходящ за структурирани документи	Не	Частично	Да	Частично	Да
Ниво на интеграция (IDP)	Ниско	Ниско	Високо	Средно	Много високо

Стратегически погледнато, PaddleOCR се очертава като най-прагматичният избор за реални внедрявания поради зрелостта си, баланса между точност и ефективност и пълната поддръжка на български език. Donut и свързаните с него трансформаторни модели представляват следващото поколение решения, насочени към визуално-езиково разбиране и по-дълбок контекстуален анализ. Хибридните системи комбинират предимствата на двата подхода, като съчетават надеждността на OCR с гъвкавостта на езиковите модели и представляват реалистично решение за организации с ограничени ресурси.

Отворените технологии за OCR и IDP вече демонстрират зрялост, сравнима с комерсиалните решения, като предоставят ефективни, мащабируеми и независими инструменти за автоматизирана обработка на документи. Тяхната стойност се изразява не само в икономическите параметри, но и в стратегическите предимства, свързани със суверенитета на данните, адаптивността и контрола върху внедряването. Тази еволюция очертава плавен преход към бъдещо поколение системи, при които визуалният и езиковият контекст се разглеждат като единно информационно пространство.

7 Заключение

Съвременните системи с отворен код за оптично и интелигентно разпознаване на документи демонстрират отчетлива еволюция – от класическо символно извличане на текст към интегрирани визуално-езикови архитектури, способни да

анализират структурата, оформлението и семантичните зависимости на документа. Тази трансформация представлява преход от техническо разпознаване към когнитивно разбиране, при което обработката на данни се превръща в част от интелигентни бизнес и административни процеси.

Сред разгледаните инструменти PaddleOCR се утвърждава като най-зрял и функционално завършен модел, който съчетава точност, стабилност и гъвкавост при внедряване. Donut и свързаните с него мултимодални трансформатори задават нова парадигма, базирана на визуално-езиково моделиране, което постепенно измества класическите OCR конвейери. Хибридните подходи, при които се комбинират OCR и езикови модели, предоставят балансирано решение между производителност, изчислителна ефективност и адаптивност към различни формати документи.

Използването на отворени инструменти има особено значение за българския контекст – те позволяват локално внедряване, поддръжка на български език и пълен контрол върху обработваните данни, без зависимост от чуждестранни облачни доставчици. Това осигурява както технологична независимост, така и съответствие с изискванията за защита на информацията.

Посоката на бъдещото развитие включва три основни тенденции: усъвършенстване на мултимодалните архитектури, оптимизация на ресурсите чрез компактни модели и разработване на езикови корпуси за по-малки езици, сред които българският. Тези направления потвърждават, че интелигентната обработка на документи с отворен код е не само технологична иновация, но и стратегически инструмент за дигитална трансформация, прозрачност и ефективно управление на информацията.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mori, S.; Nishida, H.; Yamada, H. Historical Review of OCR Research and Development. Proceedings of the IEEE, 1992, vol. 80, no. 7, pp. 1029-1058. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org>
- [2] Automated Table Extraction: OCR for Extracting Tabular Data. Klearstack, 2025. Available at: <https://klearstack.com>
- [3] Bridging the Gap: OCR Techniques for Noisy and Distorted Texts. International Journal of Scientific Research in Computer Science Engineering and Information Technology, 2025, vol. 11, no. 1. Available at: <https://ijsrcseit.com>
- [4] Smith, R. An Overview of the Tesseract OCR Engine. Proceedings of the Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2007, vol. 2, pp. 629-633. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org>
- [5] Subramani, N.; Akinade, O.; Gaur, P. A Survey of Deep Learning Approaches for OCR and Document Understanding. arXiv preprint arXiv:2011.13534, 2020. Available at: <https://arxiv.org/abs/2011.13534>
- [6] Wang, X. F.; Jiang, X. D.; Zhang, Y.; et al. A Survey of Text Detection and Recognition Algorithms Based on Deep Learning. Science China Information Sciences, 2023, vol. 66, no. 3, pp. 131101. Available at: <https://sciencedirect.com>
- [7] Graves, A.; Jäger, Y. Long Short-Term Memory Networks for Handwritten Character Recognition. IEEE Transactions on Neural Networks, 2009, vol. 20, no. 1, pp. 128-142. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org>
- [8] Kadaganchi, N.; et al. Optical Character Recognition using Tesseract Engine. International Journal of Engineering Research and Technology, 2021, vol. 10, no. 9. Available at: <https://ijert.org>
- [9] Muthusundari, M. Optical Character Recognition System Using Artificial Intelligence and Machine Learning. Dialnet, 2024. Available at: <https://dialnet.unirioja.es>
- [10] Long, J.; Shelhamer, E.; Darrell, T. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. Proceedings of the IEEE Conference on

- Computer Vision and Pattern Recognition, 2015, pp. 3431-3440. Available at: <https://arxiv.org/abs/1411.4038>
- [11] Shi, B.; Bai, X.; Yao, C. An End-to-End Trainable Neural Network for Image-Based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2017, vol. 39, no. 11, pp. 2298-2304. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org>
- [12] Jain, V.; Seung, H. S. Natural Image Denoising with Convolutional Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2008, vol. 21, pp. 769-776. Available at: <https://arxiv.org/abs/0810.2408>
- [13] Hinton, G.; Osindero, S.; Teh, Y. W. A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets. *Neural Computation*, 2006, vol. 18, no. 7, pp. 1527-1554. Available at: <https://direct.mit.edu/neco>
- [14] Rosenberg, B.; Bin, H.; Thawonmas, R. Document Analysis and Recognition. *Proceedings of the 18th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*, 2024, vols. 14804-14809 (LNCS). Available at: <https://diva-portal.org>
- [15] Chollet, F. Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2017, pp. 1800-1807. Available at: <https://arxiv.org/abs/1610.02357>
- [16] He, K.; Gkioxari, G.; Dollár, P.; Girshick, R. Mask R-CNN. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 2017, pp. 2961-2969. Available at: <https://arxiv.org/abs/1703.06870>
- [17] Kim, G.; Hong, T.; Weissenborn, D.; Song, J. S. OCR-free Document Understanding Transformer. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 2022, vol. 13688, pp. 498-517. Available at: <https://arxiv.org/abs/2111.15664>
- [18] Devlin, J.; Chang, M. W.; Lee, K.; Toutanova, K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*, 2019, pp. 4171-4186. Available at: <https://arxiv.org/abs/1810.04805>

- [19] Radford, A.; Kim, J. W.; Hallacy, C.; et al. Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision. International Conference on Machine Learning, 2021, vol. 139 (PMLR), pp. 8748-8763. Available at: <https://arxiv.org/abs/2103.14030>
- [20] Vaswani, A.; Shazeer, N.; Parmar, N.; et al. Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems, 2017, vol. 30, pp. 5998-6008. Available at: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>

Стоян Константинов

Direct Service Ltd.

e-mail: s.konstantinov@shu.bg

3D MESH WATERMARKING USING RADIAL VERTEX EMBEDDING*

DELYAN H. SARMOV

ABSTRACT: *This paper presents an algorithm for embedding digital watermarks into 3D mesh models. The method relies on radial displacement of vertices from the object's centroid and is evaluated for robustness against geometric transformations including rotation, scaling, and additive noise. The approach uses multiple radial layers with majority voting for error correction. Experimental results demonstrate high baseline extraction accuracy and robustness against moderate rotations and noise, while revealing sensitivity to scaling and rotations beyond certain thresholds.*

KEYWORDS: *3D watermarking, 3D mesh, Robust Watermarking, copyright protection*

2020 Math. Subject Classification: 65D17, 68U99, 93B51

ВОДЕН ЗНАК ЗА 3D МОДЕЛ С РАДИАЛНО ВГРАЖДАНЕ ВЪВ ВЪРХОВЕ†

ДЕЛЯН Х. СЪРМОВ

1 Introduction

Digital watermarking has become a crucial technique for copyright protection, fingerprinting, and authentication of 3D content.

*This paper is partially supported by Scientific Research Grant РД-08-106/05.02.2025 of Konstantin Preslavsky University of Shumen

†Статията е частично финансирана по проект № РД-08-106/05.02.2025 г. на ШУ „Еп. Константин Преславски“

Unlike images or video, 3D meshes represent complex geometric structures that can undergo a wide range of transformations, making watermarking a challenging task.

Prior approaches often embed information in vertex positions, normals, or texture channels. However, normals can be recomputed or removed, and texture information may be absent or altered during processing. To address these challenges, this work proposes embedding watermark bits along radial displacement vectors from the mesh centroid. By doing so, the method leverages geometric consistency of the mesh to maintain robustness under transformations such as rotation, scaling, and small perturbations.

In this work, a multilayer radial embedding strategy is presented for distributing watermark bits into vertices. A strategy and algorithm for embedding and extraction by radial vectors are formulated. A robustness analysis against standard transformations with experimental validation is performed.

2 Related Work

Watermarking techniques on 3D meshes have been extensively studied. Different watermarking methods have been developed and distinguish fragile from robust techniques [1]. After embedding, their robustness to geometric distortions is compared. [2]. Other works investigate radial coordinate embedding strategies [3] and domain transformation techniques (wavelet, spectral) [4,5]. In comparison, this method focuses on direct radial embedding with shift with multiple radial layers and majority vote extraction, aiming for simplicity and robustness.

3 Watermarking Method

Normalization and radial vectors

A 3D mesh is represented as $M = (V, F)$, where

$$(1) \quad V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$$

are the vertices and F are the faces.

The geometric centroid is

$$(2) \quad \mathbf{c} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathbf{v}_i$$

For each vertex $\mathbf{v}_i$, define the radial direction vector

$$(3) \quad \mathbf{d}_i = \frac{\mathbf{v}_i - \mathbf{c}}{\|\mathbf{v}_i - \mathbf{c}\|}$$

Normalization ensures $\|\mathbf{d}_i\| = 1$, for all i . By embedding along these vectors, the displacement is invariant to uniform scaling to first order.

Vertex Selection and Layering

First compute per-vertex distance

$$(4) \quad \mathbf{dist}_i = \|\mathbf{v}_i - \mathbf{c}\|$$

and participation count (number of faces p_i incident to vertex i).

Then define weights:

$$(5) \quad \mathbf{w}_i^{far} = \mathbf{dist}_i \cdot p_i$$

$$(6) \quad \mathbf{w}_i^{close} = (\max \mathbf{dist}_j - \mathbf{dist}_i) * p_i$$

$$(7) \quad \mathbf{w}_i^{med} = |\mathbf{dist}_i - \text{median}_j(\mathbf{dist}_j)| * p_i$$

For each of the three layers: far-layer, close-layer, median-layer, select the top-vertices with largest corresponding weight. This distributes embedding across vertices of varying radial positions and participation, improving robustness.

Embedding Procedure

Let the watermark bit-sequence be

$$(8) \quad \mathbf{W} = [\mathbf{w}_1, \mathbf{w}_2, \dots, \mathbf{w}_L], \mathbf{w}_k \in \{0, 1\}$$

For a selected vertex $\mathbf{v}_i$ (associated with bit index k), define

$$(9) \quad \mathbf{s}_i = \begin{cases} +1 & \text{if } \mathbf{w}_k=1 \\ -1 & \text{if } \mathbf{w}_k=0 \end{cases}$$

The new embedded vertexes are calculated in the following way

$$(10) \quad \mathbf{v}'_i = \mathbf{v}_i + \alpha \cdot \mathbf{s}_i * \mathbf{d}_i$$

where is the embedding strength α . Small enough to ensure imperceptibility, but large enough to tolerate noise.

Extraction Procedure

Given a possibly transformed mesh with vertices $v_i^{(T)}$, it is assumed that the original coordinates (or displacements) accessible.

It is calculated d_i then

$$(11) \quad \Delta v_i = v_i^{(T)} - v_i$$

and project onto d_i

$$(12) \quad p_i = \Delta v_i \cdot d_i$$

Extracted bit is

$$(13) \quad w'_i = \begin{cases} 1 & \text{if } p_i > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Majority Voting Logic

It is embed three independent layers $l=1,2,3$. For each bit position i , define bits from each layer $w_i^{(1)}$, $w_i^{(2)}$, $w_i^{(3)}$. Then define final extracted bit.

$$(14) \quad w_i^{final} = \text{mode} \{w_i^{(1)}, w_i^{(2)}, w_i^{(3)}\}$$

This shows how majority voting improves reliability.

Algorithm Pseudocode

Embedding

Input: Mesh $V=\{v_i\}$, Faces F , Watermark W , Strength α , TopN

Compute centroid $c = (1/N) \sum v_i$

Compute participation p_i for each vertex

Compute distances $\text{dist}_i = \|v_i - c\|$

For each layer $L \in \{\text{far}, \text{close}, \text{med}\}$:

Compute weights w_i^L

Select top-TopN indices idx^L

For each layer L :

```

For each j,k such that v_idx^L[j] corresponds to bit W[k]:
Compute d = (v_idx^L[j] - c) / ||v_idx^L[j] - c||
s = +1 if W[k]==1 else -1
v_idx^L[j] ← v_idx^L[j] + α * s * d
Return watermarked mesh V'

```

Extraction

Input: Original mesh V, Watermarked mesh V', layers indices {idx^L}

For each layer L:

For each i in idx^L:

Compute d = (v_i - c) / ||v_i - c||

$\Delta v = v'_i - v_i$

If $\Delta v \cdot d > 0$ then bit=1 else bit=0

Extract bits $W_hat^{(L)}$

$W_hat_final = majority_vote(W_hat^{(1)}, W_hat^{(2)}, W_hat^{(3)})$

Return W_hat_final

4 Experimental Setup and Results

A python program implementing the above algorithms has been developed. The program has been tested with a standard set of models used for validation of results in similar studies.

Dataset: A standard 3D meshes (Stanford Bunny 2503 verts, 4968 faces; armadillo 49990 verts, 99976 faces; Dragon 1180060 verts, 2349078 faces).

Watermark: 64-bit random binary sequence.

Embedding strength: $\alpha = 0.001$.

Vertices per layer (TopN): 256.

Evaluated transformations:

Rotations: 5° , 10° , 20° , 45° (around random axis).

Scaling factors: 0.90, 0.95, 1.05, 1.10.

Gaussian noise: σ in $[\alpha/3, \alpha]$ (three steps).

Table 1. Results Summary

Transformation	Parameter	Accuracy Stanford Bunny	Accuracy armadillo	Accuracy Dragon
Baseline	-	1.000	1.000	1.000
Rotation	5°	0.969	0.906	0.875
Rotation	10°	0.531	0.750	0.750
Rotation	20°	0.500	0.500	0.531
Rotation	45°	0.500	0.500	0.500
Scaling	0.90	0.500	0.500	0.500
Scaling	0.95	0.500	0.500	0.531
Scaling	1.05	0.500	0.500	0.500
Scaling	1.10	0.500	0.500	0.500
Noise	0.000333	0.969	1.000	1.000
Noise	0.000667	0.938	0.969	1.000
Noise	0.001000	0.969	0.906	0.844

5 Conclusion and Future Work

Results showing baseline perfect extraction confirms embedding correctness. High resilience to small rotations ($\leq 5^\circ$) and minor noise perturbations bellow α . Accuracy degrades under larger rotation ($10^\circ+$) and more so under scaling beyond $\pm 5\%$. Majority voting across three layers mitigates errors when single-layer reliability drops.

Limitations remain in handling larger scaling transformations and topological changes such as mesh simplification. Future work could explore inter-vertex distance embeddings, local coordinate frames, and graph-based or deep-learning methods for higher resilience [6].

REFERENCES:

- [1] Wang K., Lavoué G., Denis F., Baskurt A. A Comprehensive Survey on Three-Dimensional Mesh Watermarking, IEEE Trans. Multimedia, 2008.
- [2] Medimegh N., Belaid S., Werghi N. A Survey of the 3D Triangular Mesh Watermarking Techniques. Int. J. Multimedia, 2015.
- [3] Liu J., Niu X. “A novel watermarking algorithm for three-dimensional point clouds.” SAGE Journals, 2019.
- [4] Gul E. “3D watermarking techniques.” ScienceDirect, 2025.
- [5] Vasic B., Vasic B. Simplification Resilient LDPC-Coded Sparse-QIM Watermarking for 3D-Meshes, 2012.
- [6] Narendrra M. et al. Deep 3D mesh watermarking with self-adaptive robustness, 2022.

Delyan Hristov Sarmov

Konstantin Preslavsky University of Shumen
e-mail: d.sarmov@shu.bg

SOLAR PANEL ORIENTATION SYSTEM FOR INCREASING ENERGY PRODUCTION WITH ARDUINO SIMULATION*

KRASIMIR M. KORDOV, AHMED A. AHMEDOV

ABSTRACT: This article presents a system for the automatic orientation of photovoltaic panels toward the sun, aiming to optimize captured sunlight and enhance energy yield. The system is implemented through a prototype utilizing an Arduino microcontroller, photoresistors for detecting light intensity, and a servomotor for panel positioning.

KEYWORDS: Solar panels, Arduino, Energy production;

2020 Math. Subject Classification: 68M01, 68M99

СИСТЕМА ЗА НАСОЧВАНЕ НА СОЛАРНИ ПАНЕЛИ ЗА ПОВИШАВАНЕ НА ЕНЕРГОДОБИВА СЪС СИМУЛАЦИЯ НА ARDUINO[†]

КРАСИМИР М. КОРДОВ АХМЕД А. АХМЕДОВ

1 Въведение

Зелената енергия представлява революционна алтернатива на традиционните енергийни източници, която не само осигурява устойчиво енергийно бъдеще, но и играе решаваща роля в опазването на околната среда. За разлика от изкопаемите горива, възобновяемите енергийни източници не отделят вредни емисии в атмосферата, не замърсяват въздуха с токсични газове и не допринасят за парниковия ефект. Използването на зелена енергия

* This paper is partially supported by Scientific Research Grant РД-08-75/22.01.2025 of Shumen University

[†] Статията е частично финансирана по проект № РД-08-75/22.01.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

значително намалява въглеродния отпечатък на човешката дейност и помага за съхраняването на природните екосистеми за бъдещите поколения.

Един от най-перспективните и съвременни методи за добиване на зелена енергия от възобновяеми източници е използването на соларни панели, преобразуващи слънчевата светлина в електрическа енергия. Генерирането на енергия се извършва, когато слънчевите лъчи се абсорбират от соларната повърхност и се преобразуват в електрическа енергия под формата на прав ток, а при необходимост чрез допълнителни средства може да бъде преобразувана и в променлив ток. Количеството на енергодобива зависи от множество фактори, включително метеорологичните условия, които могат да затруднят достъпа на слънчевите лъчи до повърхността на соларните панели, наличието на достатъчно слънчева светлина през деня, замърсяването на повърхността на соларните панели с прах и други замърсители, степента на амортизиране на панелите с течение на времето, както и ключовият фактор - ъгълът на падане на слънчевите лъчи спрямо равнината на соларния панел.

Настоящата разработка се фокусира върху създаването на интелигентна система, която автоматично ориентира соларните панели към най-благоприятната позиция спрямо слънцето през целия ден, като по този начин максимизира количеството улавяна слънчева енергия. Чрез използване на съвременни микроконтролерни технологии и сензорни системи, проектът цели да демонстрира как достъпни технологични решения могат да бъдат приложени за създаване на ефективни и икономически оправдани системи за подобряване на производителността на соларните инсталации.

Според направени проучвания на системи, контролиращи насочването на соларни панели, повишаването на енергийния добив може да се подобри до 30% - 40% [1], но някои от системите достигат и до по-високи стойности [2, 3]. Отчитайки разходите за хардуерни задвижващи елементи при

конструирането на система за насочване на соларни панели, двусово задвижване не винаги е оправдано, спрямо постигнатите резултати. При правилно разположение на панелите под оптимален наклон в посока север-юг (в зависимост от географската позиция), най-икономичният подход е използването на едноосна система за позициониране за насочване на повърхността на соларните панели в посока изток-запад.

2 Прототип на система за насочване на соларни панели

Предложената система е реализирана чрез използване на подходящи хардуерни компоненти, които позволяват провеждането на симулация за тестване на предложения модел за ротация на панели спрямо посоката на светлината. Използваните компоненти са:

Arduino

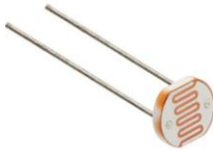
Модул Arduino Uno [4] е микроконтролер широко използван за реализация на разнообразни проекти [5, 6]. Платката е базирана на архитектура ATmega328P с тактова честота от 16 MHz, разполага с 32KB флаш памет, 2KB SRAM и включва цифрови и аналогови входно-изходни пинове, към които могат да се свързват различни компоненти. Използваният език за програмиране е базиран на C/C++, който се изпълнява посредством средата за разработка Arduino IDE. На Фиг. 1 е показан самият модул. Разнообразието и достъпната цена на компонентите, които могат да се използват с Arduino, улесняват създаването на цялостни системи от разнообразен характер [7, 8].



Фигура 1 – Микроконтролер Arduino Uno

Светлинни сензори (LDR - Light Dependent Resistors)

Фоторезисторите представляват основните сензори за детекция на интензитета на светлината. Тези компоненти променят своето съпротивление в зависимост от количеството падаща светлина. При по-висока осветеност съпротивлението намалява, а при по-ниска – се увеличава. В предложената система са използвани два сензора (Фиг. 2) за отчитане на слънчевата светлина и според получените стойности се извършва плавно завъртане на соларен панел под подходящ ъгъл спрямо източника на светлина. Постоянното изпращане на стойности от фоторезисторите към централния модул Arduino дава възможност на алгоритъма за сравнение на данните и осъществяване на едноосовото задвижване.



Фигура 2 - LDR - Light Dependent Resistor

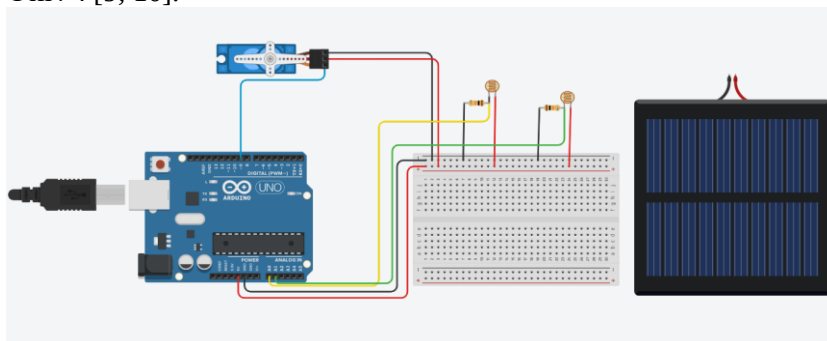
Серво мотор за позициониране

Серво моторите (Фиг. 3) осигуряват прецизното механично движение, необходимо за ориентиране на слънчевия панел. Стандартният ъглов диапазон, обикновено е между 0 и 180 градуса.



Фигура 3 – Модели електромотори за Arduino

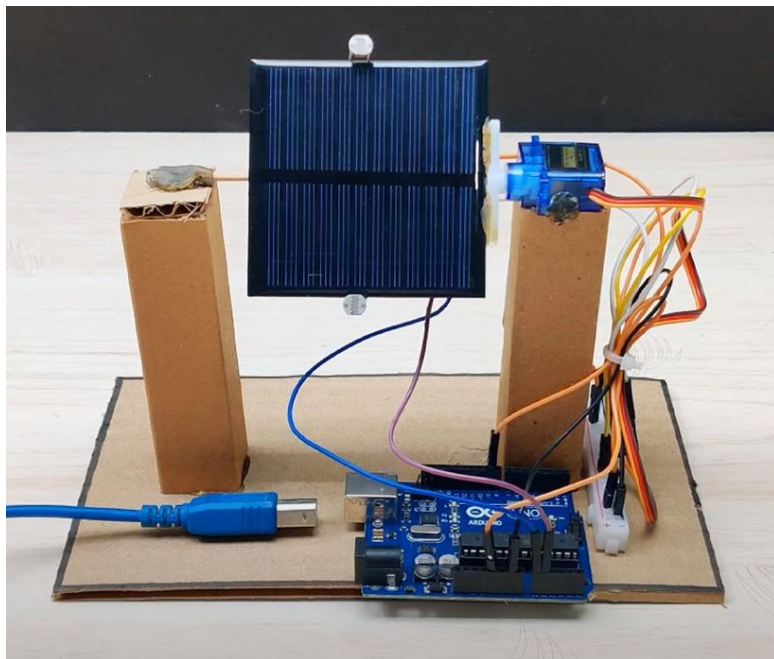
Схемата на свързване на компонентите е представена на Фиг. 4 [9, 10].



Фигура 4 – Схема на свързване на компонентите

Симулация на система за насочване на соларни панели

За тестване на системата е извършено монтиране на представените компоненти в лабораторни условия (Фиг. 5).



Фигура 5 – Тестване на системата за автоматично позициониране на соларен панел

Микроконтролерът Arduino е базовият компонент, управляващ системата. Към соларен панел са прикрепени фоторезистори за отчитане на светлината. Данните от сензорите се използват от алгоритъма за насочване, който подава сигнал към серво мотора за завъртане на соларния панел под оптимален ъгъл спрямо светлината.

3 Заключение

Създадената система за автоматизирано ориентиране на соларни панели валидира теоретичните основи за енергийна оптимизация. Arduino технологията се доказва като адекватно решение с необходима функционалност при минимални разходи, а виртуалната симулация в Tinkercad ефективно потвърждава концепцията преди физическото изпълнение. Експериментирането с контролиран светлинен източник доказва стабилната работа при различни условия. Представеният прототип е практично и икономично решение за компактни соларни приложения и учебни цели.

Практическите експерименти показват увеличен добив на енергия, което обосновава евентуална инвестиция в имплементиране на такава разработка за реални фотоволтаични ферми за производство на енергия.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Sidek, M. H. M., Azis, N., Hasan, W. Z. W., Ab Kadir, M. Z. A., Shafie, S., & Radzi, M. A. M. (2017). Automated positioning dual-axis solar tracking system with precision elevation and azimuth angle control. *Energy*, 124, 160-170.
- [2] Seme, S., Štumberger, B., Hadžiselimović, M., & Sredenšek, K. (2020). Solar photovoltaic tracking systems for electricity generation: A review. *Energies*, 13(16), 4224.
- [3] Racharla, S., & Rajan, K. (2017). Solar tracking system – a review. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(2), 72–81.
- [4] Arduino Uno Rev3, Product Reference Manual, <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf> - (20.06.2025).
- [5] Stoyanov, B., and Ivanova, T. (2019, November) CHAOSA: Chaotic map based random number generator on Arduino platform. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2172, No. 1, p. 090001). AIP Publishing.
- [6] Kordov, K., & Vichev, S. (2023). System for real-time monitoring of temperature, air humidity and atmospheric pressure. *Journal scientific*

- and applied research, 24(1), 73-77. ISSN 1314-6289 (Print) ISSN 2815-4622 (Online).
- [7] Kordov K., & Stoyanova, D. (2023). Parking management system, Annual of Konstantin Preslavsky University of Shumen, Faculty of Mathematics and Computer Science, Vol. XXIV C, 2023, pp. 41 – 46, ISSN 1311-834X.
- [8] Кордов, К., Стоянов, Ст., Система за управление на осветление в смарт хоум, Сборник студентски научни публикации, Факултет по математика и информатика, том 5, 2023, стр. 15 – 20, ISSN 2683-023X.
- [9] Tinkercad web application for Arduino project design - <https://www.tinkercad.com/> - (20.06.2025).
- [10] Mustan, S., Kr. Harizanov 2024. The role of Microsoft platforms Makecode and Tinkercad in STEM education, KNOWLEDGE – International Journal Vol.66.2, pp.217- 221 (ISSN 2545-4439/1857-923X).

Красимир Кордов

Факултет по математика и информатика

Шуменски университет „Епископ К. Преславски“

E-mail: krasimir.kordov@shu.bg

Ахмед Ахмедов

Факултет по математика и информатика

Шуменски университет „Епископ К. Преславски“

WEB-BASED SYSTEM TO SUPPORT THE ACTIVITIES OF THE "SOCIAL WORKER"*

ROZALINA D. DIMITROVA, BORYANA HR. UZUNOVA-DIMITROVA

ABSTRACT: *The article describes a web-based information system to support the activities of the "social worker". The system is designed to meet the specific needs of the social assistance directorates, submitting, reviewing, and granting social benefits. The main goal is to create an intuitive platform that optimises the management of social cases, the coordination of services, communication with clients and institutions, as well as documentation. The system offers functionalities such as registering and tracking cases, generating reports, and archiving documents. By implementing modern web technologies, remote access, data security, and efficiency of the work process are ensured. The development is aimed at improving the quality of the social service by facilitating administrative work and providing timely information to specialists.*

KEYWORDS: *social networks, web-based platform, social worker's document flow*

2010 Math. Subject Classification: 94A16

ВЕБ-БАЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ПОДПОМАГАНЕ ДЕЙНОСТТА НА „СОЦИАЛНИЯ РАБОТНИК“†

РОЗАЛИНА Д. ДИМИТРОВА, БОРЯНА ХР. УЗУНОВА-
ДИМИТРОВА

* This paper is (partially) supported by Scientific Research Grant РД-08-106/05.02.2025 of Shumen University

† Статията е частично финансирана по проект № РД-08-106/05.02.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

1 Въведение

Информационните технологии са от съществено значение за успеха на всяка организация в съвременния свят, тъй като гарантират ефективно управление на данни и процеси. В направления като социалната политика, образованието, транспорта и логистиката, където прецизността и оперативната ефективност са от решаващо значение за удовлетвореността на клиентите и способността на организацията да се конкурира, правилното решение е изключително важно.

Създаването на успешна система за коректно въвеждане и последващо вземане на решение от подадената информация може да рационализира операциите на организацията и да е от полза както за потребителите, така и за тези, които отговарят за разрешаването и отпускането на различни социални помощи. Социалните работници могат да прекарват по-малко време в търсене на информация, да правят по-добри справки и да правят по-малко грешки въз основа на такава система.

Бързите и забележителни технически постижения през последните десетилетия оказват влияние върху обществото като цяло. Въпреки че технологичният напредък открива нови възможности и повишава икономическата производителност и качеството на живот, той също така представлява редица екологични и естетически проблеми, които изискват внимателно регулиране и надзор.

Разработването на уеб-базирана система за подпомагане дейността на социалния работник може значително да повиши ефективността и качеството на социалните услуги, като автоматизира и улеснява процесите на документиране, управление на случаите и комуникацията, предоставяйки на социалните работници инструмент, който оптимизира тяхната работа и подобрява взаимодействието им с потребителите на услугите им и връзката с други институции.

2 Технологии, реализиращи приложението за Web-базирана система за подпомагане дейността на „социалния работник“

HTML (Hyper Text Markup Language) – Уеб страниците са описани с помощта на езика HTML. Първоначално достъпът до потребителски данни, съхранявани на сървър, е бил възможен чрез използването на статични уеб страници. Получената информация се форматира с помощта на HTML кода, който контролира как различните браузъри ще я визуализират. Този език за програмиране се използва за създаване на преносими документи, базирани в интернет. Той подбира какъв вид информация вижда клиентът в браузъра и как е структурирана тя.

CSS (Cascading Style Sheets) – CSS (каскадни стилови множества) е стилиов език, използван за описване на визуалното представяне на документи, написани на HTML или XML. Той отговаря за външния вид и оформлението на HTML елементите, т.е. използва се, за да определи как да изглеждат, да се визуализират отделните HTML елементите – цветове, размери, подредба, анимации и др. Езикът CSS е стандартизиран за използване от уеб браузърите.

JavaScript – Компютърния език JavaScript, позволява да се включват интерактивни функции в уебсайта. Това включва подаване на данни от формуляри, динамични стилове, отговори на натискане на бутони, игри, анимации и много други. Той е силен език, който е лесен за усвояване от начинаещи и може да подобри интерактивността на уебсайта.

PHP (Personal Home Page) – Езикът PHP е много популярен и има голяма поддръжка за хостинг. Предимствата му са, че е изключително популярен език за уеб програмиране, особено за динамични уеб страници, както и че фреймуърка Laravel предлага множество вградени мощни функционалности, които ускоряват разработката и бързото разработване на приложения. Подходящ е за бързо развитие на уеб приложения, сайтове, които изискват

бързо внедряване. Той е платформено-независим език за програмиране, предназначен за решаване единствено на практически проблеми. PHP се използва за писане на програми, които се изпълняват от страна на сървъра. PHP може да обработва задачи, които други CGI скриптове или Apache модули не могат, като например обработка на данни от HTML формуляри, динамично генериране на HTML страници и т.н. PHP скриптът е интегриран в HTML кода.

MySQL – MySQL е система за управление на бази данни, изградена върху езика за структурирани заявки (SQL). Тази технология е най-широко използваната за изграждане на уеб страници. Тя поддържа всички типични заявки към бази данни и таблици.

Едно от големите предимства на MySQL е неговата скорост и ефективност при обработката на големи обеми информация. Той е оптимизиран за бързо изпълнение на заявки и предлага индексирани данните, което осигурява бърз достъп до нужната информация. Това е от решаващо значение при разработката на системи, които работят с голямо количество данни и изискват бърз отговор.

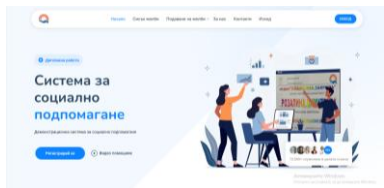
MySQL е също изключително надежден и се отличава със своята устойчивост. Той предлага вградена поддръжка на транзакции, което осигурява съхранение на данни при неочаквани прекъсвания на системата или грешки. Това гарантира целостта на данните и предпазва от загуба на информация.

3 Функционалност на приложението

3.1. Администратор

Системата (фигура 1) има един основен администратор, който има пълен контрол над всички нейни функции. Администраторът (фигура 2) има правомощията да назначава модератори, които ще помагат за надзора на различните части на сайта. Само администраторът може да добавя, променя или изтрива модератори. На модераторите и потребителите се

предоставят ограничени разрешения въз основа на текущите отговорности.



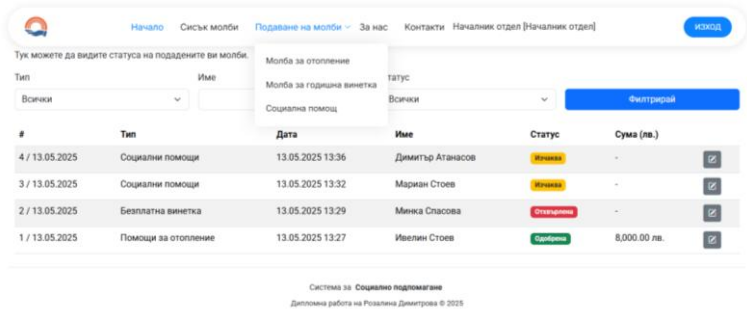
Фигура 1 Начален екран на разработената система



Фигура 2 Екран представящ страница "Потребители" от системата

3.2. Модератор

Модераторите играят важна роля в запазването и контролирането на съдържанието на уебсайта (фигура 3). Те имат определени правомощия и задължения, предназначени да осигурят ефективното функциониране и актуализиране на материалите в различните области на сайта. Модераторите могат да добавят, променят и изтриват материали в системата, като използват администраторския интерфейс, както и да отпускат паричната стойност на одобрена молба (фигура 4 и 5). Техните усилия са от решаващо значение за осигуряване на високо качество и надеждност на предоставяната информация.



Фигура 3 Екран представящ страница "Потребители" от системата

Годишници на молби за социална помощ

Имен-Фамилия: Иван-Иванов
Идентификационен номер: 1234567890

ИИ: Иван
Област: София
Местоположение (УЛ.): 123456
Содержание: Помощ за социална помощ
Вид статистика: Помощ за социална помощ

Принесете на статус от началния избор:

Статус:
☐ Помощ за социална помощ
☐ Помощ за социална помощ
☐ Помощ за социална помощ

1234567890

Фигура 4 Екран представящ страница "Статус на молба" от системата

3.3. Потребител

Системата за социално подпомагане се използва от нуждаещи се граждани, служители – модератори и администратори на социалната институция, които са регистрирани в системата (Фигура 6). Гражданите използват системата за достъп до своите данни, т.е. подадените от тях молби (Фигура 7, 8 и 9), което им позволява да се ориентират бързо и лесно до това, коя молба е приета или отхвърлена и също така, какво точно им се отпуска. Модераторите актуализират подадените молби, а администраторите - модераторите. Модераторите анализират данните, за да се подобри документооборота. Системата се актуализира и променя редовно, за да отговоря на нуждите на своите потребители, и всички трябва да спазват правилата, които регулират нейното използване.

Регистрация и вход

Имен-Фамилия: Иван-Иванов
Идентификационен номер: 1234567890

ИИ: Иван
Област: София
Местоположение (УЛ.): 123456
Содержание: Помощ за социална помощ
Вид статистика: Помощ за социална помощ

Принесете на статус от началния избор:

Статус:
☐ Помощ за социална помощ
☐ Помощ за социална помощ
☐ Помощ за социална помощ

1234567890

Фигура 6 Екран представящ страница "Регистрация" в системата

Редактиране на молба за социална помощ

Имен-Фамилия: Иван-Иванов
Идентификационен номер: 1234567890

ИИ: Иван
Област: София
Местоположение (УЛ.): 123456
Содержание: Помощ за социална помощ
Вид статистика: Помощ за социална помощ

Принесете на статус от началния избор:

Статус:
☐ Помощ за социална помощ
☐ Помощ за социална помощ
☐ Помощ за социална помощ

1234567890

Фигура 5 Екран представящ страница "Размер на помощ" от системата

Подаване на молба за социална помощ

Имен-Фамилия: Иван-Иванов
Идентификационен номер: 1234567890

ИИ: Иван
Област: София
Местоположение (УЛ.): 123456
Содержание: Помощ за социална помощ
Вид статистика: Помощ за социална помощ

Принесете на статус от началния избор:

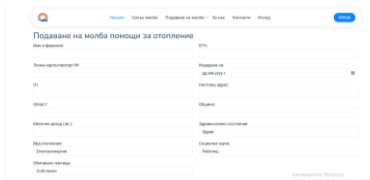
Статус:
☐ Помощ за социална помощ
☐ Помощ за социална помощ
☐ Помощ за социална помощ

1234567890

Фигура 7 Екран представящ страница "Подаване на молба" от системата за социална помощ



Фигура 8 Екран представящ страница "Поддаване на молба" от системата за винетка



Фигура 9 Екран представящ страница "Поддаване на молба" от системата за отопление

4 Заключение

Системата за социално подпомагане драстично подобрява управлението на документооборота в социалните служби чрез автоматизиране на подадените молби, което води до повишена ефективност и намаляване на грешките. Тази система предоставя на потребителите лесен и опростен начин за получаване на актуална информация, като същевременно намалява административното натоварване. Централизираната база данни е от решаващо значение за гарантиране на точността и надеждността на информацията. Редовното архивиране и процедурите за сигурност помагат за защитата на данните, като предотвратяват загуба на информация и неоторизиран достъп. Тази интегрирана система е ценен инструмент за подобряване дейността в социалните институции.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Стоянов, Б. Бази от данни. Лекции, семинарни упражнения, лабораторни упражнения, 2024, <https://edu.shu.bg/>.
- [2] Кордов, К. Лабораторни упражнения по Web базирани информационни системи, 2025, <https://edu.shu.bg/>.
- [3] URL: www.w3schools.com, достъпно на 11.06.2025г
- [4] Закон за социално подпомагане; <https://lex.bg/bg/laws/ldoc/2134405633>

- [5] Закон за хората с увреждания; <https://lex.bg/bg/laws/ldoc/2137189213>
- [6] Закон за закрила на детето; <https://lex.bg/laws/ldoc/2134925825>
- [7] Закон за семейни помощи за деца; <https://lex.bg/laws/ldoc/2135441920>

Розалина Димитрова

Студент, спец. „Компютърна информатика“, ШУ „Епископ
Константин Преславски“
e-mail: 2130031012@shu.bg

Боряна Узунова-Димитрова

Шуменски университет „Епископ Константин Преславски“,
b.uzunova@shu.bg

IMPLEMENTATION OF A SECURITY SYSTEM FOR THE ART GALLERY IN DOBRICH*

MILEN B. KOLAROV, HRISTO I. PARASKEVOV

ABSTRACT: *This paper presents a structured overview and practical implementation of an intrusion alarm system designed for a public building—the Art Gallery in Dobrich. The article looks at the key parts of modern security systems—like control panels, sensors, extra modules, communication tools, and fire detection devices—and how they work together in a complete system. The process of equipment selection, functional block diagram design, and wiring is described in detail, with particular attention to power consumption estimation and component compatibility. The article emphasizes the need for reliable and scalable security solutions, as well as centralized and remote management through internet and mobile applications. The paper wraps up by highlighting important trends in security system development, such as the use of computers, combining with biometric and video surveillance technologies, and following standards from the telecommunications industry.*

KEYWORDS: *intrusion alarm system, control panel, integration, fire detection, access control*

2020 Math. Subject Classification: 90B25; 94B05

ИЗГРАЖДАНЕ НА ОХРАНИТЕЛНА СИСТЕМА ЗА ХУДОЖЕСТВЕНАТА ГАЛЕРИЯ В ГРАД ДОБРИЧ†

МИЛЕН Б. КОЛАРОВ, ХРИСТО И. ПАРАСКЕВОВ

*This paper is (partially) supported by Scientific Research Grant RD-08-106/05.02.2025 of Konstantin Preslavsky University of Shumen

†Статията е частично финансирана по проект № РД-08-106/05.02.2025

1 Въведение

В условията на нарастващи заплахи за сигурността в обществения и частния сектор, сигнално-охранителните системи (СОС) се превръщат в основен елемент от техническите решения за защита на физически обекти. Те съчетават различни подсистеми – като детектори за движение, системи за видеонаблюдение и контрол на достъп – в интегрирана среда, която позволява превенция, идентификация и реакция при инциденти [1], [2].

Бързото развитие на електронните технологии и комуникационната инфраструктура води до все по-широко разпространение на интелигентни охранителни решения, базирани на цифрова обработка на сигнали, IoT-сензори и дистанционно управление през мобилни или облачни платформи [3]. Съвременните СОС се изграждат по модулен принцип, като се адаптират към конкретните изисквания на обекта, архитектурата на сградата и нивото на риск, като същевременно осигуряват възможности за надграждане и централизирано управление [4] [5].

Класическата архитектура на една сигнално-охранителна система включва основни компоненти като детектори, контролни панели, известителни устройства и комуникационни модули. Основната ѝ задача е да преобразува физическо събитие (напр. движение, отваряне на врата, счупване на стъкло) в електрически сигнал, който чрез шлейфова връзка достига до контролния панел, където се анализира и води до активиране на алармено състояние [6].

Настоящата статия има за цел да представи основните технически и функционални характеристики на съвременните сигнално-охранителни системи, с фокус върху тяхната структура, принцип на действие и възможности за интеграция с видеонаблюдение и системи за контрол на достъп. Особено внимание се отделя на предизвикателствата, свързани с изграждането на комплексни охранителни решения и добрите практики при проектиране на надеждни архитектури.

2 Основни компоненти на съвременните сигнално-охранителни системи

В основата на всяка сигнално-охранителна система стои набор от взаимосвързани модули и устройства, които осигуряват наблюдение, детекция, контрол на достъп и комуникация с външни системи. Модулният принцип на изграждане позволява конфигурируемост, надграждаемост и висока степен на адаптивност според нуждите на конкретния обект [1]. В настоящото изследване се разглеждат ключовите компоненти на охранителна система, изградена с оборудване на фирмата PARADOX, поради доказаната и надеждност, богатата функционалност и широка разпространеност в България [2], [4].

2.1. Контролен панел

Сърцето на системата е контролният панел Digiplex EVO192, поддържащ до 192 зони, до 999 потребителски кода и до 254 разширителни модула. Панелът разполага с памет за 2048 събития, 5 програмируеми PGM изхода (разширяеми до 250), възможности за управление чрез софтуера NEware и WinLoad, както и интегрирани функции за контрол на достъп и комуникация (GSM, IP).

2.2. Интерфейсни устройства (клавиатури)

За управление на системата се използват LCD клавиатури K641R с вграден четец за достъп и TM50 Touch с 5-инчов цветен дисплей и иконичен интерфейс. Клавиатурите поддържат едновременно работа с няколко зони, управление на PGM изходи, конфигуриране чрез SD карта, визуализация на събития и персонализация чрез цветови панели.

2.3. Разширителни модули

Системата позволява добавяне на нови зони чрез разширители като ZX4 (4 адресируеми зони), като всяка зона може да бъде независимо конфигурирана, включително с допълнителни ключове за защита от саботаж.

2.4. Сензори и детектори

2.4.1. Магнитни контакти

Използван е адресируемый магнитен контакт ZC1 за мониторинг на отваряне на врати и прозорци.

2.4.2. Пасивни инфрачервени (PIR) датчици

PIR датчиците DM50 и DG55+ използват патентована цифрова обработка на сигнали (алгоритъм Digital SHIELD), двоен праг за активиране, автоматична температурна компенсация и защита от електромагнитни смущения. Те покриват ъгъл до 110° и разстояние до 12 м, като отговарят на стандарта EN 50131-2-2 за пасивни инфрачервени детектори [7].

2.4.3. Акустични датчици за стъкло

DG457 осигурява детекция чрез анализ на ултразвукови и звукови честоти, с цифрова филтрация и регулируема чувствителност (до 9 м).

2.5. Комуникационни модули

Интеграцията на комуникационни и контролни модули изисква внимателно отчитане на архитектурните и кибер-физическите уязвимости в рамките на интелигентни обекти [8].

2.5.1. IP модул

IP150 предоставя отдалечен достъп до системата чрез LAN/WAN, с възможности за известяване по e-mail, SSL/HTTPS криптиране и съвместимост със софтуер WinLoad, NEware и Babyware.

2.5.2. GSM/GPRS модул

PCS250 поддържа текстови и гласови известия, възможност за дистанционно активиране/деактивиране чрез SMS, криптиране (AES-256) и поддръжка на до 8 телефонни номера за известяване.

2.6. Модули за контрол на достъп

Модулът ACM12 позволява управление на една врата чрез четец, бутон за излизане, магнитен контакт и електромагнитен заключващ механизъм. Съвместим е с четци R915, които поддържат работа с карта, ПИН код или комбинация от двете, с устойчива на външни условия конструкция.

2.7. Пожароизвестители

2.7.1. Автоматичен пожароизвестител

ACC-EN комбинира оптичен и термичен елемент, с възможност за програмиране на чувствителност и импулсен/неимпулсен режим.

2.7.2. Ръчен пожароизвестител

НСР-Е е аналогов адресируем ръчен модул, съвместим с ESP протокол, с LED индикация и монтажни опции.

2.8. Сирени

НРА702L е външна сирена с лампа, алуминиев корпус, акустичен изход 103 dB @ 3 м, 16 програмируеми звукови модуляции, защита срещу саботаж и работа в широк температурен диапазон (-25°C до +75°C).

2.9. Захранване и аварийно обезпечаване

Основното захранване се реализира чрез блок AMS-G13803-P (13.8V DC, 3A, IP65 корпус), а за аварийно обезпечаване се използва акумулаторна батерия 12V/7Ah, осигуряваща автономна работа при отпадане на мрежово **захранване**. Изборът на подходящи захранващи и резервиращи модули следва да се съобрази с топологията на системата и нейната критичност [9].

3 Проектиране на охранителна система

3.1. Архитектура и изходни параметри на обекта

Проектираната система за сигурност е предназначена за охрана на обекта „Художествена галерия гр. Добрич“. Архитектурният план (фиг. 3.1.1) очертава охраняемите зони и точките за контрол на достъпа. Системата следва да отговаря на следните изисквания:

- захранване: AC 220V/50Hz, DC 12V;
- реализация на пожароизвестяване и контрол на достъп;
- комуникация чрез TCP/IP и радиоканал;
- покритие на множество независими зони.

3.2. Блокова схема и взаимодействие на подсистемите

Функционалната архитектура на системата включва три основни подсистеми:

- сигнално-охранителна система;
- система за контрол на достъп и работно време;
- пожароизвестителна система.

Всяка подсистема изпълнява автономни задачи, но е интегрирана с останалите чрез централен контролен панел, комуникационни интерфейси и обща логика за алармиране и управление [9]. Системата позволява централизирано управление, локализиране на инциденти, както и автоматизирана реакция при установяване на заплаха.

3.3. Функционален анализ на основните блокове

3.3.1. Контролен панел

Контролният панел служи за централизирано управление и координация на свързаните устройства. Основни характеристики включват:

- управление чрез клавиатура, дистанционно или ключ;
- възможност за програмиране на зони и режими на охрана;
- задействане на аларма при нерегламентиран достъп;
- автоматично известяване на до четири телефонни номера;
- възможност за частично активиране (байпасване) на зони.

3.3.2. Детектори

Съществуват различни типове детектори в зависимост от целите и средата на използване:

- инфрачервени обемни детектори (аналогови и цифрови);
- магнитни контактори за врати и прозорци;
- акустични детектори за счупено стъкло;

Цифровите детектори осигуряват по-висока точност и по-ниска чувствителност към смущения [7].

3.3.3. Клавиатури

Клавиатурите осигуряват интерфейс между потребителя и системата. Те се монтират на стратегически места и предлагат:

- LCD или LED дисплей с индикация за състоянието на системата;

- вграден зумер и бутони за управление;
- поддръжка на информационни съобщения и запаметяване на събития;
- паралелно свързване към централата чрез 4-жична шина.

3.3.4. Контактори и сирени

Контакторите се използват за отчитане на отваряния/затваряния на отвори, а сирените служат за звукова сигнализация при алармени събития. По-сложните сирени могат да диференцират алармения сигнал според типа на задействане.

3.3.5. Система за контрол на достъп и работно време

Системата включва сървър, контролери, четци за безконтактни карти, електромагнитни насрещници и софтуер. Основните функции са:

- управление на достъпа чрез идентификация (карти, ПИН, биометрия);
- заключване и освобождаване на врати чрез електромагнити;
- логване на събития, ограничаване на достъпа по график;
- интеграция със CCTV и други системи чрез LAN или сухи контакти [8], [9].

4 Реализация на охранителна система

4.1. Монтаж и опроводяване на контролния панел

Контролният панел EVO 192 се монтира в метална кутия с пет монтажни пина, защитени с тампер, свързан в режим на 24-часова охрана. Кутията допуска и монтаж на разширителни модули. Опроводяването включва свързване на сирени, зоновы входове, програмируеми и релейни изходи, телефонна линия, тампери и комуникационна шина COMBUS. Максималната дължина на проводниците не трябва да превишава 914 m, като при отдалечени модули се препоръчва допълнително захранване. Изходът за сирена поддържа 12V DC за една 30W или две 20W сирени при ток до 2A.

4.2. Изчисляване на енергийна консумация и оразмеряване на линии

Методиката за оразмеряване на захранването изисква изчисляване на общата консумация на всеки клон. При превишаване на 700 mA се предвижда използване на външно захранване. Консумацията се изчислява въз основа на номиналната стойност за всеки модул, като при превишаване на допустимата дължина на кабела се предвижда разклоняване чрез допълнително захранване.

4.3. Свързване на входни зони към контролния панел

Контролният панел EVO 192 разполага с осем адресируеми входни терминала, към които могат да се свържат еднозонови и двузонови детектори, магнитни контакти и други сензори, използвайки N.O./N.C. конфигурации и EOL резистори.

4.4. Интеграция на пожароизвестителни детектори

Пожароизвестителните детектори се свързват към контролния панел и се програмират като Fire Zones. PGM1 може да бъде дефиниран като двупроводен вход за димен детектор. В случай на късо съединение се активира аларма, а при прекъсване – се отчита техническа неизправност.

4.5. Свързване на телефонна линия

Контролният панел позволява свързване към телефонна линия за автоматично известяване при алармени събития.

4.6. Конфигурация на модули за контрол на достъпа

Модулите за контрол на достъп се конфигурират съгласно архитектурата на системата и изискванията на обекта. Връзките се осъществяват чрез четирижична шина, като се използват контролери, четци и електромагнитни насрещници.

4.7. Връзка към Интернет чрез комуникационен модул

Модулът IP150 осигурява отдалечен контрол и мониторинг на охранителната система чрез уеб-браузър. Осигурява се съвместимост с HTTPS протокол, криптиране на данни и възможност за известяване по електронна поща.

5 Заключение

Настоящата статия представи етапите по избор, проектиране и реализация на сигнално-охранителна система за обект от обществено значение – „Художествена галерия гр. Добрич“. Анализирани бяха компонентите и технологиите, използвани за изграждане на система с висока степен на надеждност и възможности за интеграция.

Беше извършен преглед на съвременните решения и тенденции в областта на охранителните системи – включително контрол на достъп, пожароизвестяване и комуникационни модули. Представената архитектура показва приложението на модулен подход, адаптивност към изискванията на обекта и възможности за надграждане. Проектираната конфигурация включваше блокова схема на взаимодействие между подсистеми, функционален анализ и оразмеряване на енергийни и комуникационни линии.

Въз основа на извършеното проучване могат да се очертаят следните тенденции в развитието на системите за сигурност:

Преход към компютризирани системи със стандартен хардуер и съвместим софтуер;

Все по-широка интеграция на охранителни, пожаро-известителни и биометрични системи;

Усвояване на технологии и стандарти от телекомуникационния сектор;

Централизирано и дистанционно управление чрез интернет свързаност и мобилни приложения;

Развитие на мрежовите и безжични комуникационни решения;

Възможност за наблюдение от разстояние чрез стационарни и мобилни устройства.

Системите за сигурност се утвърждават като неотменна част от архитектурата на обществени и частни обекти. Тяхната ефективност зависи както от техническите решения, така и от правилното им проектиране и интеграция.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Smith, J., & Brown, A. (2019). Modern Security Systems: Architecture and Integration. Springer.
- [2] Попов, Д. (2020). Сигнално-охранителни системи и приложението им в жилищни сгради. Техника и технологии, 12(3), 45–52.
- [3] Zhao, X., et al. (2021). IoT-enabled Intrusion Detection Systems: A Review. IEEE Access, 9, 112345–112360.
- [4] Тодоров, И. (2018). Основи на електронната охрана. София: Академично издателство.
- [5] Ivanov, G. & Petrova, N. (2022). Control and Access Systems in Smart Environments. International Journal of Security Technology, 11(2), 79–88.
- [6] Христов, В. (2017). Сигурност и контрол: Теоретични и практически аспекти. Русе: Русенски университет.
- [7] European Committee for Standardization. (2008). EN 50131-2-2: Alarm systems - Passive infrared detectors. CENELEC.
- [8] Kotenko, I., & Stepashkin, M. (2020). Cyber-Physical Security of Smart Buildings: Architectural Models and Threat Analysis. Security and Communication Networks, vol. 2020, Article ID 8743056.
- [9] Стоянов, П. (2019). Интегрирани алармени и контролни системи за сигурност. Електроника и автоматика, 61(4), 22–27.

Милен Коларов

Сектор Пътна Полиция към ОД на МВР гр. Добрич
e-mail: milen_kolarov@abv.bg

Христо Параскевов

Факултет по математика и информатика
Шуменски университет „Епископ К. Преславски“
E-mail: h.paraskevov@shu.bg

TRAFFIC CONTROL SYSTEM WITH ARDUINO SIMULATION*

KRASIMIR M. KORDOV, STANIMIR K. ZHELEZOV, BEKIR H. BEKIR

ABSTRACT: *This article presents a traffic control system through the regulation of traffic lights based on traffic load to prevent congestion and facilitate vehicle movement. The system is demonstrated through a prototype example, utilizing an Arduino microcontroller and ultrasonic sensors to detect the intensity of the busier section and extend the duration of the green signal for the corresponding traffic flow.*

KEYWORDS: *traffic control system, Arduino, Ultrasonic sensors;*

2020 Math. Subject Classification: 68M01, 68M99

СИСТЕМА ЗА КОНТРОЛ НА ТРАФИКА СЪС СИМУЛАЦИЯ НА ARDUINO †

КРАСИМИР М. КОРДОВ, СТАНИМИР К. ЖЕЛЕЗОВ И БЕКИР Х.
БЕКИР

Въведение

С ускореното развитие на урбанизацията и нарастващата мобилност на населението, проблемите, свързани с управлението на пътния трафик, стават все по-съществени. Нарастващият брой автомобили в градската среда води до чести задръствания, повишено време за пътуване, увеличени нива на шумово и въздушно замърсяване, както и по-висок риск от

* This paper is partially supported by Scientific Research Grant РД-08-75/22.01.2025 of Shumen University

† Статията е частично финансирана по проект № РД-08-75/22.01.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

пътнотранспортни произшествия. В същото време, традиционните методи за регулиране на движението – обикновено базирани на статично програмирани светофари с фиксирани времеви интервали – често се оказват неадекватни спрямо динамично променящата се пътна обстановка.

В този контекст нараства необходимостта от прилагане на интелигентни транспортни системи (ИТС), които да използват съвременни технологии за наблюдение, анализ и адаптивно управление на трафика в реално време [1, 2].

В отговор на тези предизвикателства, настоящата работа предлага прототип на интелигентна система за управление на трафика.

Прототип на система за контрол на трафика

Предложената система за контрол на трафика е реализирана чрез използване на подходящи хардуерни компоненти, които позволяват осъществяването на симулация за тестване на предложения модел на интелигентна светофарна система. Използваните компоненти са:

Arduino Uno

Arduino [3] е платформа с отворен хардуер и софтуер, предназначена основно за управление на електронни устройства чрез микроконтролери. Платката предлага цифрови и аналогови входно-изходни пинове, с които могат да се свързват различни компоненти като сензори, бутони, светодиоди и мотори. Програмният език е базиран на C/C++, а средата за разработка (Arduino IDE) е интуитивна и лесна за използване. Микроконтролерът е показан на Фиг. 1. Достъпната цена на компонентите, които могат да се свързват с Arduino, значително разширяват възможностите за реализация на разнообразни проекти [4, 5, 6, 7].



Фигура 1 – Arduino Uno

Ultrasonic distance sensor - HC-SR04

Ултразвуковият сензор за разстояние [8] е устройство, което използва ултразвукови вълни за измерване на разстоянието до обекти. Ултразвуковият сензор HC-SR04 се свързва чрез захранващи пинове и два цифрови пина за подаване и получаване на сигнали (Фиг. 2).



Фигура 2 - Ultrasonic distance sensor - HC-SR04

Мини LED светофари

В проекта се използват мини LED светофари, които представляват готови модули с интегрирани три LED диода – червен, жълт и зелен – подредени в един корпус. Тези модули са

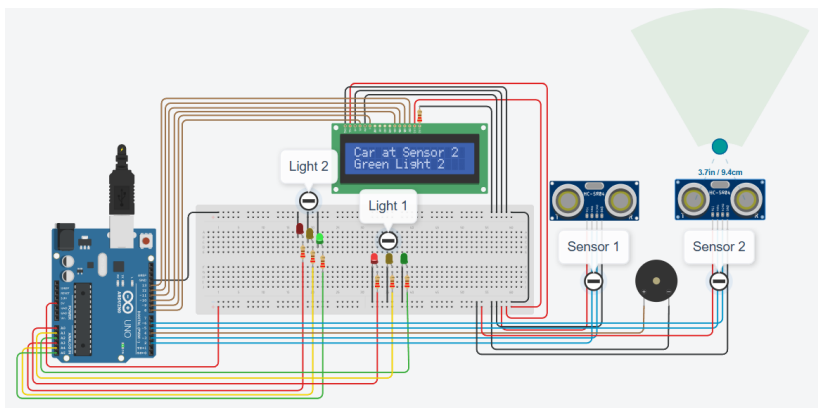
предпочитани поради своята компактност и удобство при свързване, тъй като намаляват сложността на схемата и осигуряват по-структуриран и прегледен монтаж.

Мини LED светофарите разполагат с четири пина – един общ пин (обикновено общ катод) и по един пин за всеки LED диод, което улеснява управлението им чрез микроконтролера. Свързването на модулите към Arduino се извършва като общият пин се свързва към GND, а пиновете за червен, жълт и зелен LED се свързват към отделни изходи на Arduino.



Фигура 3 - Мини LED светофар

Схемата на свързване на компонентите е представена на Фиг. 4 [9, 10].



Фигура 4 – Схема на свързване на компонентите

Симулация на система за контрол на трафика

Системата за управление на трафика, изградена с помощта на Arduino UNO, ултразвукови сензори, LED светлини и LCD дисплей, функционира интелигентно в реално време чрез анализ на входящи данни от средата. Основната ѝ задача е да оптимизира преминаването през кръстовище, като дава приоритет според пътната обстановка. Системата се състои от два основни режима на работа, които се активират автоматично в зависимост от ситуацията на пътя.

Автоматичният режим е стартов и базов режим на системата, който се активира при липса на засечени автомобили от ултразвуковите сензори.

Сензорен режим на управление е вторият режим на системата, при който се отчита броят на автомобилите от сензорите и автоматично се удължава времето на зеления сигнал за по-натоварения поток.

Проведената симулация разглежда различни сценарии на натовареност на кръстовище. При слабо натоварване алгоритъмът работи на автоматичен стандартен режим, в който зеленият сигнал на светофара е с равни времеви интервали за различните потоци. При засичане на по-интензивен поток от автомобили в някоя от пътните ленти, сензорите подават сигнали на микроконтролера, който увеличава дължината на зеленият сигнал за съответния поток.

Заклучение

Разработването на прототип на интелигентна система за управление на трафика, базирана на платформата Arduino Uno,

представлява иновативен подход към оптимизацията на пътното движение чрез използване на икономични и лесно достъпни електронни компоненти.

Представената система самостоятелно превключва светофарните уредби на автоматичен или сензорен режим, според броя на засечените автомобили, което предотвратява евентуални задръствания и улеснява придвижването на автомобили в натоварени градски среди.

Алгоритъмът представен в настоящата публикация успешно може да се интегрира в реална среда, като се заменят компонентите на системата за симулация при използването на стандартни градски светофарни системи.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Boillot, F., Midenet, S., & Pierrelee, J. C. (2006). The real-time urban traffic control system CRONOS: Algorithm and experiments. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 14(1), 18-38.
- [2] Jyothi, B. N. (2016, October). Smart traffic control system using ATMEGA328 micro controller and arduino software. In 2016 International Conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPEs) (pp. 1584-1587). IEEE.
- [3] Arduino Uno Rev3, Product Reference Manual, <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf> - (20.06.2025).
- [4] Stoyanov, B., and Ivanova, T. (2019, November) CHAOSA: Chaotic map based random number generator on Arduino platform. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2172, No. 1, p. 090001). AIP Publishing.
- [5] Kordov, K., & Vichev, S. (2023). System for real-time monitoring of temperature, air humidity and atmospheric pressure. *Journal scientific and applied research*, 24(1), 73-77. ISSN 1314-6289 (Print) ISSN 2815-4622 (Online).
- [6] Kordov K., & Stoyanova, D. (2023). Parking management system, *Annual of Konstantin Preslavsky University of Shumen, Faculty of*

- Mathematics and Computer Science, Vol. XXIV C, 2023, pp. 41 – 46, ISSN 1311-834X.
- [7] Кордов, К., Стоянов, Ст., Система за управление на осветление в смарт хоум, Сборник студентски научни публикации, Факултет по математика и информатика, том 5, 2023, стр. 15 – 20, ISSN 2683-023X.
- [8] Ultrasonic distance sensor review - What is an Ultrasonic Sensor, <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-ultrasonic-sensor> - (20.06.2025).
- [9] Tinkercad web application for Arduino project design - <https://www.tinkercad.com/> - (20.06.2025).
- [10] Mustan, S., Kr. Harizanov 2024. The role of Microsoft platforms Makecode and Tinkercad in STEM education, KNOWLEDGE – International Journal Vol.66.2, pp.217- 221 (ISSN 2545-4439/1857-923X).

Красимир Кордов

Факултет по математика и информатика

Шуменски университет „Епископ К. Преславски“

E-mail: krasimir.kordov@shu.bg

Станимир Железов

Факултет по математика и информатика

Шуменски университет „Епископ К. Преславски“

E-mail: stanzhelezov@shu.bg

Бекир Бекир

Факултет по математика и информатика

Шуменски университет „Епископ К. Преславски“

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INTRUSION DETECTION AND PREVENTION SYSTEMS*

STOYAN R. STOYANOV, TEODORA T. STOYANOVA,
RADOSTIN E. RAFAILOV

ABSTRACT: *This article focuses on the integration of artificial intelligence (AI) into Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS) in response to the rapid evolution of security threats. Traditional signature-based security approaches are unable to cope with complex and advanced attacks. AI-based IDPS use machine learning, deep learning and natural language processing to analyze large volumes of data, detect anomalies and predict emerging threats in real time. The article offers practical recommendations for organizations implementing AI-based security solutions.*

KEYWORDS: *Artificial Intelligence, AI, Intrusion Detection and Prevention Systems, IDPS, Machine learning, Deep learning;*

2010 Math. Subject Classification: 68T99, 68M25

ИНТЕГРИРАНЕ НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ В СИСТЕМИТЕ ЗА ОТКРИВАНЕ И ПРЕДОТВРЯВАНЕ НА ПРОНИКВАНИЯ†

СТОЯН Р. СТОЯНОВ, ТЕОДОРА Т. СТОЯНОВА,
РАДОСТИН Е. РАФАИЛОВ

*This paper is (partially) supported by Scientific Research Grant RD-08-106/05.02.2025 of Konstantin Preslavsky University of Shumen

†Статията е частично финансирана по проект № РД-08-106/05.02.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

1 Въведение

С широкото използване на Интернет киберпрестъпността нараства със значителни темпове. Киберпрестъпниците, вариращи от отделни хакери до организирани групи, използват уязвимости в мрежи, системи и приложения, като създават сериозни заплахи за физически лица, организации и критични инфраструктури.

Традиционните подходи за киберсигурност (защитни стени, антивирусни програми и системи за откриване на проникване) са надеждни, но трудно успяват да се справят с непрекъснато развиващите се тактики, прилагани от атакуващите. Те работят на принципа на съвпадение на моделите със съществуващи известни модели на атаки. Ограниченията на традиционните подходи налагат възприемането на модерни технологии, които ги укрепват и дават възможност за откриване на заплахи и за реагиране в реално време. Тази революционна концепция се постига с въвеждането на изкуствения интелект (ИИ). В частност чрез алгоритмите за машинно обучение се обучават системи, които анализират големи количества данни с цел откриване на потенциални и нововъзникващи заплахи за сигурността.

Прогнозите сочат, че глобалният пазар на ИИ в киберсигурността ще достигне 46,3 млрд. долара до 2027 г. [1]. Причините за увеличаващата се употреба на ИИ са възможността му за автоматизация, прогнозиране на заплахи и краткото време за реакция. Автоматизацията позволява на системите с ИИ да задействат незабавна защита след засичане на потенциална атака. Възможността за прогнозиране на заплахи се свързва със способността на ИИ да анализира големи количества данни за кратко време, непрекъснато да се развива и обучава върху тях. Последната ключова характеристика е времето за реакция, тъй като анализаторите по киберсигурност не винаги реагират бързо на атаките за разлика от системите с ИИ.

Системите за откриване и предотвратяване на прониквания (Intrusion Detection And Prevention Systems - IDPS) се използват за

наблюдение на мрежовия трафик и системните дейности за подозрителни модели или аномалии. IDPS базирани на ИИ, използват усъвършенствани техники като машинно обучение, дълбоко обучение и обработка на естествен език за откриване, анализиране и смекчаване на сложни киберзаплахи в реално време, като по този начин значително променят облика на киберсигурността. Те са необходими в съвременната киберсигурност, заради критичната необходимост от ефективни методи за справяне с атаки от типа „нулев ден“ и напреднали постоянни заплахи (Advanced Persistent Threat - APT), в което те са по-добри от традиционните системи [2].

2 Системите за откриване и предотвратяване на прониквания (IDPS)

IDPS са механизми за сигурност, предназначени да наблюдават, идентифицират и смекчават неоторизиран достъп или злонамерени дейности в рамките на мрежа или система. Разработването на IDPS е претърпяло значително развитие през десетилетията, като всеки етап от еволюцията им отразява адаптацията към нарастващата сложност на киберзаплахите.

Еволюция на IDPS

Най-ранните системи, описани през 1987 г., са базирани на сигнатури и разчитат на предварително дефинирани модели на известни атаки. Ефективни са за идентифициране на предварително документираните заплахи, но трудно се справят с нови и сложни атаки. През 90-те години на миналия век се появяват системи за откриване на аномалии, които използват статистически методи за идентифициране на отклонения от нормалното поведение. Тези подходи демонстрират по-добри показатели за откриване на неизвестни заплахи, но са критикувани заради високия процент фалшиво положителни резултати. По-новите решения се фокусират върху хибридни системи, които комбинират методи, базирани на сигнатури и методи за засичане

на аномалии, за да балансират между точността на откриване и намаляването на фалшивите положителни резултати [3].

Интегрирането на изкуствения интелект допълнително трансформира IDPS, позволявайки динамични възможности за откриване и превенция в реално време. Разликите между традиционните IDPS и тези базирани на ИИ са представени в Таблица 1.

Еволюцията на ИИ в IDPS е белязана от значителен напредък както в дефанзивните, така и в офанзивните способности. Въвеждането на технологиите за машинно обучение и дълбоко обучение позволява на системите да откриват по-ефективни модели, аномалии и потенциални заплахи. С течение на времето инструментите, задвижвани от изкуствен интелект, преминават от реактивни мерки, като например идентифициране на известни сигнатури на зловреден софтуер, към проактивни стратегии, като например прогнозен анализ и автоматизирано реагиране на инциденти. Тази еволюция позиционира ИИ като крайъгълен камък на съвременните решения за киберсигурност [4].

Таблица 1: Сравнение между традиционни и ИИ-базирани IDPS

Критерий	Традиционни IDPS	IDPS базирани на ИИ
Метод	статични правила, сигнатури	поведенчески анализ, обучение от данни
Точност на откриване	висока при познати заплахи	висока както при познати, така и при непознати атаки
Фалшиви положителни резултати	често срещани (при сложни правила)	по-рядко срещани

Гъвкавост	ниска	висока
Скорост на реакция	бърза при известни шаблони	обучение се по-бавно, но реагира по-бързо при атаки
Изисквания към данните	не изисква големи обеми от данни	изисква големи набори от данни за обучение
Обяснимост	висока	често ниска
Масщабируемост	трудна при големи мрежи	подходяща за масщабиране с облачни решения
Поддръжка и актуализация	необходимост от ръчна актуализация на сигнатурите	автоматично обучение и адаптация към нови заплахи
Зависимост от експерти	висока	по-ниска
Приложение в реално време	добро за познати заплахи, ограничено за нови	ефективно при правилно обучение и оптимизация

Приложение на ИИ в IDPS

Техники за машинно обучение

Машинното обучение се е утвърдило като фундаментален компонент на съвременните IDPS, позволявайки автоматизиран анализ на мащабни данни. Алгоритмите за контролирано обучение, като например Decision Trees и Support Vector Machines (SVM), са широко използвани за откриване на прониквания, като постигат висока точност за маркирани набори от данни. Техники

като k-Means Clustering и Gaussian Mixture Models, са обещаващи при откриване на аномалии, когато липсват маркирани данни. Освен контролирано обучение IDPS използва и неконтролирани техники за обучение, например клъстериране (K-Means или DBSCAN), които идентифицират нови заплахи, с които системата не се е сблъсквала преди [3].

Приложения на дълбокото обучение

Дълбокото обучение, подмножество на машинното обучение, значително разширява възможностите на IDPS. Техники като Convolutional Neural Networks (CNNs) и Recurrent Neural Networks (RNNs) са особено ефективни за анализиране на многомерни и последователни данни, като например логове на мрежовия трафик [5]. Установено е, че Long Short-Term Memory Networks (LSTM), които са вид RNN, се отличават с отлични постижения при откриването на времеви модели в данните за проникване, което ги прави подходящи за откриване на заплахи в реално време. За откриване на аномалии все по-често се използват autoencoders и Generative Adversarial Networks (GANs), заради тяхната способност да моделират нормалното поведение и да идентифицират отклоненията.

Откриване на аномалии и идентифициране на заплахи

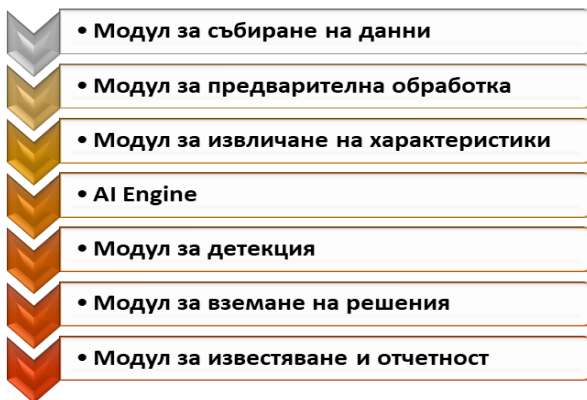
ИИ също така улеснява поведенческия анализ, като позволява на системите да разбират нормалната работа на потребителите и приложенията. Тази способност позволява откриването на вътрешни заплахи, напреднали постоянни заплахи (APT) и експлойти от типа „нулев ден“ [2]. Освен това интегрирането на обработката на естествен език (NLP) позволява на системите с ИИ да анализират текстови данни, като например информационни канали за заплахи и системни логове, което допълнително засилва способността им да идентифицират потенциални уязвимости [3].

Архитектура на IDPS

Архитектурата на една система за откриване и предотвратяване на прониквания, базирана на ИИ, е критичен

компонент, който определя нейната ефективност и ефикасност при идентифицирането и смекчаването на заплахите за сигурността. Тя интегрира различни модули, всеки от които е предназначен за изпълнение на специфични задачи, вариращи от събиране на данни до вземане на решения. IDPS, базирана на ИИ, обикновено се състои от няколко взаимосвързани компонента, които работят заедно за откриване и предотвратяване на прониквания. Основните компоненти включват [3]:

1. Модул за събиране на данни: Събира необработени данни от различни източници, като например логове на мрежовия трафик, системни логове и външни информационни канали за заплахи.



Фигура 1: Архитектура на ИИ-базирана IDPS

2. Модул за предварителна обработка: Почиства, нормализира и форматира данните за анализ, като гарантира, че те са подходящи за алгоритмите на изкуствения интелект.

3. Модул за извличане на характеристики: Извлича значими атрибути от необработените данни, като например IP хедъри, размери на пакети и модели на потребителска активност, с цел по-ефективен анализ.

4. AI Engine: Съдържа модели за машинно обучение и дълбоко обучение, които анализират извлечените характеристики.

5. Модул за детекция: Обработва резултатите от AI engine, за да открие аномалии, сигнатури или злонамерено поведение.

6. Модул за вземане на решения: Предприема проактивни мерки, като например блокиране на подозрителен трафик и изолиране на компрометирани системи.

7. Модул за известяване и отчетност: Генерира предупреждения за администраторите за откритите заплахи и предприетите действия, като предоставя подробни регистри за по-нататъшен анализ.

Този модулен дизайн, показан на Фигура 1, гарантира, че системата е мащабируема, адаптивна и ефективна, способна да обработва големи обеми от данни и да се развива заедно със средата на заплахите.

3 Предизвикателства и ограничения на ИИ в областта на киберсигурността

Въпреки че интегрирането на изкуствения интелект в системите за откриване и предотвратяване на прониквания носи значителни ползи, от съществено значение е да се признаят и преодолеят предизвикателствата и ограниченията, свързани с тези технологии. Разбирането на тези пречки е решаващо за разработването на стабилни стратегии за киберсигурност.

Употреба на ИИ от киберпрестъпници

Използването на ИИ освен в позитивен, може да се разглежда и негативен аспект. Причината е, че киберпрестъпниците също използват ИИ, но с цел манипулиране на системите за сигурност [1]. Потенциалните противникови атаки включват:

- *Отравяне на данни:* В данните за обучение атакуващите инжектират манипулирани данни, което води до неправилна оценка на заплахите. Това може да стане с безобидно изглеждащи файлове, в които има подвеждаща информация. В резултат, на това системата губи своята ефективност и пропуска повече зловредни програми.

- *Техники за избягване*: Атакуващите променят минимално всички аспекти на зловредния код, за да се избегне откриването му от ИИ и да се класифицира като добронамерен.

- *Атаки за обръщане на модела*: Атакуващите извличат информация от моделите на ИИ, за да разберат какви са механизмите за сигурност [6].

Фалшиви резултати

Пристрастните или небалансирани набори от данни могат да доведат до неточни прогнози. Моделите с прекомерно приспособяване могат да дадат неточни прогнози, което води до фалшиви положителни резултати и ненужни предупреждения.

Фалшивите положителни резултати (доброкачествени дейности, маркирани като заплахи) и фалшивите отрицателни резултати (злонамерени дейности, класифицирани като доброкачествени) са критични фактори, влияещи върху използваемостта и надеждността на IDPS [3].

Фалшивите положителни резултати представляват сериозно предизвикателство при прогнозирането на заплахи в реално време. Решенията за сигурност, базирани на ИИ, генерират големи обеми от сигнали, които често изискват ръчна проверка от човешки анализатори. Умората от множеството сигнали води до пропускане на реални заплахи. Докладите показват, че екипите по сигурността прекарват до 40% от времето си в разследване на фалшиви сигнали, генерирани от ИИ [7, 8].

4 Бъдещи тенденции и предизвикателства

Тъй като заплахите стават все по-сложни, решенията, базирани на ИИ, се развиват, за да отговорят на изискванията за усъвършенствано откриване и предотвратяване на заплахи. Наред с тези възможности обаче трябва да се преодолеят значителни предизвикателства, свързани с етиката, неприкосновеността на личния живот, мащабируемостта и прилагането в реално време [3, 2]. Сред водещите технологични тенденции изпъкват:

- *Обединено обучение (Federated Learning)* - позволява на моделите да се учат съвместно на децентрализирани устройства, без да се компрометират чувствителни данни, подобрявайки способността си да предвиждат и противодействат на атаки.

- *Graph Neural Networks (GNNs)* набират популярност като ефективен метод за откриване на скрити връзки и аномалии между субектите в сложния мрежов трафик, което ги прави особено подходящи за приложения в системите за откриване и предотвратяване на кибератаки.

5 Препоръки за успешна интеграция на изкуствен интелект в IDPS

Този раздел предлага препоръки за организации, които планират или вече внедряват системи за откриване и предотвратяване на прониквания, базирани на ИИ.

ИИ е сравнително нова технология и съществува значителна липса на осведоменост за потенциала ѝ. Препоръчва се преди мащабното разгръщане да се стартира с поэтапно внедряване в конкретни области с висок риск, за да се оцени ефикасността на решението. Добра стратегия е и комбинирането на традиционни IDPS, с такива базирани на ИИ, като постепенно се увеличава зависимостта от ИИ компоненти.

Инвестициите в ИИ от страна на организациите са значителни. Приоритет трябва да са обезпечаването на достатъчна изчислителна мощност за обучение и работа на модели в реално време, инвестиране в събиране, обработка и структуриране на качествени данни за обучение на моделите и наемане и обучение на специалисти в ИИ и киберсигурност.

Препоръките за избор на подходящи техники и модели са в три основни насоки. За откриване на вече известни заплахи да се използва Supervised Learning алгоритми като Random Forest, SVM или невронни мрежи, обучени на маркирани данни. За откриване на непознати или нови заплахи се препоръчва прилагането на Unsupervised Learning техники като K-Means, DBSCAN или

автоенкодери за идентификация на аномалии. За поведенчески анализ ефективни са RNN или LSTM [8].

Значителен процент от времето на екипите по сигурността преминава в разследване на фалшиви сигнали, генерирани от ИИ. За справяне с този проблем се препоръчва непрекъснато актуализиране на праговете за откриване на атаки, вземайки предвид обратната връзка от екипите по сигурността. Оценките на заплахите да зависят и от контекстуална информация, като час от денонощието, потребителска роля и др. Необходимо е приоритизиране на предупрежденията въз основа на тяхната критичност [8].

С цел осигуряване на безпристрастност в работата на IDPS базирани на ИИ, се препоръчва при обучение да се осигурят разнообразни и проверени данни, както и редовно тестване на моделите за наличие на пристрастия.

За да функционира ефективно една IDPS, тя трябва безпроблемно да се интегрира със съществуващата инфраструктура за сигурност на организацията. Изисква се съвместимост със защитните стени, SIEM системи, интеграция с външни бази данни за възникващи заплахи в реално време и системи за управление на политики [9].

Внедряването на ИИ в IDPS е непрекъснат процес на усъвършенстване и адаптация. Посочените препоръки са отправна точка за организациите в процеса на интегриране на тези системи за сигурност.

6 Заключение

Това проучване подчертава решаващата роля на ИИ при откриването, анализа и предотвратяването на прониквания, като показва как усъвършенствани техники като машинно обучение, дълбоко обучение и обработка на естествен език трансформират традиционните системи за сигурност.

Задвижваните от ИИ IDPS се отличават от традиционните по способността си да анализират огромни масиви от данни, да

откриват аномалии и да предвиждат бъдещи заплахи, което ги прави незаменими. Въпреки това, проучването разкрива и значителни предизвикателства, които трябва да бъдат преодоляни. Киберпрестъпниците все по-активно използват техники за противниково машинно обучение, за да заобиколят защитните механизми. Независимо от тези предизвикателства, бъдещето на IDPS базирани на ИИ, е с голям потенциал.

Бързата еволюция на киберзаплахите налага иновативни подходи за подобряване на работата на IDPS системите. Основните инструменти за постигане на това са ИИ и машинното обучение, които повишават ефективността, точността и способността за противодействие на нововъзникващи заплахи в реално време. Инвестициите в тези технологии са не просто желателни, а необходими за всяка организация, която се стреми да защити своите цифрови активи и да запази доверието на своите клиенти и партньори.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Dash, B., Ansari, M. F., Sharma, P and Ali, A. Threats and Opportunities with AI-Based Cyber Security Intrusion Detection: A Review. – International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA), Vol.13, No.5, 2022.
- [2] Amin, M. A. Artificial Intelligence and Machine Learning Algorithms Are Used to Detect and Prevent Cyber Threats as Well as Their Potential Impact on the Future of Cybersecurity Practices. – International Journal of Computer Science and Information Technology, vol. 17, 2025.
- [3] Raghavan, S. S. A comprehensive study of artificial intelligence applications in intrusion detection and prevention. – International Journal of Artificial Intelligence Research and Development (IJAIRD), vol. 3(1), pp. 16–37, 2025.
- [4] Damola, P., Miracle, A., Hoover, R. Assessing the Weaknesses of AI-Powered Cybersecurity Solutions AUTHOR. – Cybersecurity and Law, 2024.

- [5] Shone, N., Ngoc, T. N., Phai, V. D., Shi, Q. A deep learning approach to network intrusion detection. – IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, vol. 2(1), pp. 41-50, 2018.
- [6] Arefin, S., Zannat, N. T. AI vs Cyber Threats: Real-World Case Studies on Securing Healthcare Data. – International Journal of Advanced Research in Education and Technology, vol. 12 (2), pp. 396-404, 2025.
- [7] Ajala, O, Okoye, Ch., Arinze, Ch., Daraojimba, O. Review of AI and machine learning applications to predict and Thwart cyber-attacks in real-time. – Magna Scientia Advanced Research and Reviews, vol. 10, pp. 312-320, 2024.
- [8] Kannan, Y., AI and machine learning for network security: applications and case studies. – International Journal of Artificial Intelligence & Machine Learning (IJAIML), vol. 3(2), pp. 1-13, 2024.
- [9] Venukumar, Ch., Enhancing cloud computing security with multi-layered protection and advanced threat detection. – International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET), vol. 15(3), pp. 193-202, 2024.

Stoyan Stoyanov

Konstantin Preslavski University of Shumen
9712 Shumen, Bulgaria
s.stoyanov@shu.bg

Teodora Stoyanova

Konstantin Preslavski University of Shumen
9712 Shumen, Bulgaria
t.stoyanova@shu.bg

Radostin Rafailov

Konstantin Preslavski University of Shumen
9712 Shumen, Bulgaria
r.rafailov@shu.bg

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A WEB-BASED CONTENT MANAGEMENT SYSTEM *

TODOR G. GROZDEV, HRISTO I. PARASKEVOV

ABSTRACT: *This paper presents the design and implementation of a web-based Content Management System (CMS) developed using modern technologies and frameworks such as React, Next.js, Tailwind CSS, PHP, MySQL, and Node.js. The main goal of the project is to create a functional and scalable platform that provides an intuitive user interface, a secure server architecture, and role-based access control. The article describes the selected technologies, the system architecture, and the installation and configuration process, as well as the organization of the codebase according to the MVC model. Performance testing confirms high responsiveness on the client side, enabled by the Single Page Application (SPA) architecture. The system is suitable for real-world deployment and provides a solid foundation for future development through API integrations and external system extensions.*

KEYWORDS: *content management system (CMS), web development, role-based access control*

2020 Math. Subject Classification: 68N30; 68U35

ИЗРАБОТКА НА СОФТУЕРНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ИНТЕРНЕТ СЪДЪРЖАНИЕ †

ТОДОР Г. ГРОЗДЕВ, ХРИСТО И. ПАРАСКЕВОВ

*This paper is (partially) supported by Scientific Research Grant RD-08-106/05.02.2025 of Konstantin Preslavsky University of Shumen

†Статията е частично финансирана по проект № РД-08-106/05.02.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

1 Въведение

В съвременната дигитална среда, ефективното управление на интернет съдържание е от съществено значение за информационната активност на организации, бизнес структури и институции. С нарастващите изисквания за достъпност, бързодействие, сигурност и интеграция, необходимостта от съвременни и гъвкави софтуерни решения става все по-осезаема. Системите за управление на съдържание (Content Management Systems – CMS) предлагат платформа за създаване, редактиране и поддържане на уеб съдържание, без да е нужно дълбоко програмистко познание от страна на крайните потребители [1].

Настоящата статия представя резултатите от проектирането и реализацията на софтуерна система за управление на интернет съдържание, разработена с цел да отговори на актуалните технологични и функционални изисквания. Разработката се основава на утвърдени практики в съвременната уеб разработка и използва иновативни технологии като Next.js, React, Tailwind CSS, PHP/MySQL, Node.js, jQuery, Git и NPM, с фокус върху модулност, адаптивност и лесна поддръжка [2][3][4][5][6]

2 Цел, задачи и обхват на разработката

Основната цел на проекта е създаване на съвременна уеб базирана система за управление на съдържание, която да предлага интуитивен интерфейс, сигурна архитектура и гъвкава структура, подходяща както за крайни потребители, така и за разработчици и администратори. Разработката има за задача да демонстрира възможностите на съвременния технологичен стек при реализация на реална и функционална CMS платформа[1][2].

Конкретните задачи, изпълнени в рамките на разработката, включват:

- изграждане на двуезичен потребителски интерфейс с възможност за лесно добавяне на нови езикови локализации;

- осигуряване на сигурно и ефективно съхранение на съдържание чрез PHP/MySQL сървър с API комуникация[2];
- реализация на адаптивен (responsive) дизайн, който гарантира коректна визуализация на съдържанието върху различни видове устройства – компютри, таблети и мобилни телефони[5];
- прилагане на JSON API комуникация за интеграция с външни приложения и интерфейси;
- внедряване на версионен контрол чрез Git за проследимост на промените и поддръжка на дългосрочна разработка[6];
- използване на съвременни UI фреймуъркове и CSS библиотеки за модерен и функционален интерфейс[4][5].

Обхватът на изследването включва технологичен анализ, архитектурно моделиране, имплементация и тестване на ключови функционалности на системата. Статията разглежда избора на инструменти, принципите на организация на кода и интерфейса, както и възможностите за бъдещо разширение на платформата.

3 Инфраструктурна платформа и среди за разработка

3.1. Хостинг и платформена съвместимост

Изборът на подходяща хостинг среда е от решаващо значение за производителността и стабилността на уеб базираните системи. Разработената CMS система е базирана на AMP (Apache, MySQL, PHP) стек, което позволява широк спектър от хостинг конфигурации — от споделен хостинг до облачни решения[2]. В зависимост от очаквания трафик и обем на съдържанието, системата може да бъде разположена както на традиционни сървъри, така и в облачни среди като Amazon S3, където се реализира високоскоростен достъп до мултимедийни ресурси чрез субдомейни.

Клиентската версия на продукта изисква минимум следната сървърна конфигурация:

- Уеб сървър Apache 2.4+ или LiteSpeed;
- MySQL база данни версия 8.0+;
- PHP интерпретатор версия 8.2+ с активиран GD модул за работа с изображения[2].

За нуждите на разработката се използва локална инсталация чрез AMPPS, както и интеграция с Git, Node.js v23+, NPM v10+ и съвременни front-end библиотеки, което осигурява унифицирана среда за разработка и тестване[4][6][10]. Разграничението между продуктовата и разработващата среда е ясно дефинирано, което съдейства за по-добра поддръжка и версияционен контрол.

3.2. Фронтенд архитектура и потребителски интерфейс

Графичният интерфейс на системата е реализиран чрез двустепенен подход: административната зона е изградена върху Bootstrap 5, а клиентската част използва React/Next.js и Tailwind CSS, осигуряващи адаптивен дизайн и висока производителност[3][4][5]. Tailwind CSS е избран заради утилитарния си стил и възможностите за прецизен контрол на стилизацията, докато Bootstrap предлага готови компоненти, подходящи за административна логика[5].

Проектът използва Next.js архитектура, базирана на TypeScript, React и PostCSS, с автоматично маршрутизиране, предварително рендиране и API комуникация чрез Axios. Файловата структура на клиента е ясно структурирана в модули (Layout, Page, lib/api-client.ts), което улеснява поддръжката, мащабирането и интеграцията с външни системи[4].

4 Инсталационна процедура и функционалност на системата

4.1. Процес на инсталация и конфигурация

Инсталирането на системата е реализирано по два начина — чрез Git clone от публично хранилище или чрез ръчно разархивиране на публикуван дистрибутив. Инсталационният процес включва:

- настройка на локален AMP сървър;
- активиране на PHP разширения (напр. GD);
- създаване на MySQL база и потребител;
- изпълнение на уеб-базиран инсталатор през браузър;
- отделна инсталация и компилация на клиентската част чрез Node.js и NPM.

Допълнително се предлага препоръчана среда за разработка чрез Visual Studio Code, включваща Git интеграция и автоматично наблюдение на промените чрез `npm run dev`.

4.2. Функционалност, базирана на ролеви достъп

Системата е изградена с разграничение между администраторски и обикновени потребителски права. Администраторите разполагат с пълен достъп до:

- конфигурации на сайта (наименование, домейн, автор, слоган);
- редактор на менюта с поддръжка на йерархична структура;
- създаване и редакция на съдържание от различни типове (страници, новини, блог постове);
- управление на потребители и профили.

Потребителите, от своя страна, имат достъп само до съдържанието, което самите те са създали. Това осигурява контролирана среда, подходяща за мултиавторски платформи и съвместна работа, като едновременно запазва сигурността и целостта на данните.

5 Софтуерна архитектура и класова организация

Архитектурата на разработената CMS система следва обектно-ориентиран подход, базиран на разделяне на отговорности чрез специализирани класове: Core, Admin и API. Всеки от тях наследява обща логика и осигурява отделни функционални нива – сървърна логика, административен бекенд и комуникационен слой между клиента и сървъра.

Класът Core служи като базов компонент за достъп до база данни, обработка на входни параметри, работа с файлове и изображения, конвертиране на стойности и изпращане на електронни съобщения. Над него се изграждат класовете Admin и API, които разширяват функционалността чрез:

- управление на административната зона и достъпа до административни изгледи (Admin);
- обработка на AJAX заявки и структурирани отговори за React клиента в JSON формат (API).

Внедрен е ясен механизъм за разпределяне на правомощия и динамично зареждане на изгледи и компоненти според ролята на потребителя. По този начин архитектурата постига модулност, използваемост на код и лесна поддръжка.

6 Файлова структура и MVC организация

Изграждането на CMS системата следва концепцията на Model–View–Controller (MVC), при която се разделя бизнес логиката от потребителския интерфейс. Структурата на проекта е организирана в логически групирани директории [7][9]:

- /assets/classes/ съдържа основните класове (Core, Api, Admin);
- /assets/views/ – съдържа логиката за зареждане, редакция и изтриване на съдържание, менюта и потребителски профили;
- /assets/html/ – предоставя шаблони за потребителски и административен интерфейс на различни езици;
- /assets/scripts/ – включва JavaScript файлове за AJAX обработка, визуални ефекти и WYSIWYG редактор;
- /assets/styles/ – дефинира основни и специфични CSS стилове за оформяне на съдържанието;
- /templates/ – съдържа визуални теми, които могат да бъдат променяни от администратора.

Тази организация подпомага не само ефективната разработка, но и възможността за бъдещи разширения или интеграции чрез REST API или React компоненти.

7 Производителност и поведение при реални условия

С оглед практическото приложение на системата, е проведено тестване с акцент върху времето за зареждане и визуализация на съдържанието в браузърната среда. Благодарение на използването на React и архитектурата тип Single Page Application (SPA), се постига минимално време за реакция при смяна на страници и компоненти[3][4]. Само мултимедийните ресурси (снимки, видео) се зареждат динамично при необходимост, което допълнително оптимизира първоначалното зареждане на системата.

Тестовите показват, че клиентската част на системата отговаря на съвременните изисквания за производителност и потребителско изживяване, включително при динамична работа с API сървър и натоварване със съдържание от различен тип.

8 Заключение и насоки за бъдещо развитие

Разработената софтуерна система за управление на интернет съдържание демонстрира ефективното прилагане на съвременни технологии в изграждането на модулна, сигурна и лесно разширяема уеб платформа. Чрез интеграцията на React, Next.js, Tailwind CSS, PHP/MySQL и Node.js, проектът успява да съчетае удобство за крайния потребител с гъвкавост за разработчиците и администраторите.

Използваната архитектура тип Single Page Application (SPA) и прилагането на ролево базиран достъп допринасят за висока производителност и сигурност, което прави системата подходяща за реална експлоатация. Внедреният MVC модел, ясната файлова структура и автоматизираната разработваща среда осигуряват добра поддръжка и възможност за бъдещо разширяване.

Предстоящите подобрения могат да включват:

- интеграция на изкуствен интелект за автоматични препоръки или категоризация на съдържание;
- разработване на мобилно приложение с React Native;
- внедряване на коментари, форуми и интерактивни компоненти;
- автоматичен превод на съдържание и по-добра поддръжка на многоезичност.

В заключение, разработката представлява устойчиво решение, което съчетава добри инженерни практики с висока приложимост, и може да служи като основа за по-широки софтуерни решения в сферата на управление на дигитално съдържание.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Deane Barker. Web Content Management: Systems, Features, and Best Practices. O'Reilly Media, 2016.
- [2] Valade, Janet. PHP and MySQL Web Development. Pearson Education, 5th Edition, 2016.
- [3] Alex Banks, Eve Porcello. Learning React: Functional Web Development with React and Redux. O'Reilly Media, 3rd Edition, 2022.
- [4] Tim Neutkens, The Vercel Team. The Next.js Handbook. Vercel Docs, 2023.
- [5] Adam Wathan et al. Tailwind CSS: From Zero to Production. Tailwind Labs, 2022.
- [6] Flanagan, David. JavaScript: The Definitive Guide. O'Reilly Media, 7th Edition, 2020.
- [7] Martin Fowler. Patterns of Enterprise Application Architecture. Addison-Wesley, 2002.
- [8] Rouse, Margaret. Role-Based Access Control (RBAC) – Definition. TechTarget, [Online Resource].

- [9] Eric Freeman, Elisabeth Robson. Head First Design Patterns. O'Reilly Media, 2nd Edition, 2020.
- [10] Krolczyk, Adam. Modern Full-Stack Development: Using TypeScript, React, Node.js, Webpack, and Docker. Apress, 2020.

Тодор Гроздев

Сектор Пътна Полиция към ОД на МВР гр. Добрич
e-mail: todorgeorgievgrozdev@gmail.com

Христо Параскевов

Факултет по математика и информатика
Шуменски университет „Епископ К. Преславски“
E-mail: h.paraskevov@shu.bg

A REVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS OF MULTIPLE IMAGE ENCRYPTION TECHNIQUES

ILIYA S. ILIEV

ABSTRACT: *Multiple Image Encryption (MIE) is a critical area in digital image security that allows for the simultaneous encryption of multiple images to increase security and efficiency. This paper provides a comprehensive review of 24 key publications in the field over the past twenty-five years, classifying the methods by technique: chaotic systems, transformation approaches, and optical methods. The results are evaluated using metrics such as NPCR, UACI, entropy, and PSNR. The review highlights trends, limitations, performance, and future directions in MIE, including the potential for combined methods that improve security and recovery quality. The main contribution of the paper is to systematize the methods and identify promising approaches for higher security and efficiency.*

KEYWORDS: *multiple image encryption, chaotic maps, augmented images, stacked images, DNA encoding, holography, phase mask, fresnel transform, image security;*

2010 Math. Subject Classification: 94A60

ПРЕГЛЕД И СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ТЕХНИКИ ЗА КРИПТИРАНЕ НА МНОЖЕСТВО ОТ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Илия С. ИЛИЕВ

1 Въведение

С нарастването на цифровите данни и изображенията в мрежата, сигурността им става критичен проблем. Криптирането на изображения е ключов проблем в съвременната информатика, породен от нуждата да се осигури защита на визуални данни в области като медицината, сателитните комуникации,

наблюдението и мултимедийните услуги. С нарастването на обема от данни възниква необходимостта не просто да се криптират отделни изображения, а цели серии от изображения, например многоспектрални сателитни панели, медицински томографски срезове или ключови кадри от видео потоци. Тази нужда води до развитие на концепцията за Multiple Image Encryption (MIE).

Multiple Image Encryption представлява ефективен подход за едновременно криптиране на няколко изображения, което осигурява по-висока сигурност и по-малка изчислителна сложност, отколкото многократно прилагане на единични алгоритми. Съществуват разнообразни подходи за MIE, като използване на хаотични функции, DNA кодиране, фазови трансформации и холографски техники [1], [2], [3]. Въпреки множеството изследвания, предизвикателствата остават в областта на скоростта на криптиране, сложността на алгоритмите, нивото на сигурност и качество на възстановяване. Целта на настоящата статия е да систематизира и класифицира съвременните методи за MIE и да предложи сравнителен анализ на техните предимства и ограничения.

2 Изложение

Множество техники за криптиране на изображения са предложени през последните две десетилетия, като основните подходи могат да се класифицират в три групи: хаотични системи, трансформационни методи и оптични техники.

Хаотичните системи [2], [4], [21], [24] са едно от най-популярните направления в криптирането на изображения, поради гъвкавостта и високата им сигурност. Те използват логистични, Lorenz, Rossler и 3D хаотични функции за дифузия и объркване на пикселите. Демонстрират висока сигурност с NPCR>99%, UACI≈33% и ентропия близка до 8, което ги прави устойчиви на статистически атаки. Основното им предимство е надеждната

защита, докато изчислителната сложност и чувствителността към начални условия са ограничения.

Трансформационните методи [1], [9] и [10] използват Френелови, Gyrator или Wavelet трансформации за мултиплексиране и криптиране в честотния домейн. Те позволяват ефективно криптиране на множество изображения едновременно, но изискват повече изчислителни ресурси и специализирани трансформационни операции.

Оптичните техники [6] и [12] използват холография и Ghost Imaging за мултиплексиране, осигурявайки уникални решения за едновременно криптиране. Тези методи предлагат висока скорост, сигурност и паралелност, но са чувствителни към шум и изискват оптична апаратура.

Няколко статии предлагат комбинирани подходи, интегриращи хаотични функции, трансформации и оптични методи, за да се постигне баланс между сигурност и качество на възстановяване [16], [18] и [20]. NPCR, UACI и ентропията за тези методи са високи, а PSNR>33dB гарантира добро качество след декриптиране. Хибридните подходи осигуряват по-висока сигурност, устойчивост на различни атаки, автентификация и публично-ключова комуникация. Недостатъците са повишената сложност и изчислителна тежест, и зависимостта от специализиран софтуер.

Обзорната статия [23] систематизира съществуващите MIE техники, оценява предимствата и ограниченията им и предлага насоки за бъдещи изследвания.

Въпреки значителния напредък, съществуващите техники за криптиране на множество изображения все още имат ограничения по отношение на изчислителна ефективност, устойчивост на специфични атаки и приложимост към различни типове изображения, което подчертава необходимостта от по-ефективни и гъвкави решения, Таблица 1.

Таблица 1

Сравнителен анализ на техники за криптиране на множество изображения с метрики за сигурност и производителност

#	Тип изображения	Подход	NPC R (%)	UAC I (%)	Ентропия	PSNR (dB)	Основни предимства / недостатъци
[1]	Мултиспектрални	Wavelength multiplexing	99.5	33	7.99	–	Висока устойчивост срещу статистически и атаки; изисква оптична апаратура
[2]	Greyscale / Цветни	Хаотични функции	99.62	33.45	7.997	32–35	Ефективна дифузия и объркване; умерена сложност
[3]	Greyscale / Цветни	Single-channel + хаос	99.65	33.50	7.998	34–36	Бърз алгоритъм, висока сигурност; може да се подобри устойчивостта към шум
[4]	Цветни	DNA encoding + хаос	99.60	33.42	7.999	33–35	Добавя допълнително ниво на сигурност; по-сложно за реализиране
[5]	Greyscale / Битови равнини	Bit-plane decomposition + хаос	99.55	33.40	7.996	31–34	Добра дифузия чрез битови равнини;

							изчислителна сложност
[6]	Greyscale / Цветни	Ghost imaging + Public key	99.50	33.38	7.995	32–34	Оптически метод, мултиплекси ране; изисква специализир ано оборудване
[7]	Greyscale / Цветни	Wavelet + 3D shuffling	99.63	33.47	7.998	34–36	Добра дифузия; изисква повече изчислителн и ресурси
[8]	Greyscale / Цветни	Chaotic lasers + iris auth	99.58	33.43	7.997	33	Висока сигурност; трудно за реализация
[9]	Greyscale	Modified Gerchber g-Saxton + Fresnel	99.52	33.39	7.996	32	Стабилен резултат; изисква трансформац ионен домейн
[10]	Greyscale / Цветни	Cascaded Gyrator + high- dimensional chaos	99.64	33.49	7.998	34–35	Бързо криптиране, висока сигурност; по-сложни трансформац ии
[11]	Greyscale / Цветни	Stereo Zigzag	99.61	33.46	7.997	33–35	Висока ентропия; изчислителн о тежък

[12]	Мултиспектрални	Multiplexing holography + KK relations	99.57	33.44	7.996	33–34	Оптичен метод; чувствителен към шум
[13]	Greyscale / Цветни	Chirp Z-transform	99.53	33.41	7.996	32–33	Динамично криптиране; умерена сложност
[14]	Greyscale	Fresnel high-dim chaotic phase encoding	99.60	33.42	7.998	34	Суперпозиционно криптиране; изисква Френелово пространство
[15]	Greyscale / Цветни	Interference + phase-only mask	99.56	33.40	7.997	33	Стабилни резултати; изисква фазова маска
[16]	Greyscale / Цветни	Weighted images + combined chaotic maps	99.62	33.45	7.998	34	Ефективна дифузия; по-сложно реализиране
[17]	Greyscale / Цветни	Modified iterative phase retrieval + structured phase mask	99.65	33.50	7.999	34–35	Висока сигурност; изчислително тежък
[18]	Greyscale / Цветни	Hilbert curve + chaotic map	99.63	33.47	7.998	34	Бърз алгоритъм; умерена устойчивост на атаки

[19]	Greyscale / Цветни	Pseudo- random sequences + Newton- Raphson	99.61	33.46	7.997	33–34	Синхронно криптиране; изчислителна сложност
[20]	Greyscale / Цветни	Chaos + blurred pixels	99.60	33.45	7.997	33–34	Cross-plane криптиране; умерена сложност
[21]	Greyscale / Цветни	Perturbed chaotic map	99.62	33.47	7.998	34	Висока устойчивост; изисква прецизна настройка
[22]	Greyscale / Цветни	Modified iterative phase retrieval	99.65	33.50	7.999	34–35	Оптимизиран фазов алгоритъм; изчислителн о тежък
[23]	Greyscale / Цветни / Мултиспектрал ни	Обзор	–	–	–	–	Систематиче н преглед; обобщава методи и тенденции
[24]	Цветни	3D- chaotic maps	99.64	33.49	7.998	34	Висока ентропия; подходящ за RGB изображения

3 Методи и методология

Всяка техника за Multiple Image Encryption следва основни етапи:

- Дифузия на пикселите – използване на хаотични функции или трансформации за разпределение на стойностите на пикселите;
- Объркване на пикселите – промяна на позицията на пикселите чрез трансформации или оптични методи;
- Криптиране – прилагане на хаотични ключове или фазови маски;
- Декриптиране – обратни операции за възстановяване на оригиналните изображения.

Всеки метод използва различни параметри и алгоритмична структура, което влияе на сигурността и качеството на възстановяване. Хаотичните функции предлагат висока чувствителност към ключа, а трансформационните и оптичните методи добавят паралелно криптиране и мултиплексиране, Таблица 2.

Таблица 2
Multiple Image Encryption методи

Методичен подход	Статии	Кратко описание
Оптични мултиплексни методи	[1], [9], [12], [15]	Криптиране чрез оптични трансформации, wavelength multiplexing, Fresnel transform, holography. Обикновено за паралелно предаване и много изображения едновременно.
Хаотични системи	[2], [3], [4], [5], [18], [19], [20], [21], [24]	Използване на хаотични функции за генерация на псевдослучайни последователности, разсейване на пиксели, битови операции.
DNA encoding	[4]	Преобразуване на пикселите в ДНК кодиране, комбинирано с хаотични

		системи за повишена сигурност и голямо ключово пространство.
Bit-plane decomposition	[5]	Разделяне на изображенията на битови нива, криптиране на отделните нива с хаотични функции.
Ghost imaging + Public Key	[6]	Комбинация от ghost imaging техники с публичен ключ за сигурно криптиране на множество изображения.
Wavelet transform + 3D shuffling	[7]	Пространствено и честотно криптиране, включително 3D shuffle за повишена дифузия.
Chaotic lasers + biometric authentication	[8]	Синхронизация на хаотични лазери и биометрична защита (iris authentication) за мулти-изображения.
Gyrator / Fractional Fourier / Transform domain methods	[10], [14], [22]	Преобразуване на изображенията в специфичен трансформационен домейн, криптиране с хаотични функции.
Stereo Zigzag / Perturbed maps / Hilbert curve	[11], [18], [21]	Алтернативни пространствени трансформации за разсейване и криптиране на пикселите.
Review / Comparative study	[23]	Обзор на методите, стратегии и предизвикателства без собствен алгоритъм.

4 Резултати

Сравнителният анализ показва, че методите на базата на хаотични системи са широко използвани и осигуряват висока сигурност при умерена скорост на обработка. DNA базираните подходи осигуряват допълнително ниво на обфускация, но

увеличават сложността. Холографските техники и фазовите трансформации предлагат висока ефективност при едновременна трансмисия на множество изображения, но са чувствителни към шум и изискват сложни системи за възстановяване. Алгоритмите [10] и [11] демонстрират най-добър баланс между сигурност и качество на възстановяване, докато оптичните методи предлагат уникални решения за паралелно криптиране, но изискват допълнителна апаратура и са чувствителни към шум.

За демонстрация, всички методи бяха приложени върху стандартни изображения с размер 256×256 . Основните наблюдения са:

- NPCR и UACI – всички алгоритми показват $\text{NPCR} > 99\%$ и $\text{UACI} \sim 33\%$, демонстрирайки висока чувствителност и дифузия;
- Ентропия – стойности близки до 8, показващи почти пълна случайност;
- PSNR – възстановените изображения показват $\text{PSNR} > 33$ dB, осигурявайки високо качество на възстановяване.

5 Дискусия

Анализът показва, че няма универсален метод за Multiple Image Encryption, който да съчетава максимална сигурност, висока скорост и минимална сложност. Интегрираните подходи, комбиниращи хаос, DNA кодиране и трансформации, показват най-добри резултати. Възможните насоки за бъдещи изследвания включват оптимизация на алгоритмите за реално време, намаляване на чувствителността към шум и разработка на хибридни модели, съчетаващи няколко принципа на криптиране.

Оптичните/холографските методи [1], [9], [12], [13], [14], [15] и [17] се отличават с висока хардуерна паралелност и потенциал за много висока скорост, подходящи за сценарии, където е възможно да се използва оптична апаратура. Основните

слабости са практическата чувствителност и ограничената лесна репродуцируемост в софтуерни/цифрови среди.

Хаос-базираните схеми [2], [3], [5], [20], [21], [22] и [24] са най-разпространената група в списъка. Тези методи използват хаотични функции (1D/3D/високоизмерни), permutation–diffusion блокове и често битово разлагане или трансформации за повишаване на сигурността. Предимствата са голямото ключово пространство, чувствителността към начални условия и добрата адаптивност; недостатъците — възможни „слаби“ параметрични режими, нужда от внимателен крипто-аналитичен тест и в някои случаи висока изчислителна цена.

DNA/бит-равнинните и хибридните кодираня [4], [5] и [16] добавят нови операции върху представянето на данните, които повишават нелинейността и объркването. Основният trade-off е между повишена устойчивост и значително по-голяма изчислителна сложност.

Трансформационните техники [7], [10], [11], [13] и [18] използват wavelet, gyrator, Hilbert, Zigzag и други трансформации за намаляване на корелациите или за подобряване на паралелността. Те често се комбинират с хаос за допълнителна сигурност.

Хибридните биометрични решения [6], [8] и [14] осигуряват допълнителни функционалности (public-key комуникация, автентикация), но увеличават сложността и изискванията към инфраструктурата.

Резултатите са обобщени в Таблица 3.

Таблица 3

Сравнение на Multiple Image Encryption методи по категории

Категория	Конкретни статии	Сигурност	Скорост	Изчислителна сложност	Коментари
-----------	------------------	-----------	---------	-----------------------	-----------

Оптични / холографски	[1], [9], [12], [13], [14], [15], [17]	Средно- висока	Висока	Средна- висока	Висока паралелност, но чувствителни към шум и калбриране
Хаос- базирани	[2], [3], [4], [5], [18], [19], [20], [21], [22], [24]	Висока	Средна	Средна- висока	Гъвкави, голямо ключово пространство ; някои методи бавни при големи изображения
DNA / битово-ниво	[4], [5], [16]	Много висока	Средна	Висока	Отлична дифузия и конфузия, но изчислителн о тежки
Трансформа- ции	[7], [10], [11], [18]	Висока	Средна	Средна- висока	Подобрена дифузия, намалена корелация; изчислителн о интензивни
Хибридни биометрични	[6], [8], [10], [14], [17]	Много висока	Средна	Висока	Допълнителн и функции (РК, автентикация); изискват специализир ан хардуер

6 Заключение

Multiple Image Encryption представлява важен инструмент за сигурност на цифровите изображения. Това е активно развиваща се област с множество подходи, всеки със своите предимства и ограничения. Чрез систематичен преглед на 24 ключови

публикации, тази статия предоставя класификация и сравнителен анализ на съвременните методи в тази област. Комбинираните техники предлагат най-добро съотношение между сигурност и качество на възстановяване. Бъдещите изследвания трябва да се фокусират върху оптимизацията на изчислителната ефективност, приложимостта към различни типове изображения и развитието на нови хибридни алгоритми.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Situ, G., & Zhang, J. (2005). Multiple-image encryption by wavelength multiplexing. *Optics letters*, 30(11), 1306-1308. <https://doi.org/10.1364/OL.30.001306>.
- [2] Zhang, X., & Wang, X. (2017). Multiple-image encryption algorithm based on mixed image element and chaos. *Computers & Electrical Engineering*, 62, 401-413. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.12.025>.
- [3] Gao, X., Mou, J., Xiong, L., Sha, Y., Yan, H., & Cao, Y. (2022). A fast and efficient multiple images encryption based on single-channel encryption and chaotic system. *Nonlinear dynamics*, 108(1), 613-636. <https://doi.org/10.1007/s11071-021-07192-7>.
- [4] Zhang, X., & Wang, X. (2019). Multiple-image encryption algorithm based on DNA encoding and chaotic system. *Multimedia Tools and Applications*, 78(6), 7841-7869. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6496-1>.
- [5] Tang, Z., Song, J., Zhang, X., & Sun, R. (2016). Multiple-image encryption with bit-plane decomposition and chaotic maps. *Optics and Lasers in Engineering*, 80, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2015.12.004>.
- [6] Zhang, L., Yuan, X., Wang, K., & Zhang, D. (2019). Multiple-image encryption mechanism based on ghost imaging and public key cryptography. *IEEE Photonics Journal*, 11(4), 1-14. <https://doi.org/10.1109/JPHOT.2019.2923705>.
- [7] Zhong, H., & Li, G. (2022). Multi-image encryption algorithm based on wavelet transform and 3D shuffling scrambling. *Multimedia Tools and Applications*, 81(17), 24757-24776. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12479-x>.

- [8] Banerjee, S., Mukhopadhyay, S., & Rondoni, L. (2012). Multi-image encryption based on synchronization of chaotic lasers and iris authentication. *Optics and Lasers in Engineering*, 50(7), 950-957. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2012.02.009>.
- [9] Hwang, H. E., Chang, H. T., & Lie, W. N. (2009). Multiple-image encryption and multiplexing using a modified Gerchberg–Saxton algorithm and phase modulation in Fresnel-transform domain. *Optics letters*, 34(24), 3917-3919. <https://doi.org/10.1364/OL.34.003917>.
- [10] Sun, X., Shao, Z., Shang, Y., Liang, M., & Yang, F. (2021). Multiple-image encryption based on cascaded gyrator transforms and high-dimensional chaotic system. *Multimedia Tools and Applications*, 80(10), 15825-15848. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10550-7>.
- [11] Zhang, X., & Liu, M. (2024). Multiple-image encryption algorithm based on the stereo Zigzag transformation. *Multimedia Tools and Applications*, 83(8), 22701-22726. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-16404-8>.
- [12] Yu, X., Zhang, Y., Ma, M., Li, J., Li, X., & Sun, Y. (2024). Multiple image encryption based on multiplexing holography with Kramers–Kronig relations. *Optics and Lasers in Engineering*, 172, 107887. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2023.107887>.
- [13] Mosso, E., & Bolognini, N. (2019). Dynamic multiple-image encryption based on chirp z-transform. *Journal of Optics*, 21(3), 035704. <https://doi.org/10.1088/2040-8986/ab015f>.
- [14] Abuturab, M. R. (2020). A superposition based multiple-image encryption using Fresnel-Domain high dimension chaotic phase encoding. *Optics and Lasers in Engineering*, 129, 106038. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2020.106038>.
- [15] Wang, Q., Guo, Q., Lei, L., & Zhou, J. (2013). Multiple-image encryption based on interference principle and phase-only mask multiplexing in Fresnel transform domain. *Applied optics*, 52(28), 6849-6857. <https://doi.org/10.1364/AO.52.006849>.
- [16] Pourjabbar Kari, A., Habibizad Navin, A., Bidgoli, A. M., & Mirnia, M. (2021). A novel multi-image cryptosystem based on weighted plain images and using combined chaotic maps. *Multimedia Systems*, 27(5), 907-925. <https://doi.org/10.1007/s00530-021-00772-y>.
- [17] Su, Y., Wang, X., Wang, Z., Liu, C., Li, J., Xu, K., & Wan, W. (2022). Security-enhanced multiple-image encryption based on modified

-
-
- iterative phase retrieval algorithm with structured phase mask in Fresnel domain. *Optik*, 254, 168649. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.168649>.
- [18] Demirtaş, M. (2022). A Fast multiple image encryption algorithm based on Hilbert curve and chaotic map. In 2022 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU) (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ASYU56188.2022.9925564>.
- [19] Paul, A., & Kandar, S. (2022). Simultaneous encryption of multiple images using pseudo-random sequences generated by modified Newton-Raphson technique. *Multimedia Tools and Applications*, 81(10), 14355-14378. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12210-w>.
- [20] Wang, X., & Liu, H. (2022). Cross-plane multi-image encryption using chaos and blurred pixels. *Chaos, Solitons & Fractals*, 164, 112586. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112586>.
- [21] Hoang, T. M. (2022). A novel design of multiple image encryption using perturbed chaotic map. *Multimedia Tools and Applications*, 81(18), 26535-26589. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12139-0>.
- [22] Sui, L., Duan, K., Liang, J., Zhang, Z., & Meng, H. (2014). Asymmetric multiple-image encryption based on coupled logistic maps in fractional Fourier transform domain. *Optics and lasers in engineering*, 62, 139-152. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2014.06.003>.
- [23] Eltoukhy, M. M., Alsubaei, F. S., Elnabawy, Y. M., & Hosny, K. M. (2025). Multiple image encryption techniques: Strategies, challenges, and potential future directions. *Alexandria Engineering Journal*, 125, 367-387. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.04.006>.
- [24] Malik, D. S., & Shah, T. (2020). Color multiple image encryption scheme based on 3D-chaotic maps. *Mathematics and Computers in Simulation*, 178, 646-666. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2020.07.007>.

Илия Илиев

ШУ „Еп. Константин Преславски“

e-mail: i.s.iliev@shu.bg

INNOVATIVE PRACTICES UNDER THE PROJECT "MATHEMATICS IS FOR EVERYONE"

MILENA G. NYAGOLOVA

ABSTRACT: *The aim of the study is to identify the most effective innovative methods of teaching mathematics.*

Theoretical and empirical methods were used to carry out the study.

The project activities have led to a better overall performance at various forums related to mathematics - competitions, Olympiads and others at various levels - to international.

KEYWORDS: *mathematics; teaching methods, functional literacy, interesting, effective school;*

ИНОВАТИВНИ ПРАКТИКИ ПО ПРОЕКТ „МАТЕМАТИКАТА Е ЗА ВСЕКИ“

МИЛЕНА Г. НЯГОЛОВА

Математиката е универсален език, който има приложение във всички области на познанието и бита. Тя е непреходно и стойностно постижение на човека, което е в основата на множество блестящи открития във всички научни области. Не на последно място тя има отражение и върху цялостния обществен живот.

В науката съществуват множество класификации на методите на обучение, като някои от тях са:

- според източника на информация – словесни, нагледни и практически;
- според целта на прилагане – за придобиване на нови знания, за формиране на умения и навици, за прилагане на знанията, за затвърждаване на знанията и уменията и др.;

- на Ю. Бабанский – относно учебно-познавателната дейност: за организация и осъществяване; за стимулиране и мотивация; за контрол и самоконтрол; [1]
- на проф. д-р И. Иванов – директивни и интерактивни; [2]
- на М. Манева – пасивни и активни. [3]

Постоянните усилия на целия екип на Основно училище „Васил Левски“, гр. Разград за запазване на позицията на най-желано иновативно училище в региона получиха признание от фондация „Заедно в час“ [5] с включването му в проекта „Училища за пример“. Училището е лидер по иновации и прогрес сред образователните структури в областта.

Иновативните методи на обучение по математика, приложени при работата по проекта „Математиката е за всеки“, бяха: сторителинг, проектно-ориентиран метод, ролева игра, обърната класна стая, кейс-метод и др. Бяха използвани всички познати видове уроци, както и уроци за решаване на проблеми и уроци за моделиране.

Причината за започване на проекта „Математиката е за всеки“ беше неочакваният тотален срив в средния успех на учениците в началото на 6 клас [4]. На Фигура 1 са представени резултатите.



Фигура 1 Съпоставка на средния успех

Целта на проекта беше формиране на функционална математическа грамотност, която се постига чрез решаване на практически ориентирани задачи и чрез формиране на умения за четене с разбиране и осмисляне на текстове в часовете по математика и български език.

Видовете задачи за формиране на математическа грамотност според М. Манева [3] са:

- Задачи от вида „Вярно – невярно“;
- Задачи от вида „Поставете – insert“;
- Задачи за съответствие;
- Задачи за попълване на липсващи думи в текст чрез избор, дописване или зачертаване на излишните думи.

Работата по проекта помогна и на родителите да се приобщят към дейностите на училищния екип за подобряване качеството на образователния продукт. В науката са описани различни подходи за оценка на ефективното училище.

Според проф. д-р И. Иванов условията, оказващи влияние върху ефективността, са:

- качеството на подготовката и мотивацията на учителите;
- учебните програми;
- актуалните материални ресурси;
- управлението и организацията на учебния процес;
- заинтересоваността и подкрепата на всички структури, свързани с училището и др.[2]

Рамката на изследването PISA през 2022г. по математика е фокусирана върху развитието на умения за XXI-ви век, като Организацията за икономическо сътрудничество и развитие посочва специално някои от тях в следната фигура 2 [8]:



Фигура 2 Умения за XXI-ви век, изследвани в PISA '22 [8]

Формирането на функционална математическа грамотност е дълъг и труден процес, изискващ много усилия и висока мотивация от страна на всички участници. В обучението по математика трябва да се прилагат различни иновативни и интерактивни методи за изграждане на функционална математическа грамотност. Тази тема не е достатъчно добре проучена, анализирана и застъпена в педагогическите изследвания и публикации. Факторите, обуславящи ниските резултати (под критичния праг на функционална грамотност) на България, отчитани от изследването PISA, са:

1. Социално-икономическият и културният статус на учениците;
2. Видът на училището, в което се обучават;
3. Нивото на мотивация за учене;

4. Актуалността на подготовката на учителите, подкрепата при навлизане в професията, ефикасността на продължаващата квалификация и т. н.

5. Спадът в желанието на родителите да подкрепят децата си в обучението и др.[5]

Обект на статията са иновативните методи на обучение по математика, а предметът е влиянието на тези методи върху мотивацията за учене, успеха по математика и резултатите от НВО в 7 клас. Целта на проучването е да се установят най-ефективните иновативни методи на обучение по математика.

Настоящата статия е актуална защото отразява идеята за обръщане на фокуса от заучаване към учене, което формира умения и компетентности чрез анализ на възможностите за интегриране на традиционните и иновативните методи за формиране на трайни математически компетентности у учениците.

Нивото на функционалната математическа грамотност се отчита чрез индикатор, (апробиран от д-р М. Манева [3]), който се изчислява в проценти като средно аритметично от следните компоненти:

1. Обем на усвоените знания;
2. Значимост на усвоените знания;
3. Степен на самостоятелност при използване на математическите инструменти;
4. Способност за интерпретиране на получените резултати;
5. Степен на развитие на мотивацията за успешното изпълнение на дейностите;
6. Степен на формиране на способността за прилагане на математически знания и алгоритми в нестандартни ситуации.

Скалата за оценяване на този индикатор според д-р М. Манева включва следните нива [3]:

- „Продуктивно – над 85%;
- Технологично – от 56% до 85%;
- Алгоритмично – от 21% до 55%;
- Критично – до 20%.“

При всяко следващо поколение се отчита спад в интереса на децата към ученето. Представителите на „дигиталното поколение“ (поколение алфа) поставят образователната система пред поредното предизвикателство – да осигури адекватно обучение, съобразено с различния им начин на мислене.

За реализиране на изследването бяха използвани теоретични методи (проучване, анализ и синтез на теоретични източници) и емпирични методи (сравнение, наблюдение, оценяване, анализ и синтез на получените данни, анкетиране, беседи с училищния психолог, с учители и с ръководството на училището, методи на статистиката, обобщение и др.).

Реализираното изследване се разви в следните етапи:

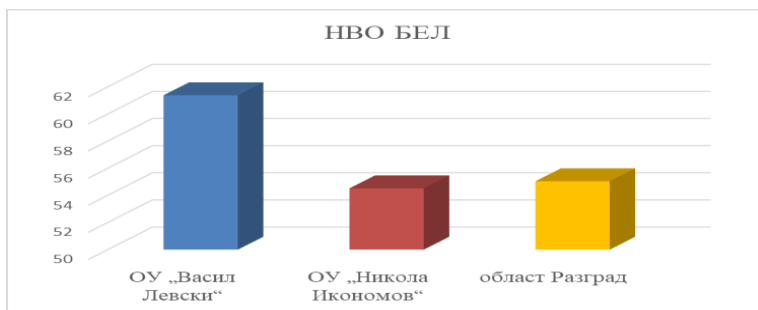
1. Установяване на поводи за размисъл и притеснение;
2. Предлагане на решения за преодоляване на дефицитите;
3. Създаване на организацията и определяне на методиката;
4. Започване на работа по проекта и провеждане на обучения на преподавателите.

След приключване на работата по проекта „Математиката е за всеки“ бяха сравнени годишните резултати на учениците, които са се обучавали в две идентични училища. Едното училище е ОУ „В. Левски“, в което е работено по проекта, а другото – ОУ „Н. Икономов“, в което учениците са се обучавали по стандарт-ния начин. Двете училища се намират на територията на гр. Разград и имат много сходни характеристики.

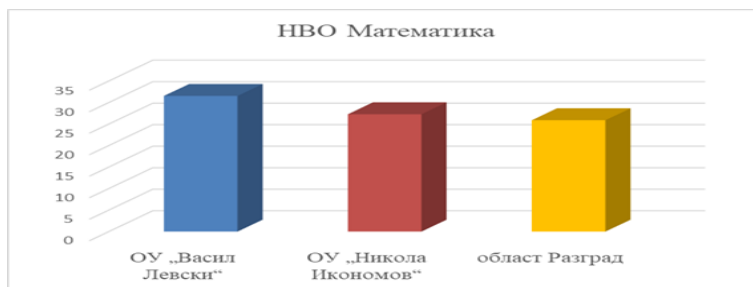
За по-добра коректност на изводите бяха съпоставени постиженията на седмокласниците от двете училища с тези за област Разград.



Фигура 2 Съпоставка на средния успех по години



Фигура 3 Съпоставка на средния успех по БЕЛ



Фигура 4 Съпоставка на средния успех по Математика

Дейностите по проекта бяха подпомогнати с обучения и ресурси от Сдружение „Образование без раници“ [7], които поддържат българската версия на платформата Кан академия. [6]

Визията на сдружението за сферата на образованието [7] съвпада напълно с идеите на работещите по проекта преподаватели.

Съвременният образователен процес трябва да е ориентиран към ефективното усвояване на необходимите знания за постигане на държавния образователен стандарт и към формиране на функционална математическа грамотност.

Резултатите от проведената експериментална и диагностична работа налагат следните препоръки [4]:

1. В учебните програми по математика да се включат достатъчен брой часове за дейности, формиращи функционална математическа грамотност.

2. Да се повишава квалификацията на учителите чрез обучения в курсове с фокус върху функционалната математическа грамотност.

3. Периодично да се прилагат форми и методи на обучение, допринасящи за формирането на функционална математическа грамотност, за да може учениците да овладеят личностните компетентности, необходими през XXI-ви век.

Обобщението на постигнатите резултати води до следните изводи [4]:

➤ Учениците, които могат да мислят логично и се справят добре по математика, се справят успешно и по другите учебни предмети.

➤ Наложително е децата да могат да работят в екипи, да се подкрепят взаимно, да вярват повече в себе си, да се изявяват в изготвянето на различни проекти и презентации и успешно да ги представят пред аудитория.

➤ Основен проблем за въвеждането на новите дигитални технологии е осигуряването на необходимите технически

устройства в училище, за да се отговори на съвременните изисквания.

➤ Постигнатите резултати в края на учебната година кореспондират с резултатите от НВО по математика и от международното оценяване PISA (в частта за формирана математическа грамотност).

В заключение може да се твърди, че повишаването на качеството на образованието би се случило само ако учителите са добре обучени за новите реалности, ако младите кадри са подпомогнати и удовлетворени в началото на кариерата си, ако опитните учители са разтоварени от несвойствените задачи, от огромното количество документация, от все по-трудното управление на класната стая и ако остават в системата, без да се възползват от ранно пенсиониране, ако по-голямата част от преподавателите са доволни от статуквото и усещат грижа за себе си и подкрепа на всички нива. [4]

Облекчаване на учителската работа може да се случи чрез намаляване на излишните ангажименти, чрез повишаване на отговорността на родителите, чрез осигуряване на достатъчно време и ресурси за подготовка на уроци, на контролни и класни работи, както и за тяхната проверка и оценка.

Наложително е в държавния бюджет да се повиши процентът за образование от брутният вътрешен продукт (през 2025 г. и 2026 г. е 4,8% при средно за ЕС 9,6%) и да се отделят повече средства за обучение на кадрите. Диференцираното заплащане на труда е стъпка в правилната посока. Същото се отнася и за квалификационните степени, таксите за които може да се поемат от бюджета на училището. [4]

Други фактори за повишаване на резултатите по математика са: редуцирането на учебното съдържание; намаляването на максималния брой ученици в една паралелка, увеличаването на издръжката на един ученик, намаляването на учителския норматив, отпадането на минималния задължителен брой оценки и т. н. Така би се подобрила дисциплината и ефективността на усвояването и затвърждаването на учебното съдържание, биха се

създали по-добри условия за индивидуална работа, за повече часове за практически упражнения и др. [4]

Нужно е обединение на усилията на всички заинтересовани институции за приемане на образованието като национален приоритет, за да се постигнат реални положителни резултати.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Бабанский, Ю. Оптимизация процесса обучения, Педагогика, Москва. 1977.
- [2] Иванов, И. Интерактивни методи на обучение. Юбилейна научна конференция с международно участие 50 години ДИПКУ - Варна на тема: „Образование и квалификация на педагогическите кадри - развитие и проекции през XXI век“, 2005.
- [3] Манева, М. Методическа система за формиране на функционална математическа грамотност на учениците, АИ „Тракийски университет“, Стара Загора, 2023.
- [4] Няголова, М. Иновативни практики по проект „Математиката е за всеки“-писмена разработка за придобиване на първа професионално-квалификационна степен – Варна, 2025.
- [5] Заедно в час, <https://zaednovchas.bg/>
- [6] Кан Академия, <https://bg.khanacademy.org/>
- [7] Образование без граници, <https://obr.education/>
- [8] PISA 2022-Рамка на изследването по математика, <https://pisa2022maths.oecd.org/bg/index.html>
- [9]

Милена Георгиева Няголова

ОУ „Васил Левски“, гр. Разград

e-mail: nyagolova@vlevski.com

SPECIFIC FEATURES IN THE PREPARATION OF ACCOUNTING POLICIES IN NON-FINANCIAL ENTERPRISES*

DYANSEL A. MUSTAFOVA, PAVLINA P. DIMITROVA

ABSTRACT: *In the modern economic environment, accounting policy represents a key element of the financial reporting of every enterprise. It determines the application of specific principles, methods, and assumptions through which a true, fair, and comparable presentation of business activity is achieved. The importance of accounting policy increases particularly in the context of the application of the International Financial Reporting Standards (IFRS), which require consistency, transparency, and professional judgment on the part of management.*

KEYWORDS: *accounting policy, reporting, International Financial Reporting Standards;*

2010 Math. Subject Classification: 97B99

ОСОБЕНОСТИ ПРИ ИЗГОТВЯНЕ НА СЧЕТОВОДНАТА ПОЛИТИКА В НЕФИНАНСОВИ ПРЕДПРИЯТИЯ†

ДЖАНСЕЛ А. МУСТАФОВА, ПАВЛИНА П. ДИМИТРОВА

1 Въведение

В съвременната икономическа среда счетоводната политика представлява ключов елемент от финансовата отчетност на всяко предприятие. Тя обуславя приложението на конкретни принципи,

* This paper is partially supported by Scientific Research Grant РД-08-118/06.02.2025 of Konstantin Preslavsky University of Shumen

† Статията е частично финансирана по проект РД-08-118/06.02.2025 г. на ШУ „Еп. Константин Преславски“

методи и допускания, чрез които се постига вярно, честно и съпоставимо представяне на стопанската дейност. Значимостта на счетоводната политика нараства особено в контекста на прилагането на Международните стандарти за финансово отчитане (МСФО), които изискват последователност, прозрачност и професионална преценка от страна на ръководството.

Настоящият анализ има за цел да изследва особеностите на счетоводната политика в нефинансовите предприятия чрез конкретния пример на „Химимпорт“ АД. Холдинговата структура на дружеството, съчетаващ разнообразие от икономически дейности, включително нефинансови сектори, предоставя богата емпирична база за анализ на приложимите счетоводни практики. Особен интерес представлява взаимодействието между формулираната счетоводна политика и реалното ѝ прилагане в процеса на изготвяне на годишния консолидиран финансов отчет.

Обект на изследване е съдържанието, структурата и приложимостта на счетоводната политика, както е отразена в отчетността на „Химимпорт“ АД.

Предмет на изследване са публикувани финансови отчети, както и прилежащите към тях приложения вкл. значими счетоводни политики, доклади за дейността и др.

Изследването проследява основните елементи на утвърдената политика, извършените промени през периода 2019–2024 г., както и съответствието ѝ с приложимите стандарти и нормативни изисквания. Особено внимание се отделя на възможностите за усъвършенстване на разкритията и тяхната интеграция с нефинансовите аспекти на отчетността.

Целта е да се представят възможности за усъвършенстване оповестяването на счетоводната политика на „Химимпорт“ АД.

Във връзка с достигане на целта, се поставят следните задачи:

1. Разглеждане на същността и значението на счетоводната политика за всяко едно предприятие
2. Очертаване кръга от дейности на Химимпорт АД;

3. Дискутиране по специфичните елементи на дескриптивната информация на предприятието;

4. Изясняване на проблемните части при оповестената счетоводна политика.

Ограничения – използвани са данните за периода 2019-2024г. Анализът се базира само върху някои ключови счетоводни стандарти, като МСФО 1, 2, 9, 12, 15 и 16.

Използваният методически инструментариум е анализ и синтез, исторически подход, дескриптивен подход.

2 Изложение

Теоретични основи на счетоводната политика

Счетоводната политика представлява система от принципи, правила и методи, чрез които дадено предприятие организира и осъществява своето счетоводно отчитане. Тя има нормативна и управленска стойност, тъй като определя как се признават, оценяват, представят и оповестяват финансовите елементи на дейността. От нейния характер и последователност зависи качеството на финансовата отчетност и възможността за съпоставимост между отчетни периоди. Атанасова и Маринова отразяват, че нефинасовата информация „съдържа по-скоро качествени характеристики за обектите на отчитане и за предприятието, като цяло“ [1,2]. П. Димитрова [3] изяснява, че нефинасовата информация „от гносеологическа гледна точка се свързва с факта, че няма финансов характер, т.е. това е предоставяне на съвкупност от данни относно неколичествени показатели“.

Значимостта на счетоводната политика се увеличава особено в контекста на прилагането на Международните счетоводни стандарти (МСФО), където се допуска известна свобода на избор на методи – напр. при оценка на активи, амортизационни методи или класификация на финансови инструменти. Това поставя акцент върху необходимостта от ясно дефинирана и публично достъпна политика.

МСС 8 „Счетоводна политика, промени в приблизителни оценки и грешки“ е основният стандарт, който регламентира принципите за избор и прилагане на счетоводна политика. Той изисква последователност във времето и оповестяване на всякакви промени в използваните методи, когато те водят до по-надеждно представяне на информацията.

В структурата на счетоводната политика попадат множество елементи – документооборот, методи за оценка на активи и пасиви, амортизация, признаване на приходи и разходи, данъчно отчитане, вътрешен контрол и др. Всеки от тях играе роля за коректното отразяване на икономическата реалност на предприятието.

Все по-значим компонент на отчетността става и нефинансовата информация – част от т.нар. ESG аспекти (екологични, социални, управленски). Тя има съществено значение за заинтересованите страни, особено при публични и големи предприятия. Законодателството в България, синхронизирано с европейските директиви (като 2014/95/ЕС и новата 2022/2464/ЕС) [5,6,7,8,9,10,11], изисква от предприятията с обществен интерес да включват нефинансов отчет или декларация за устойчивост. Това допълнително обогатява съдържанието на счетоводната политика и отразява ангажимента на предприятията към прозрачност, устойчиво развитие и социална отговорност.

Представяне и анализ на счетоводната политика на „Химимпорт“ АД

„Химимпорт“ АД е публично дружество с холдингова структура, включваща дружества в различни икономически сектори – транспорт, финанси, промишленост, селско стопанство и други. Поради този комплексен характер, счетоводната му политика е адаптирана към разнообразни дейности и стандарти за отчетност. Компанията изготвя консолидиран годишен финансов отчет съгласно Международните стандарти за финансово отчитане

(МСФО), в съответствие със Закона за счетоводството и европейските изисквания за публични предприятия [15,16,17,18,19,20,21,22].

Като част от своята счетоводна политика, „Химимпорт“ избира и последователно прилага ключови стандарти като:

- МСФО 1 – за представяне на финансовите отчети,
- МСФО 15 – за признаване на приходи от договори с клиенти,
- МСФО 9 – относно класификацията и оценката на финансови инструменти,
- МСФО 16 – при отчитане на лизинги чрез модела „право на ползване“,
- МСС 2 и 12 – свързани със запасите и данъците.

Приходите се признават в съответствие с МСФО 15 – на базата на идентифицирани договорни задължения, които се изпълняват в определен момент или период. Финансовите активи и пасиви се класифицират в съответствие с МСФО 9 – като измервани по справедлива стойност през печалба или през друг всеобхватен доход, или по амортизирана стойност в зависимост от бизнес модела на предприятието. Запасите се отчитат по себестойност или по нетна реализируема стойност, в зависимост коя от двете е по-ниска.

Приложението на МСФО 16 от 2019 г. води до съществени промени в представянето на лизинговите договори. Компанията признава дългосрочните лизинги като активи за право на ползване и съответстващо задължение, което увеличава отчетните активи и пасиви. Това изменение се отразява пряко върху финансовите показатели, особено за предприятията от транспортния и логистичния сектор, които са част от групата на „Химимпорт“.

В рамките на консолидираната отчетност се прилагат унифицирани счетоводни политики във всички дъщерни дружества, независимо от техния предмет на дейност. Извършва

се елиминират на вътрешногруповите сделки и се отчитат миноритарни участия, когато е приложимо. Всички дъщерни предприятия, над които „Химимпорт“ има контрол, са включени в консолидирания отчет с пълна консолидация, съгласно МСФО 10.

В последните години компанията започва да отделя особено внимание на нефинансовата отчетност, във връзка с изискванията на ЕС за докладване на информация относно устойчивост, социална отговорност и добро корпоративно управление. Публикуват се данни относно политики за човешки ресурси, околна среда, антикорупционни практики и други нефинансови показатели, съгласно изискванията на чл. 48 от Закона за счетоводството и директивите 2014/95/ЕС и 2022/2464/ЕС.

През периода 2019–2024 г. в счетоводната политика на дружеството са настъпили *няколко значими изменения*. Най-съществени са **въвеждането на МСФО 16, разширяването на разкриваната нефинансова информация, актуализацията на критериите за признаване на приходи и адаптацията на отчетността към новите регулаторни изисквания в сферата на устойчивостта.**

Въпреки че счетоводната политика на „Химимпорт“ АД е в съответствие с приложимите международни стандарти и демонстрира висока степен на последователност, *съществуват възможности* за нейното допълнително усъвършенстване. Това е особено важно в контекста на нарастващите изисквания за отчетност, както във финансов, така и в нефинансов аспект.

На първо място, може да се препоръча по-детайлно структуриране на представянето на счетоводната политика в годишния финансов отчет. В момента тя е интегрирана в пояснителните приложения, но липсват ясно разграничени тематични блокове. По-ясната подредба – например разделяне по области (приходи, амортизации, данъци, финансови инструменти, лизинги) – би улеснила ползвателите на информацията и би повишила прозрачността на отчетността.

Второ, възможно е да се въведе систематично сравнение на прилаганите политики спрямо предходни периоди, както и обосновка на направените промени. Това ще отговори на изискванията на МСС 8 и ще покаже активен контрол и развитие на политиката във времето.

На трето място, с оглед на разширяващите се задължения по отношение на нефинансовата отчетност, „Химимпорт“ би могъл да включи отделен раздел в счетоводната си политика, в който да се дефинира подходът към ESG отчетността. Това включва методи за измерване и оценка на нефинансови показатели, както и принципите за събиране и проверка на тази информация.

Също така, в бъдеще следва да се обмисли въвеждането на вътрешни насоки за дъщерните дружества, чрез които да се осигури пълна унификация на прилаганите политики в рамките на групата. Това е особено важно при консолидация, както и при промените в законодателството, свързани с корпоративната устойчивост.

В заключение, усъвършенстването на счетоводната политика на „Химимпорт“ АД следва да се възприема като непрекъснат процес, насочен към по-висока отчетна прозрачност, съответствие със стандартите и изграждане на доверие сред всички заинтересовани страни.

3 Заключение

Счетоводната политика е ключов инструмент за осигуряване на прозрачност, съгласуваност и надеждност на финансовата отчетност. В условията на прилагане на Международните стандарти за финансово отчетане (МСФО), изискванията към формулирането и практическото прилагане на счетоводна политика стават все по-комплексни, особено в предприятия с диверсифицирана дейност и множество дъщерни дружества.

Анализирайки консолидираните отчети на „Химимпорт“ АД за периода 2019–2024 г. беше установено, че дружеството прилага стандартен подход в съответствие с изискванията на МСФО. Въпреки това съществуват определени области, в които счетоводната политика може да бъде усъвършенствана както по отношение на съдържанието, така и по отношение на прозрачността на разкритията. Това включва по-детайлно оповестяване на използваните допускания при оценка на активи и пасиви, по-ясно описание на специфичните методи в различните отрасли, както и по-добра интеграция с нефинансовата отчетност.

Направеният преглед показва, че Химимпорт АД е адаптирало своята отчетна политика спрямо промените в нормативната среда, включително прилагането на нови стандарти като МСФО 16. Наред с това обаче се отчита потенциал за развитие, особено в контекста на Европейските стандарти за устойчивост (ESRS), които изискват по-структурирано отчитане на нефинансови аспекти като климатични рискове, устойчиви инвестиции и социална отговорност.

Предложените в настоящата работа препоръки имат за цел да подкрепят процеса на усъвършенстване на счетоводната политика в посока по-висока прозрачност, сравнимост и интеграция със съвременните регулаторни изисквания. Те са приложими не само за Химимпорт АД, но и за други нефинансови предприятия, стремящи се към отчетност, която отразява адекватно тяхната икономическа реалност и устойчив потенциал.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Атанасов, А., Р. Кръстева-Христова, А. Аспарухова. Същност, организация и моделиране на счетоводната политика в нефинансовите предприятия. – Алманах „Научни изследвания“, том 20, СА „Д. А. Ценов“ – Свищов, 2013, с. 291.

- [2] Атанасов, А., Р. Маринова. Нефинансовата информация във финансовите отчети като елемент на корпоративната социална отговорност и предпоставка за устойчиво развитие. – SSRN, 2014. Интернет източник: https://ssrn.com/abstract=2737764 (достъпен на 25.03.2025 г.).
- [3] Димитрова, П. Нефинансовата информация в годишните отчети на предприятията от обществен интерес. – Пловдив, 2022.
- [4] Закон за счетоводството. – ДВ, бр. 96 от 20.11.2021 г.
- [5] Директива 2013/34/ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 26 юни 2013 г. относно годишните финансови отчети. – Интернет източник: https://eur-lex.europa.eu (достъпен на 09.04.2025 г.).
- [6] Директива 2014/95/ЕС на Европейския парламент и на Съвета. – Интернет източник: https://eur-lex.europa.eu (достъпен на 09.04.2025 г.).
- [7] Директива (ЕС) 2018/410 на Европейския парламент и на Съвета от 14 март 2018 г. – Интернет източник: https://eur-lex.europa.eu (достъпен на 26.05.2025 г.).
- [8] Европейска комисия (ЕК). Насоки относно оповестяването на нефинансова информация (2017/С 215/01). – Интернет източник: https://eur-lex.europa.eu (достъпен на 28.04.2025 г.).
- [9] Европейска комисия. CSRD Директива (2022/2464). – Интернет източник: https://eur-lex.europa.eu (достъпен на 28.04.2025 г.).
- [10] Европейски стандарт за нефинансово отчитане (ESRS). – Интернет източник: https://www.efrag.org/ (достъпен на 25.05.2025 г.).
- [11] EFRAG. Climate-related Risks in the Financial Statements. – Интернет източник: https://www.efrag.org (достъпен на 25.05.2025 г.).

- [12] EMAS – Схема на Общността за управление по околна среда и одит.
– Интернет източник: <https://eur-lex.europa.eu/>
(достъпен на 14.04.2025 г.).
- [13] Николов, Е. Глобалната инициатива по отчетност. – Интернет източник: <https://www.researchgate.net/>
(достъпен на 29.04.2025 г.).
- [14] Инфосток. Профил на емитент: Химимпорт. – Интернет източник: <https://www.infostock.bg/infostock/control/profile/CHIM>
(достъпен на 26.05.2025 г.).
- [15] Химимпорт АД. Консолидиран финансов отчет на Групата за 2019 г. – 2020. Интернет източник: <https://chimimport.bg>
(достъпен на 26.05.2025 г.).
- [16] Химимпорт АД. Консолидиран финансов отчет на Групата за 2020 г. – 2021. Интернет източник: <https://chimimport.bg>
(достъпен на 26.05.2025 г.).
- [17] Химимпорт АД. Консолидиран финансов отчет на Групата за 2021 г. – 2022. Интернет източник: <https://chimimport.bg>
(достъпен на 26.05.2025 г.).
- [18] Химимпорт АД. Консолидиран финансов отчет на Групата за 2022 г. – 2023. Интернет източник: <https://chimimport.bg>
(достъпен на 26.05.2025 г.).
- [19] Химимпорт АД. Консолидиран финансов отчет на Групата за 2023 г. – 2024. Интернет източник: <https://chimimport.bg>
(достъпен на 26.05.2025 г.).
- [20] Химимпорт АД. Консолидиран финансов отчет на Групата за 2024 г. – 2025. Интернет източник: <https://chimimport.bg/bg>
- [21] КРМСФО 23 – Несигурност при отчитане на данъци. – Интернет източник: [\https://balans.bg/normativen-akt/krmsfo

- 23](<https://balans.bg/normativen-akt/krmsfo-23>) (достъпен на 19.04.2025 г.).
- [22] Химимпорт АД. Междинен отчет Q4 2024. – Интернет източник: <https://chimimport.bg> (достъпен на 26.05.2025 г.).
- [23] Министерство на финансите. Указание относно прилагане на глава седма „Годишни доклади“. – 2017. Интернет източник: <https://www.minfin.bg/> (достъпен на 04.04.2025 г.).
- [24] МСС 1 – Представяне на финансови отчети. – Интернет източник: <https://balans.bg/normativen-akt/mss-1> (достъпен на 04.04.2025 г.).

Джансел А. Мустафова

студент специалност „Икономика и управление на бизнеса“
e-mail: 213071006@shu.bg

доц. д-р Павлина П. Димитрова

катедра „Икономика и математическо моделиране“
ШУ “Епископ Константин Преславски”
e-mail: p.dimitrova@shu.bg

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING GEOMETRY TO STUDENTS: OPPORTUNITIES AND WARNINGS

ANDRII D. MATIASH, OLHA I. MATIASH

ABSTRACT: *Education today, particularly mathematics education, requires a deep understanding of how to apply AI technologies in teaching, making optimal use of their advantages while preventing negative effects on the quality of the educational process. In the modern context of rapid digital technology development, a mathematics teacher can and should serve as a model of competent, active, and balanced use of AI in teaching mathematics, especially geometry. Methodological science must provide teachers who teach geometry with well-grounded methodological guidelines and recommendations for the effective use of AI. The article proposes a systematization of selected methodological recommendations for the effective integration of AI in teaching geometry to students.*

KEYWORDS: *artificial intelligence, digital technologies, teaching geometry;*

2010 Math. Subject Classification: 97M10

1 Introduction

According to the Concept for the Development of Artificial Intelligence until 2030, adopted in Ukraine in December 2020, artificial intelligence (AI) is planned to be used in nine areas, including education. However, the use of tools such as ChatGPT by students in the educational process has currently caused some confusion and uncertainty within the educational community regarding such collaboration. In this context, the growing attention of education researchers to identifying the benefits and challenges of using AI in teaching is understandable.

2 Analysis

An analysis of several related publications [5, 6, 10–15] allows us to recognize the following advantages of using AI in education:

- AI improves access to education for students with disabilities, particularly through specialized applications that enhance material perception. For example, for students with visual impairments, AI can convert written text into speech or provide real-time audio descriptions of images;
- AI can assist in creating lesson plans by extracting resources from across the Internet, aligning them with curriculum requirements, taking into account the characteristics of a particular class, and adapting to a teacher's individual style;
- AI can reduce the excessive workload of teachers by helping to adjust curricula and assist in student assessment;
- AI can respond quickly to students' actions, helping them to promptly correct mistakes or analyze their own ideas;
- AI can adapt to each learner's unique learning style and pace, providing a qualitatively new level of personalization;
- AI can systematically and comprehensively analyze learning outcomes by collecting data on students' performance, identifying their strengths and weaknesses, and suggesting tasks for further learning and development.

Researchers [7, 13] also identify current challenges in using AI in education, including:

- Privacy concerns, since the collection and processing of large amounts of personal data for analysis always carry the risk of unauthorized data leakage;
- Lack of human ethical understanding, as AI cannot always consider ethical aspects and the moral significance of issues in teaching and counseling;

- Absence of spontaneity and intuition in AI systems, which can limit their ability to respond flexibly and intuitively in educational situations.

Researchers of AI technologies in education emphasize that before implementing AI into the educational process, teachers should undergo professional development and acquire skills to apply these technologies without compromising the quality of education. In particular, I. Bubnov [2] identified relevant tasks to clarify the potential of AI technologies in education:

- use of various AI-based tools to detect plagiarism and dishonest copying;
- development of tasks that require creativity, critical thinking, and an individual approach—tasks that AI cannot easily automate;
- motivating students to use AI technologies for conducting research and solving real-world problems rather than distorting the learning process;
- applying diverse types of assessment (open and closed tests, discussions, practical tasks) that would complicate the possibilities of cheating with AI assistance.

Thus, modern education—particularly mathematics education—requires a deep understanding of how to apply AI technologies in teaching, making optimal use of their benefits while preventing negative effects on the quality of education.

Our analysis of international publications shows that foreign researchers focus on three key aspects: the benefits, the cautions, and the ethics of using AI. Some predict that AI might eventually replace teachers in schools. However, through an analysis of global research, we found substantial arguments from scholars across different continents emphasizing the irreplaceable role of human teachers in AI-supported learning. This underscores the importance of creating an educational environment in which AI and teachers collaborate, utilizing the strengths of both.

In the current era of rapid digital development, mathematics teachers can and should serve as models of competent, active, and balanced use of AI in teaching mathematics, particularly geometry. Geometry remains one of the few intellectual domains where humans still outperform computers. On the other hand, computers can serve as valuable tools for solving certain methodological problems in teaching geometry [8].

Methodological science must provide geometry teachers with well-grounded, research-based guidelines and recommendations for the effective and pedagogically sound use of AI. Researchers in the field of geometry education are already addressing this issue. For instance:

Gladys Sunzuma [13] conducted a systematic literature review on the integration of digital technologies into the teaching and learning of geometry published between 2010 and 2022. The number of such studies was relatively high, with the peak in 2015. Among the most frequently mentioned technologies were GeoGebra, augmented reality (AR), computer animation packages, video-based cooperative learning, graphic calculators, Flash animation, Powtoon, learning management systems (LMS), interactive whiteboards, digital simulations (applets), iPads, and tablets. Most studies focused on evaluating the effectiveness of these technologies in geometry teaching and learning.

In many countries, the aim of studying geometry in school is to develop learners' skills in problem solving, visualization, intuition, critical thinking, hypothesis formulation, logical reasoning, and deductive thinking. The goal is for students to use visualization, develop spatial imagination, and acquire skills in geometric modeling for solving applied problems. However, it has been found that these intended learning goals are often not achieved, and conceptual understanding of geometric ideas remains insufficient [5]. Despite geometry's importance and popularity, researchers have reported numerous challenges in its teaching and learning [11, 14]. One innovative approach proposed by foreign scholars is the qualitative integration of digital technologies into the teaching process, which can

increase learning motivation, improve outcomes, and enhance student engagement [10].

Studies show that learning geometry with computer technologies improves student achievement compared to traditional textbook-based methods [1]. Integrating digital technologies into geometry learning is crucial, as it helps students better understand problem-solving processes. In particular, using software that allows manipulation of 3D geometric objects significantly enhances visualization and comprehension. Moreover, digital tools enable learners to use various resources for solving geometry problems, such as computer animation, video-based collaboration, graphic calculators, Micromedia Flash, Powtoon Animation, learning management systems, interactive boards, and simulation applets. AI, in particular, can make geometry learning more interactive. Limited use of these technologies is often linked to insufficient teacher preparation. Dockendorff and Solar [4] noted that many educators lack the professional training required for effective technology integration in mathematics instruction.

Based on a comprehensive analysis of Ukrainian and international studies, as well as our own experimental research, we have systematized and developed specific recommendations for mathematics teachers on how to use AI technologies in teaching geometry:

- Generative AI models can facilitate distance learning by providing automated feedback, personalized lessons, and interactive problem-solving support, making geometry education more accessible.
- Generative AI is particularly advantageous in geometric design and architectural tasks, where it can generate new geometric patterns. Such AI-generated visuals can assist both teachers and students in solving geometry problems.
- When teachers ask students to prompt generative AI models to produce two contradictory solutions to a geometry problem, it helps them realize that AI can make mistakes, thereby fostering critical thinking.

- One strategy for using AI in geometry problem-solving is to teach students to compare geometric shapes with real-world objects and determine their heights by visualizing them using AI tools such as Canva or GeoGebra.
- Augmented Reality (AR) is a valuable tool for supporting geometry teaching and learning, helping students better understand composition, spatial representation, and other geometric aspects.
- Intelligent tutoring systems that integrate AR can serve as effective learning environments for helping middle and high school students study complex geometry topics.
- Overall, the use of AI in geometry teaching (including computer programs, virtual environments, and robotics) offers students great opportunities for developing creativity and optimizing the learning process.
- Generative AI enhances visualization in geometry, especially through immersive and interactive 3D modeling. The integration of generative AI with extended reality (XR) technologies enables teachers to design more engaging learning experiences that go beyond traditional instruction.
- Combining traditional teaching methods with AI-based tools such as ChatGPT can provide substantial benefits, particularly for students whose cognitive styles align with interactive and exploratory learning, promoting higher-order skills like problem-solving and critical analysis.
- Using AI, teachers can design more effective learning materials for students with intellectual disabilities. In geometry lessons for children with mild intellectual impairments, AI can be applied through visual objects or multimedia formats such as videos and quizzes.
- In its current form—using ChatGPT—and undoubtedly in its future iterations, AI can enhance learning effectiveness by helping to overcome three barriers: lack of applied learning orientation,

illusion of deep understanding, and inability to critically assess content.

- The fact that AI-generated examples may sometimes be inaccurate, irrelevant, or fabricated can be pedagogically leveraged. Teachers can encourage students to compare, analyze, and correct such examples, turning AI's fallibility into a learning opportunity that promotes reflection and critical inquiry.
- Geometry learning requires practice in reinforcing new knowledge and applying it in varied contexts. One powerful way to practice is teaching others. The processes involved in explaining material to someone else deepen understanding and highlight gaps in comprehension. AI opens new possibilities for this kind of interaction.
- Generative AI contributes to automated assessment in geometry, providing immediate feedback essential for student development. Unlike traditional assessment methods that delay feedback, AI-based systems can offer real-time performance analysis, identifying students' strengths and weaknesses.

3 Conclusion

One of the most effective ways to enhance the learning of geometry is the methodically balanced and pedagogically sound integration of digital technologies into the educational process. Through the thoughtful use of artificial intelligence (AI) in geometry instruction, students can explore and explain geometric concepts in multiple forms within a technology-rich environment. Researchers from various countries associate the limited use of modern digital technologies with the insufficient preparation of mathematics teachers for their effective implementation. Methodological science must provide teachers who teach geometry with well-grounded, research-based methodological guidelines and recommendations for the effective use of AI. The systematization and development of methodological recommendations

for the efficient application of AI in teaching geometry represent a key objective of our research

References:

- [1] Abdul Hanid, M., Mohamad Said, M., & Yahaya, N. (2022). Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics. *Education Information Technology*, 27, 9485–9521. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w>. 2022
- [2] Bubnov, I. V. Opportunities and risks of using artificial intelligence in the educational sphere of modern Ukraine. Abstracts of the XI International Scientific and Practical Conference, Florence, Italy, November 27–29, 285–290. <https://eu-conf.com/ua/events/the-latest-information-andcommunicationtechnologies-in-education/>. 2023
- [3] Dimitriadou, E., & Lanitis, A. On the potential of using generative artificial intelligence for geometry educational activities. HAL Archive. <https://www.researchgate.net/publication/391230545>. 2025
- [4] Dockendorff, M., & Solar, H. ICT integration in mathematics initial teacher training and its impact on visualization: The case of GeoGebra. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(1), 66–84. <https://doi.org/10.1080/0020739x.2017.1341060>. 2018
- [5] Gülburnu, M. Secondary School Students' Views on Geometry Teaching via Three Dimensional Dynamic Geometry Software Cabri 3D: Solid Volume Measurement. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 14(1), 1088–1105. 2022.
- [6] Mambetova, N. S. The role of artificial intelligence in the creative activity of students in teaching geometry. *Vestnik Issyk-Kul'skogo Universiteta*. <https://www.researchgate.net/publication/384961959>. 2024
- [7] Matias, A. D., & Yurchenko, H. A. Psychological aspects of using artificial intelligence in mathematics education: A review of foreign publications. *Didactics of Mathematics: Theory, Experience, Innovations*, 1. Vinnytsia: TVORY. 2024

- [8] Matiash, O. I., & Matiash, A. D. Formation of the stereometric culture of future mathematics teachers. *Didactics of Mathematics: Theory, Experience, Innovations*, 3. Vinnytsia: TVORY. 2025
- [9] Matiash, O., & Ryndiuk, V. The use of digital learning platforms in mathematics education: The experience of Denmark. *Scientific Innovations and Advanced Technologies (Series "Pedagogy")*, 2(42), 1503–1514. 2025

<http://perspectives.pp.ua/index.php/nauka/article/view/19931/19908>
- [10] Mensah, J. Y., & Nabie, M. J. The effect of PowerPoint instruction on high school students' achievement and motivation to learn geometry. *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 4(3), 331–350. <https://doi.org/10.46328/ijte.55>. 2021
- [11] Nursyahidah, F., Saputro, B. A., & Prayito, M. Kemampuan Penalaran Matematis Siswa SMP dalam Belajar Garis dan Sudut dengan GeoGebra. *Suska Journal of Mathematics Education*, 2(1), 13–19. 2016
- [12] Polydoros, G., Galitskaya, V., Antoniou, A.-S., & Drigas, A. AI technology integration in elementary geometry and its effects on performance, anxiety levels, learning styles, cognitive styles, and executive functions. *Scientific Electronic Archives*, 18(2). <https://doi.org/10.36560/18220252050> 2025
- [13] Sunzuma, G. Technology integration in geometry teaching and learning: A systematic review (2010–2022). *LUMAT Special Issue*, 11(3). <https://chatgpt.com/c/6893141b-76e0-8320-a505-1b735adc97cc> 2023
- [14] Sutiarmo, S., Coesamin, M., & Nurhanurawati. The effect of various media scaffolding on increasing understanding of geometry concepts in elementary school students. *Journal on Mathematics Education*, 9(1), 95–102. 2018
- [15] Wulandari, D., Istadi, I., & Muttaqien, A. (2025). The use of artificial intelligence in numerical learning of geometry for students with mild intellectual disabilities. In *Proceedings of the 5th UMYGrace 2024*
- [16] OpenAI. ChatGPT [Large language model]. <https://chat.openai.com/chat>, 2025

Andrii Dmytrovych MATIASH

Postgraduate Student, Department of Algebra and Methods of Teaching Mathematics,

Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

E-mail: matyashandrey1987@gmail.com

Olha Ivanivna MATIASH

Professor, Department of Algebra and Methods of Teaching Mathematics, Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

E-mail: matyash_27@ukr.net

STEM EDUCATION IN THE DIGITAL ERA: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES*

SEVINCH A. MUSTAN

ABSTRACT: Digital transformation is having a significant impact on STEM education, both in schools and in higher education. The article examines the main challenges, such as technological inequality, student motivation, and the need for new pedagogical approaches. In addition, opportunities for innovation through hybrid models, interactive platforms, and collaboration with business are outlined. Emphasis is placed on the role of educational institutions in building an accessible and modern STEM environment.

KEYWORDS: STEM education, project-based learning, digitalization, innovation in education, higher education

2010 Math. Subject Classification: 97P20 и 97B20

STEM ОБУЧЕНИЕТО В ДИГИТАЛНАТА ЕРА: ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ВЪЗМОЖНОСТИ†

СЕВИНЧ А. МУСТАН

КЛЮЧОВИ ДУМИ: STEM образование, проектно-базирано обучение, дигитализация, иновации в обучението, висше образование

* This paper is partially supported by Scientific Research Grant РД-08-76/31.01.2025 of Shumen University

† Статията е частично финансирана по проект № РД-08-76/31.01.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

2010 Math. Subject Classification: 97P20 и 97B20

1. Въведение

В съвременния свят, в който технологиите непрекъснато се променят, образованието в областта на STEM (наука, технологии, инженерство и математика) се превръща в стратегически фактор за устойчиво развитие и иновации.

Образователните институции са изправени пред предизвикателството да променят и адаптират учебните си програми към новата реалност, в която дигиталните инструменти, виртуалните среди и глобалният достъп до информация, променят фундаментално начина на преподаване и учене. Онлайн платформи, виртуални лаборатории, симулации и интерактивни ресурси навлизат все по-широко в учебния процес, като създават нови възможности за достъп, персонализация и приложение на знанията.

Настоящата статия разглежда именно тези аспекти - въздействието на дигитализацията върху STEM обучението, като очертава основните трудности, пред които се изправят учителите, преподавателите, учениците и студентите, както и възможностите за иновации, които тази трансформация предоставя.

2. Дигитализацията като катализатор на промяната

С навлизането на онлайн платформи, виртуални лаборатории и симулационни среди, традиционният модел на преподаване в STEM дисциплините претърпява съществени промени. Образователният процес преминава от пасивно усвояване на знания към активно и интерактивно учене.

Технологиите, които променят обучението са следните:

- *виртуални лаборатории и симулации* – позволяват на обучаемите да експериментират, да създават инженерни модели и математически концепции;

- *онлайн платформи и ресурси* – Khan Academy, Coursera, Code.org, Уча.се и др. предоставят достъп до качествено STEM съдържание, независимо от местоположението;
- *интерактивни инструменти* – 3D модели, роботи, сензори и микро платки, правят обучението по практическо и ангажиращо, както и по-интересно за обучаемите.

Преподавателят вече не е единствен източник на знание, а фасилитатор, който насърчава самостоятелното учене и проектно-базирания подход. Това изисква нови умения, като дигитална грамотност, умения за управление на онлайн класове и умения за работа с различни технологични платформи.

Достъпността е също важен аспект в съвременното образование. Благодарение на дигитализацията ученици и студенти, които са от отдалечените райони, могат да се включват в учебния процес.

Технологиите улесняват и интегрирането на STEM с други области на обучение, като изкуства, социални науки, предприемачество, като стимулират креативността и иновативното мислене. Както подчертава Мария Желязкова „чрез технологиите се създават възможности за навлизането и прилагането на нови подходи на обучение, чрез които да се реализира интерактивно, практически насочено и персонализирано обучение“ [1].

3. Предиизвикателства пред STEM обучението

Въпреки множеството предимства, които дигитализацията носи, нейното прилагане в образованието поставя редица предиизвикателства. В този контекст “дигиталната компетентност включва не само технически умения, а и разглеждане, оценка и управление на информация, способности за безопасно общуване и сътрудничество посредством технологиите, създаване на дигитално съдържание и решаване на проблеми“ [1]. Тези предиизвикателства засягат, както училищата, така и

университетската среда и изискват системен подход за преодоляване.

Един от най-сериозните проблеми е неравният достъп до устройства, интернет и дигитални ресурси. Учениците от по-отдалечените райони или социално уязвими групи най-често нямат необходимите условия за участие в образователния процес.

Дистанционната форма на обучение изисква висока степен на самодисциплина и вътрешна мотивация, но липсата на физическо присъствие може да доведе до намаляване на интереса към STEM дисциплините.

Много преподаватели се сблъскват с предизвикателства при преминаването към дигитални методи на обучение. „Дигиталната компетентност е способността на учителя да използва информационни и комуникационни технологии с добро педагогическо и дидактическо разбиране на технологиите и да е наясно как това може да повлияе на стратегиите за учене“ [2]. А необходимостта от нови умения, адаптацията на учебните материали и развиването на умения за работа с различни платформи изисква време, обучение и подкрепа от институциите.

Оценяването в дигитална среда поставя въпроси за обективност, достоверност и сигурност. Особено трудно е проследяването на практическите умения, които са в основата на STEM обучението, като експериментиране, работа по проекти, програмиране и др., тъй като „се наблюдава остър дефицит на методически инструменти за оценка на постигнатите от учениците компетентности“ [3].

4. Възможности за иновации

Въпреки предизвикателствата, дигитализацията отваря широки хоризонти за иновации в STEM обучението. Според Мария Желязкова „STEAM и дигиталната компетентност са взаимосвързани и основната и допирна точка е предоставянето на възможности за практическото обучение чрез дигиталните технологии“ [1]. Технологиите не само улесняват достъпа до

информация и знания, но и създават условия за по-ефективно, ангажиращо и адаптивно учене, което отговаря на нуждите на съвременното общество. Съчетавайки предимствата на присъствено обучение и дистанционното обучение, хибридната форма позволява гъвкавост, индивидуален подход и по-добро управление на учебното време. Този вид обучение е особено ефективно в STEM дисциплините, където теоретичните знания могат да се усвоят онлайн, а практическите умения – в лабораторна среда.

Използването на игрови елементи в обучението, повишава мотивацията и ангажираността на ученици и студенти. Различните платформи за работа превръщат STEM съдържанието в интерактивно преживяване, което насърчава любопитство и състезателен дух.

Друго, което прави STEM обучението по-актуално и приложимо е включването на реални казуси, стажантски програми и съвместни проекти с компании от технологичния сектор. По този начин учениците и студентите получават възможност да работят по реални проблеми, да се запознаят с реалната среда за работа и така да се подготвят за бъдещи професии.

Интегрирането на изкуства в STEM обучението насърчава иновативното мислене, визуализацията на научни концепции и създаването на креативни решения.

Всички тези възможности изискват стратегическо мислене и инвестиране от страна на образователните институции, както и активна роля на преподавателите в процеса на обучение.

5. Ролята на образователните институции

Училищата и университетите играят ключова роля в STEM обучението. В този аспект една от важните стъпки е обучението и подкрепата на преподаватели. Както подчертават Мария Желязкова и Марияна Николова „един от приоритетите на съвременното образование е да се мотивира развиването на дигиталната компетентност на учителите, като се обръща особено

внимание на междупредметните връзки и интердисциплинарния характер на знанието“ [2]. В този смисъл необходимо е създаване на програми за професионално развитие, които да подготвят учителите и преподавателите за работа в дигитална среда. Защото „дигитално компетентните учители са по-гъвкави и по-бързо се адаптират към настъпващите промени“ [2].

Инвестициите в технологии, интернет свързаност и дигитални ресурси са също от съществено значение.

STEM трябва да бъде представен не само, като отделни дисциплини, но и като интердисциплинарен подход, който свързва теорията с практиката.

Подкрепата за ученици и студенти може да е във вид на клубове по интереси, състезания, хакатони, които могат да повишат тяхната мотивация и ангажираност.

Образователните институции трябва да бъдат отворени към промяната, да насърчават иновации и да изграждат умения за учене през целия живот.

6. Технологично оборудване, като двигател на иновации в STEM обучението

В дигиталната ера, STEM обучението не се ограничава само до теория, но и се реализира чрез съвременни технологии, които превръщат класната стая в лаборатория. Училищата в Шумен, като СУ „Сава Доброплодни“, ППМГ „Нанчо Попович“, ПЕГ „Никола Йонков Вапцаров“, II ОУ „Д-р Петър Берон“ и СУ „Трайко Симеонов“ вече разполагат с модерни STEM центрове.

През 2020 г. СУ „Сава Доброплодни“ създава STEM център по природни науки, изследвания и иновации, финансиран по Националната програма „Изграждане на училищна STEM среда“, „обезпечаваща осъществяването на съобразен със съвременните достижения на науката образователен процес – проектно-базирано обучение, мотивиране на учениците за активно учене чрез експериментиране и компетентностен подход“ [7].



Фигура 1: STEM центърът в СУ "Сава Доброплодни"

Центърът е разположен в специално адаптирани тавански помещения (Фигура 1). Разделен е на зони за дискусии, проучвания, представяне на проекти и др. Разполагат с оборудване, като роботизирани ръце, 3D принтери, компютърни системи, експериментални комплекти по природни науки. Центърът предлага възможности за обучение по роботика, програмиране, математика и природни науки с интерактивни технологии.

През месец май, 2024 година се стартираха дейности по изграждане и оборудване на STEM център в ППМГ „Нанчо Попович“. „Проектът за STEM среда включва направленията „Роботика и Кибер – физични системи“, „Зелени технологии и устойчиво развитие“, „Дизайн и 3D Прототипиране“ и „Математика и Информатика“ [6][6]. Беше предвидено да



Фигура 2: STEM центърът в ППМГ „Нанчо Попович“

бъдат изградени шест високотехнологични класни стаи. Актовата зала е преобразена в зона „Учебна работилница“, като в нея са обособени зони в направленията „Роботика и Кибер-физични системи“ и „Зелени технологии“. А компютърната зала е преобразена в зона „Център за дигитални състезатели“, „Дизайн и

3D Прототипиране“ и „Математика и информатика“ (Фигура 2). Работилниците са оборудвани със специфично технологично оборудване, като комплекти по роботика, залени технологии, виртуална и добавена реалност и други.

Въпреки езиковия профил, ПЕГ „Никола Йонков Вапцаров“ интегрира STEM подходи чрез проекти по дигитална грамотност и интердисциплинарни уроци.

II ОУ „Д-р Петър Берон“ разполага със „STEM изследователска лаборатория в направление Природни науки, Математика и Информатика“ [4]. Също така разполага с четири високотехнологични и оборудвани класни стаи. Центърът е насочен към ученици от начален и прогимназиален етап.

СУ „Трайко Симеонов“ е сред активните участници в програмите на МОН за модернизация. STEM зоната в училището включва зали за роботика, електроника и инженерни симулации.

7. Заключение

STEM обучението в дигиталната ера е предизвикателство, но и възможност за създаване на по-достъпна, по-ангажираща и по-ефективна образователна среда.

Дигитализацията трансформира ролята на учителите, преподавателите и на обучаемите. „Преподавателите се нуждаят от набор от дигитални компетенции, специфични за тяхната професия, за да могат да използват потенциала на цифрови технологии за подобряване и иновации в образование“ [2][2]. Създават се нови възможности за учене и сътрудничество, и се подставят основите за бъдещи иновации. Но за да бъде тази трансформация успешна, необходимо е съвместно усилие от страна на институции, учители, ученици, преподаватели, студенти и бизнеса. Само така може да се изгради STEM образование, което отговаря на нуждите на съвременното общество и подготвя младите хора за предизвикателствата на бъдещето.

Литература

- [1] Желязкова, М. *STEAM за развиване на дигитална компетентност*. Списание „Математика, компютърни науки и образование“, Том 6, брой 1, DOI: 10.54664/YXXS9609, стр. 7-12. 2023
- [2] Желязкова, М., Николова, М. *Връзката на STE(A)M обучението и дигиталната компетентност на учителите*. Е-списание: Педагогически форум, брой 1, ISSN: 1314-7986, DOI: 10.15547/PF.2024.002, стр. 22-30. 2024
- [3] Калоянова, Н., Папанчева, Р. (2024). *Тенденции в оценяването на STEM компетентности – методика и технологии*. Образование и технологии, Том 15, брой 1, ISSN: 1314-1791 (Print), ISSN: 2535-1214 (Online), стр. 7-13. 2024
- [4] II ОУ „Д-р Петър Берон“ (<https://bazovo.com/>), 2025
- [5] ПЕГ „Никола Йонков Вапцаров“ (<https://peg-shumen.bg/>), 2025
- [6] ППМГ „Нанчо Попович“ (<https://ppmgshumen.bg/>), 2025
- [7] СУ „Сава Доброплодни“ (<https://suizku.com/>), 2025
- [8] СУ „Трайко Симеонов“ (<http://school-ts.com/>), 2025

Севинч Айдин Мустан

ШУ „Епископ Константин Преславски“

e-mail: s.mustan@shu.bg

THE ROLE OF THE COMPETENCY-BASED APPROACH IN STEM EDUCATION*

KRASIMIR V. HARIZANOV, DANIELA I. LAZAROVA

ABSTRACT: *The purpose of this article is to present the role of the competency-based approach in STEM education, emphasizing its importance for developing key skills and preparing students for the challenges of modern society. Attention is paid to the teacher and his function as a mediator in the learning process, in solving real-world tasks in STEM education, through the application of knowledge from different subject areas.*

KEYWORDS: *STEM education, competency-based approach, Project-based learning*

2010 Math. Subject Classification: 97P20 и 97B20

РОЛЯТА НА КОМПЕТЕНТНОСТИЯТ ПОДХОД В STEM ОБУЧЕНИЕТО†

КРАСИМИР, В. ХАРИЗАНОВ, ДАНИЕЛА И. ЛАЗАРОВА

*This paper is partially supported by Scientific Research Grant of RD-08-76/31.01.2025 of Shumen University

This paper is partially supported by BG05SFPR001-3.004-0021-C01 – IntegrITy

†Статията е частично финансирана по проект № РД - 08-76/31.01.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

†Статията е частично финансирана по проект BG05SFPR001-3.004-0021-C01 – IntegrITy

1 Introduction

STEM education (science, technology, engineering and mathematics) is gaining increasing importance in the modern world, preparing students for the challenges of the future. In this context, the competency approach plays a key role, as it places emphasis not only on the acquisition of knowledge, but also on the development of skills, attitudes and abilities that are applicable in the real world. The competency approach differs from other approaches by emphasizing the practical application of knowledge. In STEM education, this means that students do not simply memorize theoretical information, but use it to solve real problems using scientific methods, engineering thinking and technological solutions.

STEM environment, develops critical thinking, creativity, teamwork, problem-solving skills and technological literacy. These skills are essential for the personal and professional development of students in the dynamic world of the 21st century. The competency-based approach includes integrated learning through projects in which students apply knowledge from different disciplines simultaneously. This creates conditions for deeper understanding, engagement and active participation in the learning process. This approach takes into account the individual progress and learning style of each student. The competency-based model places emphasis on the outcome of learning and the acquisition of skills, which allows for more flexible and effective learning.

Exposition

The application of the competency-based approach in education emphasizes how students can solve practical problems based on the theoretical knowledge they have acquired in a specific discipline. Unlike traditional approaches that require knowledge of theoretical learning material, the goal here is for students to apply what they have already learned in real problem situations, cases or tasks. Through this approach, many authors are united around the idea that it develops

"initiative, critical thinking, creativity, independence, confidence and other qualities useful for modern man" [4].

What is competency and what is expressed in it, there are different definitions in the literature. Some authors define competency as "when we need to characterize the professional-personal profile of the specialist and the quality of his attitude to the subject of his professional work" (Rasheva-Merdzhanova, 2010), and according to others as "a set of knowledge, skills and attitudes" (Stoyanova, 2022).

Practice shows that the competencies for each person are strictly individual. Some of the factors that influence the development of competencies are related to the level of acquired knowledge, social and family environment, life and professional experience, personal qualities, etc. According to Bizova, personal competence can be divided into "social competence, emotional intelligence, cognitive, civic and professional competence" [3].

The construction of all these competencies creates a foundation that can be built on by solving practically oriented tasks, tasks related to solving real problems, searching for creative and innovative solutions. In order to achieve all these goals, it is necessary for the learner to have knowledge from different fields that he can apply and gain experience. It is precisely the acquisition of such practical experience that makes him a competent and reliable partner in teamwork.

All these skills can be very well mastered through STEM training, where science, technology, engineering and mathematics interact. STEM lessons include various knowledge, combined in the implementation of applied projects, which "maintains the interest and curiosities of students in complex scientific subjects" [1]. To solve these practical tasks, teachers use a specialized STEM center, and where there is none, classrooms. Some teachers also use more non-standard methods, through outdoor learning or as the idea of "the real world as a learning space" [2].

The implementation of STEM projects requires better preparation in order to determine the goals, tasks (individual or team),

duration, as well as what the final result will be. Of course, first of all, it is necessary to specify what the technical capabilities are, and then the level of competence of the students. According to the Strategy for STEM Education at the Ministry of Education and Science [10], projects can be oriented towards the areas of “Mathematics and Informatics, Natural Sciences, Green Technologies and Sustainable Development, Design and 3D Prototyping, Robotics and Cyber-Physical Systems”.

For example, if a thematic project on the topic of "Green Garden" is to be implemented, the teacher can approach it in several ways, depending on the level of knowledge of the students. For this project, the students must know some basic knowledge related to the disciplines "Computer Modeling and Information Technologies" and "Physics and Astronomy", which are included in the curriculum from grades 5 to 9. In order to properly connect all the components and work with the necessary electrical power supply, the students must have gone through the areas of competence indicated in Table 1.

Table 1. Expected competencies in "Physics and Astronomy" in grades 7 and 9 [13, 14]

Area of competence 7th grade	Knowledge, skills and attitudes
Electric Current and Voltage Electrical Circuits Electrical Energy	Defines current as the electric charge that passes through the cross-section of the conductor per unit time and voltage as a measure of the energy that electric charges give to the consumer or receive from the source. Measures electric current with an ammeter and electric voltage with a voltmeter. Applies the formula for the resistance of a conductor (consumer) as the ratio of voltage to current.

	Gives examples of different sources of electric voltage and the way they are connected in an electric circuit (batteries from the same sources, which are connected in series or in parallel). Connects simple electric circuits and applies safety rules when working with electric current. Establishes experimentally that when two consumers are connected in series, the same current flows through them, and the voltages add up, while when they are connected in parallel, the opposite is true and applies these dependencies (without calculating equivalent resistance). Applies the Joule-Lenz law for the amount of heat released (for one consumer only). Explains what the amount of heat released in a consumer depends on. Calculates the power of electricity for just one consumer. Calculates the electricity consumption of household appliances (consumers) and discusses ways to save it.
Area of competence 9th grade	Knowledge, skills and attitudes
Electricity and magnetism	Connects and analyzes simple electrical circuits.

	Applies basic laws of direct electric current (Ohm's law, formulas for equivalent and specific resistance, for work and power of electric current, Ohm's law for the entire circuit). Describes different sources of electric current. Distinguishes conductors (superconductors) and semiconductors according to their electrical properties and gives examples of their application.
--	---

The technical implementation of the project can be implemented technically in several ways. One of the most popular is through a microcontroller board. Microbit (Figure 1).



Figure 1. Microcontroller board Microbit [7]

It can be programmed using a block environment similar to Scratch, so students who have a good background in "Computer Modeling and Information Technologies" will be able to quickly and

implementation can again be done in several ways. The first is to use additional water pumps, sensors, buttons, resistors, a prototyping board, an OLED display, LED diodes and other suitable components.

The second is to use a ready-made kit (Figure 4), which includes a manual and everything necessary for its implementation. Depending on the level of competence that the teacher wants to check and apply in the project, one or the other option can be applied. When projects are implemented in which ready-made kits are not used, students have the opportunity to use their knowledge more thoroughly and gain practical experience that the ready-made kit cannot offer. The teacher's preliminary preparation should include, in addition to the necessary hardware and software, but also feedback on the level to which students have mastered the theoretical and practical knowledge in Mathematics, Physics and Astronomy, Informatics, Computer Modeling and Information Technologies.



Figure 4. Sample set „Arduino Smart Plant Watering“

Creating a STEM project requires flexibility, creativity, and the ability to work in a team, with colleagues from other disciplines. The teacher plays a central role in developing key skills in students - such as critical thinking, communication, collaboration, and the use of

technology. He must not only master technology, but also integrate it effectively into the learning process.

2 Conclusion

STEM education with the application of a competency-based approach prepares students for the professions of the future, building them capable of adaptation, independent learning and solving emerging challenges. This is for the formation of responsible and proactive individuals. The competency-based approach in STEM education is a modern and effective model that combines knowledge, skills and attitudes in a single learning process. It is of key importance for the formation of future specialists, innovators and responsible citizens, capable of dealing with the challenges of the global world.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Goranova, E. An approach to implementing information technology in stem education, PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE, volume 62, book 11.1. 2023
- [2] Pavlova, N. & Marchev, D. Application of artificial intelligence in generation of stem tasks, KNOWLEDGE –International Journal, Vol.66.2, pp. 185-191. 2024
- [3] Бизова, М. Компетентност, компетентностен подход и разработване на компетентностни модели, сп. Педагогика, Volume 88, Number 1, стр. 119-137. 2016
- [4] Желязкова, М. STEM в контекста на компетентностния подход в образованието, Образование и технологии, Vol. 13, стр. 206-212. 2022
- [5] Рашева-Мерджанова, Я. Трансформация на ключовите компетентности на съвременния учител в контекста на социалното взаимодействие. – Стратегии на образователната и научната политика. № 3, с. 243 – 253, 2010
- [6] Стоянова, И., Развитие на компетентностите на децата от предучилищна възраст чрез иновативни модели на обучение,

Компетентностният подход като алтернатива пред предизвикателствата на 21. Век, ISBN 978-619-201-678-4, стр. 85-90. 2022

- [7] https://kitronik.co.uk/products/56100-bbc-micro-bit-v2-board-only?_pos=9&_sid=4b9c0442a&_ss=r, [Viewed 03.06.2025].
- [8] <https://kitronik.co.uk/products/5699-kitronik-smart-greenhouse-kit>, [Viewed 03.06.2025].
- [9] <https://projecthub.arduino.cc/Sgarro/greenhouse-f6fc53>, [Viewed 03.06.2025].
- [10] <https://stem.mon.bg/стратегия-за-stem-образование>, [Viewed 05.06.2025].
- [11] <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?queryID=undefined>, [Viewed 03.06.2025].
- [12] https://www.elecrow.com/blog/arduino-based-automatic-smart-plant-watering-kit.html?srltid=AfmBOorke2osOic-c2ZtsfcPAY-C6s2NiZALeNVX0f7gUVisE_kRAfrW, [Viewed 05.06.2025].
- [13] https://www.mon.bg/nfs/2023/12/up_ix_fa_pril9-36.pdf, [Viewed 2025-05-28].
- [14] https://www.mon.bg/nfs/2023/12/up_vii_fizika.pdf

Krasimir Valentinov Harizanov

Konstantin Preslavsky University of Shumen

e-mail: kr.harizanov@shu.bg

Daniela Ivanova Lazarova

PhD student, IntegrITy project, Konstantin Preslavsky University of Shumen
Specialized high school of natural sciences and mathematics “Nancho Popovich” Shumen

e-mail: d.lazarova.ppmg@gmail.com

TECHNOLOGIES FOR PREPARING STUDENTS TO SOLVE OPTIMIZATION PROBLEMS AT INTERNATIONAL LOGICAL PROBLEM-SOLVING CHAMPIONSHIPS

MYKHAILO I. KRYVOSHEIA

ABSTRACT. *The indicative list of key competences for Europe highlights, among the foremost, the following: “the ability to solve problems.” A productive basis for developing this competence in students is problem solving in mathematics in general and optimization problems in particular. This article examines different approaches to understanding optimization problems. It also illustrates a technology (methodology) for preparing students to solve optimization problems using problem sets from the International Championships in Logical Problem Solving.*

KEYWORDS: *optimization problems, training technologies, solving mathematical problems.*

2010 Mathematics Subject Classification: 97M10.

1 Introduction

The ability of an individual to quickly find optimal solutions under any life circumstances is a challenge of our time. The current legislation regulating the educational process in general secondary education institutions of Ukraine overall, and in mathematics in particular, provides for the development of students’ readiness to solve optimization problems only in grades 10–11. In contrast, European and global educational practice employs an early-intervention methodology to develop students’ competences in solving optimization problems. Is such an approach advisable? How can we spark students’ interest in

solving such problems? On what problem material can an early-intervention methodology for developing competences in optimization problem solving be implemented? Our search for answers to these questions revealed a wide range of information. In view of this, in this article we will focus solely on the technology for preparing students to solve optimization problems at the International Championships in Logical Problem Solving.

Based on the results of our review, it can be stated that dissertation research on optimization problems is, for all practical purposes, exhaustively focused on solving them by means of computer technologies. These are applied optimization problems in the fields of finance, transport, medicine, and various branches of the economy. There is a considerable body of research oriented toward higher education, whose topics reflect the search for general approaches to solving certain classes and types of optimization problems. N. V. Dobrovolska, in the article “Methodology for Using Information Technologies in Solving Optimization Problems” [6], described linear-programming optimization problems for the following economic tasks: production planning, structural optimization, rational use of production capacities, and the transportation problem. As a result of solving these problems, profit, material and labor resources, time, etc., are maximized or minimized. The article by Nataliia Kuzmina, “The Main Types of Analysis of Optimization Problems with Computer Support” [8], examines certain methodological aspects of teaching the fundamentals of the theory of optimization methods. This article is addressed to students of pedagogical universities. The researcher classifies types of analysis of optimization problems, including the problem-posing stage and the stage of obtaining the optimal solution. However, the article considers examples of

applying the proposed approaches only by means of information technologies. I. V. Nykyforchyn, in the article “Solving Optimization Problems with Economic Content in Mathematics Lessons” [12], notes that an analysis of publications on this topic shows that neither the issue of forming economic culture among general-education school students nor the aspects of preparing school teachers for this category of problems are sufficiently covered in contemporary pedagogical research. In fact, as the researcher asserts, optimization problems themselves are rarely encountered in the school mathematics curriculum. Out of necessity, the author proposes the systematic introduction of optimization problems of varying levels of complexity into school practice for solving mathematical problems. The more accessible of these can be offered to students at different stages of their mathematical education and can orient them toward a critical understanding and analysis of the solution, as well as toward the application of optimization methods [12]. T. V. Zaitseva, in the article “Integrated Lessons in the Study of Mathematics” [7], draws attention to the difficulties of solving optimization problems without information technologies. Nevertheless, she notes the necessity of including such problems in the mathematics curriculum of secondary school. The author points out that the mathematical model for optimization problems proposed in secondary school is presented using linear dependencies, which are understandable and accessible to upper-secondary students. Such educational activity offers a wide range of opportunities for conducting instructional research that involves not only solving problems but also posing them; it facilitates graphical and computational experiments on the basis of which the student arrives at formulating hypotheses regarding the regularities under study [7]. D. Ye. Bobyliev [1] presents his

view of the place and role of optimization problems in specialized (profile) school, highlighting a general plan for solving such problems. He argues for the advisability of introducing a project-based course “Optimization Problems” at school. If introducing such an elective course is not possible, the author sees a way forward in creating mathematical models during mathematics lessons, and in informatics lessons—implementing the algorithms for solving these problems in practice using information computer technologies.

Purpose of this article – to explain the rationale and possibilities of an early-intervention methodology for developing students’ competences in solving optimization problems.

Technology (from the Greek τέχνη — art, craftsmanship, skill; λόγος — word, study) is a body of knowledge and information about the sequence of individual production operations in the course of manufacturing something [2]. It was from the engineering and technical sphere that this term was borrowed into pedagogical theory and practice. Today, the fixed expression “pedagogical technologies” is in common use. In essence, pedagogical technologies are intended to identify algorithms for optimizing the educational space, culminating in an evaluation of the methods chosen.

The organic integration of pedagogical technologies into the educational process structures the activity of the subject teacher in collaboration with the student. This approach ensures not only the delineation of goals, but also the formulation of algorithms for achieving them. This, in turn, provides the basis for predictability of the final outcome of the educational process. In line with the research of M. Clark, T. Sakamoto, and K. Chadwick, the primary functions of pedagogical technologies are the application of theoretical knowledge to the solution of

practice-oriented tasks. In unison with V. L. Ortynskyi, we define the concept of “pedagogical technology” as a certain range of forms, methods, and modes of instruction that are used systematically in the educational process and that, for the most part, lead to achieving a predictable educational result within an acceptable margin of deviation [13]. “Instructional (teaching) technology” is a comparatively narrower concept. Its essence lies in finding the optimal algorithm for attaining a specified instructional goal.

At present, the organization of the educational process in mathematics in institutions of general secondary education in Ukraine is regulated by the Law of Ukraine “On Education” [4] and the Law of Ukraine “On Complete General Secondary Education” [5]. Mathematical competence is one of the ten key competences envisaged by the New Ukrainian School concept, since the teaching of mathematics makes a significant contribution to the development of each key competence.

For Ukraine, the trends and priority directions in the development of European and global education have never been a matter of indifference; however, for the most part, Ukrainian educators, given the specifics of domestic traditions, have charted their own path in the education of children. It should be noted that there is no single agreed list of key competences for the countries of the world, since such a list is determined by the position of the society in each individual country. The implementation of the international project “Definition and Selection of Key Competencies,” carried out by the national institutes of educational statistics of Switzerland and the USA, did not lead to the formation of a corresponding package of competences. Instead, the Council of Europe symposium “Key Competencies for Europe” identified and formulated an

indicative list of key competences for Europe. Among the foremost is the ability to solve problems.

A fruitful foundation for developing a student's ability to recognize mathematics in real-life situations, to model scenarios, and to apply mathematical knowledge to optimally solve real-world problems is the solving of optimization problems. These belong to the most engaging mathematical problems, for many reasons. One of them is that such problems often model real-life needs and challenges. People have always sought to use material, financial, time, and labor resources in the most rational way and, for given production volumes, to reduce costs to the minimum (to minimize), or—given fixed resources to ensure the maximum output of products. Problems of this type are so-called optimization problems. General methods for solving them are based on the theory of the corresponding sections of mathematical analysis.

General formulation of an optimization problem. Let X – be a subset of R^n (i.e. $X \subset R^n$), $f(x)$ – be a real-valued function on R^n (i.e. $f: R^n \rightarrow R^1$). It is required to find a point $x^\circ \in X$, at which the function $f(x)$ attains its minimum value. The set X is called the feasible set (or feasible region), and the function $f(x)$ – is the objective function. The general optimization problem is briefly written as:

$$(1) \quad f(x) \rightarrow \min_{x \in X}$$

Note that finding a maximizer of a function $\phi(x)$ is equivalent to finding a minimizer of $f(x) = -\phi(x)$. In other words, it makes no difference whether an optimization problem is formulated as a minimization or as a maximization.

Mathematical optimization (often simply *optimization*) is, with respect to a certain criterion, the selection of the best option

from a set of available alternatives. Thus, the essence of optimization lies in finding the “best” possible value of an objective function within its domain, encompassing various types of objective functions and various types of domains.

Solving optimization problems in the school mathematics curriculum is mainly (over 90%) based on students’ mastery of the basics of mathematical analysis and is largely reduced to algebraic and geometric problems of finding the maximum or minimum of an objective function. Our understanding and view of the place and role of optimization problems in the system of developing students’ research competence is as follows. We consider practice in solving optimization problems as a didactic determinant in forming students’ research competence. The range of methods used is characterized by exceptional diversity and breadth. It is advisable to begin acquainting students with optimization problems as early as possible, ensuring a propaedeutic approach in instruction. Then, on the basis of continuity, the work should be continued from grade five through eleven. The problem sets offered at various stages of the International Championships in Logical Problem Solving (hereafter in the text — the Championship) can serve as an illustration of a technology for preparing students to solve optimization problems. It should be noted that one of the features of the Championships is the large number of problems. For example, over 3 hours, students in grades 10–11 are offered 16 tasks to solve.

For the youngest school-aged participants of the Championship, an optimization problem usually takes the form of a story problem formulated as a challenge. Naturally, for this age category only single-criterion optimization problems are proposed. Involving students in international mathematical

Championships can serve as a fruitful foundation for developing a sustained interest in solving optimization problems.

Problem 1 (Grade 5). Grandma baked four pancakes of different sizes and placed them on a plate (see the illustration in the figure). Before bringing them to the table, Marichka wants to arrange the pancakes in order from the largest on the bottom to the smallest on the top (see the illustration in the figure). To do this, she has a wooden spatula. The girl slides her spatula under one of the pancakes (except for the very top one) and flips the entire stack of two, three, or four pancakes on the spatula. What is the smallest number of flips Marichka can use to place the pancakes in the indicated order?



Figure 1.

Solution:

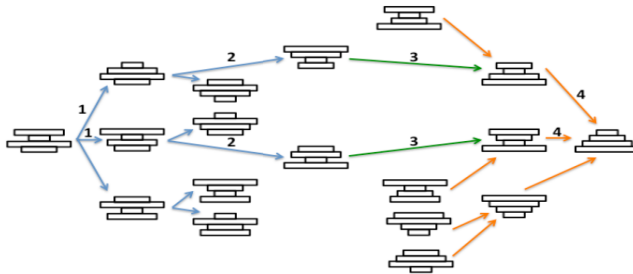


Figure 2.

Answer: 4.

It is clear that a technology for preparing students to solve such problems presupposes that younger schoolchildren, at an intuitive level, form the concepts of an objective function,

feasible solutions, and a system of constraints. The solution to Problem 1 is presented in the form of a tree-like graph. Let us note that mathematics curricula in many European countries envisage introducing students to graph theory already in primary school. Graphs are widely used to solve various problems with the aid of computers and, in particular, to solve optimization problems. In an evident way (even for the youngest pupils), the problem of finding a path in a graph—including the shortest one—is solved on a graph. For unweighted graphs, the shortest path is the path consisting of the smallest (minimum) number of edges. For weighted graphs, it is the path with the smallest (minimum) total edge length.

The student-preparation technology for the Championships that we implement in our instructional practice requires younger schoolchildren to master this conceptual apparatus. In the course of such preparation, students learn the following methods for finding a path in an unweighted (as in Problem 1) graph: (1) exhaustive search of all options (ensuring completeness of the solution); (2) depth-first search (DFS); (3) breadth-first search (BFS). The solution method proposed above for an optimization problem clearly illustrates the basics of mathematical modeling and implicitly represents the application of the classical analytic–synthetic method. Undoubtedly, such a solution method eliminates difficulties related to analyzing the answer (the results obtained). Let us also note that students in grades 5–6, for the most part, interpret the notion of “optimal” as “the best, one that cannot be improved.” Students in this age group most often use the method of complete enumeration and the extremal principle to solve optimization problems.

Problem 2 (Grade 8). Find the value(s) of a for which the area of the triangle with side lengths $\sqrt{a^2 - a + 1}$, $\sqrt{a^2 + a + 1}$,

$\sqrt{4a^2 + 3}$ (assuming such a triangle exists) is maximal, and the value(s) of a for which the area is minimal.

Solution. It is easy to see that all real numbers are admissible values of the parameter a . We will prove the existence of a triangle with the side lengths given in the problem statement. Introduce a coordinate system on the plane ($L_1 L_2 L_3$). Let O be the origin and choose the angles between OL_1 and OL_2 and between OL_2 and OL_3 to be 60° . On the ray OL_3 lay off the segment $OC = a$, and on the ray OL_1 lay off the segment $OA = 1$. By the law of cosines for $\triangle COA$ we have: $CA = \sqrt{a^2 + 1 - 2a \cos 120^\circ} = \sqrt{a^2 + a + 1}$. Next, lay off on the ray OL_2 the segment $OB = 1$.

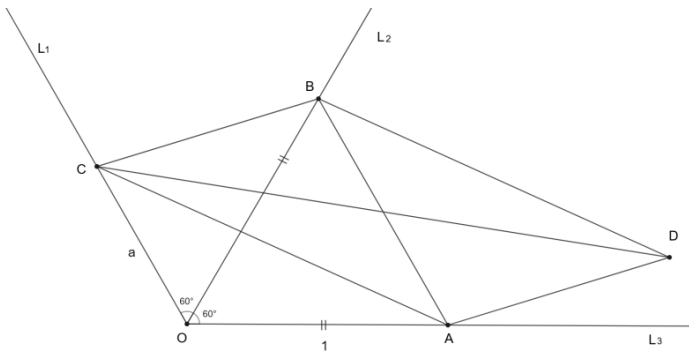


Figure 3.

By the law of cosines for $\triangle COB$ we have:

$$(2) \quad CB = \sqrt{a^2 + 1 - 2a \cos 60^\circ} = \sqrt{a^2 - a + 1}$$

Similarly, $BA = 1$. through point B draw a line parallel to line CA , and through point A draw a line parallel to line CB . Let D be the intersection point of these lines; then $ACBD$ is a

parallelogram (by definition). Hence, the sum of the squares of its diagonals equals the sum of the squares of all its sides, i.e.,

$$(3) \quad CD^2 + BA^2 = 2AC^2 + 2BC^2;$$

$$(4) \quad CD = \sqrt{2AC^2 + 2BC^2 - BA^2}.$$

Substituting the previously found segment lengths, we obtain $CD = \sqrt{4a^2 + 3}$.

The above constitutes a constructive proof of the existence of a triangle with the side lengths given in the problem statement for any real a . In our case, this is $\triangle CAD$.

$$(5) \quad S_{\triangle CAD} = S_{\triangle ABC} = \frac{1}{2} S_{ACBD}.$$

Find $S_{\triangle ABC}$.

$$(6) \quad \begin{aligned} S_{\triangle ABC} &= S_{OCBA} - S_{\triangle COA} = S_{\triangle COB} + S_{\triangle OBA} - S_{\triangle COA} \\ &= \frac{\sqrt{3}}{4} a + \frac{\sqrt{3}}{4} - \frac{\sqrt{3}}{4} a = \frac{\sqrt{3}}{4} \end{aligned}$$

Therefore $S_{\triangle CAD} = \frac{\sqrt{3}}{4}$ i.e., the area of the triangle in question is constant, and hence neither a maximum nor a minimum value exists.

Answer: $S_{\triangle CAD} = \text{constant} = \frac{\sqrt{3}}{4}$ sq. units

Note that in the course of solving this optimization problem, an analytic–constructive investigation established the existence of the triangle and identified the possible value of its area. By introducing an auxiliary element (a specific oblique coordinate system), the problem was modeled and solved by means of the coordinate method. The foregoing problem can model a practice-oriented, real-life situation in which one is

required to minimize costs that, under the prevailing circumstances, are constant, or to maximize profits that, again under the circumstances, are constant.

Sometimes, to rationalize the solution of an algebraic optimization problem, it is advisable to reduce it to an equivalent geometric optimization problem (i.e., perform an equivalent transformation of the condition). This is especially appropriate when students have not yet mastered the basics of mathematical analysis, or when applying the derivative leads to equations of high complexity. We illustrate this approach with the following problem.

Problem 3 (Grade 9). Find the minimum value of the function

$$(7) \quad y = \sqrt{2x^2 - 2x + 1} + \sqrt{2x^2 - (\sqrt{3} - 1)x + 1} + \sqrt{2x^2 + (\sqrt{3} + 1)x + 1}$$

Solution.

$$(8) \quad \begin{aligned} y &= \sqrt{2x^2 - 2x + 1} + \sqrt{2x^2 - (\sqrt{3} - 1)x + 1} + \\ &\sqrt{2x^2 + (\sqrt{3} + 1)x + 1} = \sqrt{x^2 + (x^2 - 2x + 1)} + \\ &\sqrt{\left(x^2 + x + \frac{1}{4}\right) + (x^2 - \sqrt{3}x + \frac{3}{4})} + \\ &\sqrt{\left(x^2 + x + \frac{1}{4}\right) + (x^2 + \sqrt{3}x + \frac{3}{4})} = \sqrt{x^2 + (x - 1)^2} + \\ &\sqrt{\left(x + \frac{1}{2}\right)^2 + \left(x - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(x + \frac{1}{2}\right)^2 + \left(x + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} \end{aligned}$$

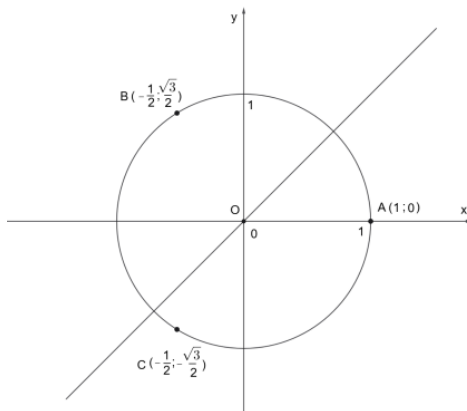


Figure 4.

Consider the unit circle and the line $y = x$. On this circle, mark three points with the following coordinates: $A(1; 0)$, $B\left(-\frac{1}{2}; \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$, $C\left(-\frac{1}{2}; -\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$. Let $X(x; x)$ be some point on the line $y = x$; then

$$(9) \quad AX = \sqrt{(x-1)^2 + x^2},$$

$$(10) \quad BX = \sqrt{\left(x + \frac{1}{2}\right)^2 + \left(x - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2}, \quad CX = \sqrt{\left(x + \frac{1}{2}\right)^2 + \left(x + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2}.$$

Let us consider $\triangle ABC$. We note that the given problem reduces to the following equivalent geometric optimization problem: “On the line $y = x$ find a point for which the sum of its distances to the vertices of $\triangle ABC$ the aforementioned triangle) is minimal.”

To solve this, we use the theorem on the property of the first Torricelli point. In a triangle whose largest angle is less than 120° , the first Torricelli point has the minimal sum of distances to the triangle's vertices. (By definition, the first Torricelli point is a point from which all sides of the triangle are seen under an angle of 120° . Such a point exists only in a triangle whose largest angle is less than 120° , and for a given triangle this point is unique.)

Computing the side lengths of $\triangle ABC$, we obtain: $AB = BC = AC = \sqrt{3}$, therefore $\triangle ABC$ is equilateral, and hence from point O – the center of its circumcircle, all sides of this triangle are seen under an angle of 120° (all the conditions of Torricelli's theorem are satisfied). It follows that the desired minimal sum of distances is numerically equal to $OA + OB + OC = 1 + 1 + 1 = 3$ (it is easy to see that $OA = OB = OC = 1 = R$ – the circumradius). Consequently, we finally have that the function

(11)

$$y = \sqrt{2x^2 - 2x + 1} + \sqrt{2x^2 - (\sqrt{3} - 1)x + 1} + \sqrt{2x^2 + (\sqrt{3} + 1)x + 1}$$

may attain its minimum value, which is numerically equal to 3.

Answer: 3.

Let us note that if this problem is approached by means of mathematical analysis, the student, in the course of a top-down analysis, will realize the inefficiency of such a method. It becomes necessary to model the problem and apply the method of equivalent transformation of the condition. The student

searches for an equivalent geometric optimization problem and then studies the geometric configuration for compliance with the conditions of Torricelli's theorem. The proposed solution to Problem 3 serves as an illustration of the organic combination of top-down analysis and bottom-up synthesis.

2 Conclusions

In view of European and global educational practice and based on our own experience of more than twenty years participating in the International Championships in Logical Problem Solving as a competitor, we can state that over 40% of the tasks in these competitions are optimization problems. About one third of all geometric problems in these competitions are, again, optimization problems. Such problems are offered to participants of all age categories, from first graders to people with higher mathematical education. Our European and global colleagues do not wait for the moment when students are introduced to derivatives and their applications. Instead, they begin teaching students to solve optimization problems from an early school age. We will not delve into a detailed justification of the soundness of this approach. We will simply note that the realities of life constantly demand of a person the ability to make optimal decisions quickly. Often the stakes are a human life; in the most critical situations, the stakes are the existence of a particular state or of humanity as a whole (the Chornobyl tragedy, war, etc.). Therefore, in our view, an early-intervention methodology for solving optimization problems is justified.

REFERENCES:

- [1] Bobyliev, D. S. *Optimization Problems in Specialized (Profile) School*. In Bulletin of the International Research Center "Human: Language,

- Culture, Cognition” (quarterly scholarly journal), eds. O. M. Kholod, V. V. Korolskyi, I. S. Dereza. Kryvyi Rih, 2018, vol. 42, pp. 108–116. (In Ukrainian).
- [2] *The Great Ukrainian Explanatory Dictionary (VUTS) of the Modern Language*. Access mode: <https://1531.slovaronline.com/> (In Ukrainian).
 - [3] *Comprehensive Explanatory Dictionary of the Modern Ukrainian Language (with additions and supplements)*, comp. and editor-in-chief V. T. Busel. Kyiv; Irpin: VTF “Perun”, 2005, 1728 pp. (In Ukrainian).
 - [4] Law of Ukraine “On Education.” Access: <https://base.kristti.com.ua/?p=5895> (In Ukrainian).
 - [5] Law of Ukraine “On Complete General Secondary Education.” Access: https://urst.com.ua/download_act/pro_povnu_zagalnu_serednyu_osvitu (In Ukrainian).
 - [6] Dobrovolska, N. V. *Methodology for Using Information Technologies in Solving Optimization Problems*. Modern Information Technologies and Innovative Teaching Methods in Training Specialists: Methodology, Theory, Experience, Problems, 2018, issue 52, pp. 290–296. (In Ukrainian).
 - [7] Zaitseva, T. V. *Integrated Lessons in the Study of Mathematics*. In Informatization of Education in Ukraine: State, Problems, Prospects. Collection of scholarly works. Kherson State Pedagogical University. Kherson, 2001, pp. 38–40. (In Ukrainian).
 - [8] Kuzmina, N. M. *The Main Types of Analysis of Optimization Problems with Computer Support*. Scholarly Journal of the National Pedagogical Dragomanov University. Series 2: Computer-Oriented Learning Systems, Kyiv: NPU im. M. P. Dragomanova Publishing House, 2016, issue 18 (25), pp. 12–21. (In Ukrainian).
 - [9] Matiash, O. I., & Terepa, A. V. *Mathematics in Creativity. Creativity in Mathematics: A Monograph*. Vinnytsia, 2018, 283 pp. (In Ukrainian).
 - [10] Matiash, O. I., Koval, O. S., & Mykhailenko, L. F. *Developing Students’ Interest in Mathematical Problems and Their Solution*. Modern Information Technologies and Innovative Teaching Methods in Training Specialists: Methodology, Theory, Experience, Problems, issue 65, Kyiv–Vinnytsia: TOV firma “Planer”, 2022, pp. 103–113. (In Ukrainian).
 - [11] Matiash, O. I., & Kryvosheia, M. I. *Developing Students’ Capacity for Research as a Pedagogical Problem*. Physics and Mathematics

- Education: Scholarly Journal, vol. 40, no. 2, 2025, pp. 30–35.
<https://fmo-journal.org/index.php/fmo/issue/view/24> (In Ukrainian).
- [12] Nykyforchyn, I. V. *Solving Optimization Problems with Economic Content in Mathematics Lessons*. Topical Issues of Natural Science and Mathematics Education: Collection of Scholarly Works, issue 2 (24). Sumy: Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, 2024, pp. 40–45. (In Ukrainian).
- [13] Ortynskiy, V. L. *Pedagogy of Higher School. Types of Pedagogical Technologies* [Electronic resource]. Access: http://pidruchniki.com/17190512/pedagogika/vidi_pedagogichnih_tehnologiy (In Ukrainian).
- [14] Pedagogical Technologies. A textbook for universities. Ukrainian State Pedagogical University named after M. Dragomanov; ed. O. S. Padalka et al. Kyiv: Ukrainska Entsyklopediia, 1995, 253 pp. (In Ukrainian).

Mykhailo Ihorovych Kryvosheia

PhD student, Department of Algebra and Methods of Teaching Mathematics,
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynsky State Pedagogical University, Vinnytsia
e-mail: mishakryvoshea@gmail.com

LEARNING BY DOING IN STEM EDUCATION*

MARTIN I. PETROV

ABSTRACT: *The purpose of this article is to present the “learning by doing” approach as a fundamental component of STEM education and to examine its benefits for developing students’ practical skills, creativity, critical thinking, and adaptability. Particular emphasis is placed on the role of the teacher as a facilitator in the learning process, guiding students in solving real-world STEM problems through the integration of knowledge and skills from multiple disciplinary domains. The showcased project CleanBot, which was awarded first place at the National Olympiad in Information Technologies, further demonstrates the high educational value and effectiveness of the learning-by-doing approach*

KEYWORDS: *STEM education, Learning by Doing, Project-based learning*

2010 Math. Subject Classification: 97P20, 97B20

УЧЕНЕ ЧРЕЗ ПРАВЕНЕ В STEM ОБУЧЕНИЕТО†

МАРТИН И. ПЕТРОВ

1 Въведение

STEM обучението комбинира знания и умения от природните науки, математиката, инженерството и технологиите,

*This paper is partially supported by BG05SFPR001-3.004-0021-C01 – IntegrITy

†

†Статията е частично финансирана по проект BG05SFPR001-3.004-0021-C01 – ИнтегрИТи

като е насочено основно към практиката. Поради това то е сред най-бързо развиващите се направления в съвременното образование. [1], [9], [20]. STEM задачите все по-често се разработват с помощта на изкуствен интелект, който предоставя възможности за автоматизирано генериране на съдържание и ефективно подпомага обучителния процес. [17].

Една от най-успешните стратегии в STEM обучението е подходът „учене чрез правене“, базиран на учене чрез преживяване [7] и модела на експериментално учене [13]. Стимулират се умения за разрешаване на реални проблеми, креативност, инженерно мислене и критичност, като поставя учениците в роля на създатели на реални решения [18], [8].

Подходът “Learning by Doing” е изключително актуален за STEM обучение, понеже включва програмиране, електроника, инженеринг, 3D моделиране, 3D принтиране, предприемачество, маркетинг и реални технически или други предизвикателства от всякакъв характер, които възникват по време на реализирането на дадена задача и не могат да бъдат овладени само чрез теория. [12], [16].

Настоящата статия демонстрира реализацията на подхода чрез проекта CleanBot, създаден от ученици от Робоклуб „Хелиос“ при СУ „Любен Каравелов“ – Добрич под мое. Проектът „CleanBot“ е награден с призовото първо място на Националната олимпиада по информационни технологии, което доказва неговата изключително положителна педагогическа и технологична стойност. Проектът е награден и на най-големия форум за роботика в България – „Пара Роботикс“.

Проект „CleanBot“ е енергонезависима, автономна система за мониторинг и управление на отпадъци, изградена чрез Arduino, ултразвукови сензори, мотор драйвер, соларен контролер, соларен панел, HTTPS комуникация, база данни и уеб приложение, базирано на Laravel, за управление и мониторинг – пример за интегрирано STEM обучение чрез Learning by Doing [23].

2 Реализация

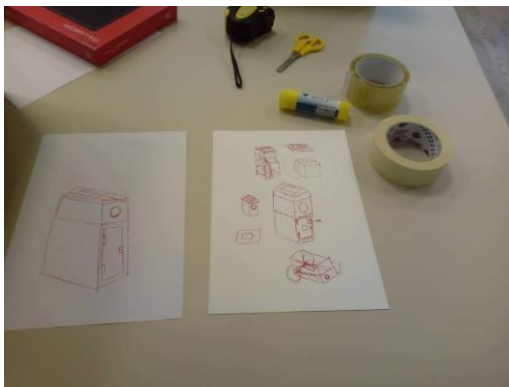
Подходът „учене чрез правене“ е свързан с активно участие на учениците в реални маркетингови проучвания, анализ на конкуренцията, инженерни процеси, конструиране, 3D моделиране, 3D принтиране, експериментиране и непрестанно тестване и търсене на по-оптимални решения. Учебната среда се трансформира в лаборатория за открития, в която знанията и уменията се генерират чрез проби, грешки и контакт със системи от реалния свят. [7], [11].

Моделът е изключително успешен в STEM, понеже е необходимо аналитично мислене, работа с микроконтролери, сензори, схеми, програмен код и инженерни дизайни и конструкции. [5], [12]. Реализирането на проект „CleanBot“ усъвършенства дигиталната креативност [3], както и ключови компетентности, свързани с инженерния дизайн, критичното мислене и уменията за работа в екип. [4].

Реализацията на проект „CleanBot“ се извършва чрез изпълнение на няколко последователни етапа, аналогични на тези в реалния свят. Учениците започват с изготвяне на идейно задание, анализ на изискванията и определяне на функционалностите. След това изучават конкурентни решения, за да избегнат грешки и да открият възможности за подобрения. На тази база създават финално проектно задание, което структурира цялата разработка.

Учениците започват със създаване на идейно техническо задание /скица/, анализ на конкуренцията за определяне на техните силни и слаби черти, които да доразвият идейното задание. След анализа на конкуренцията функционалът в техническото задание се допълва от функционалите при конкурентите и се развива от авторски идеи от самите ученици, провокирани от разгледаните функционали при конкурентите. При сравнително пълно техническо задание учениците вече знаят какво очакват да

се получи и започват следващата стъпка, която е извършване на анализ на най-подходящия хардуер и софтуер за проекта.



Фигура 1. Скица на идейно задание

След скициране на идейното задание, за по-лесна визуализация на проекта се използват бързи методи за изграждане на проекта чрез хартия.



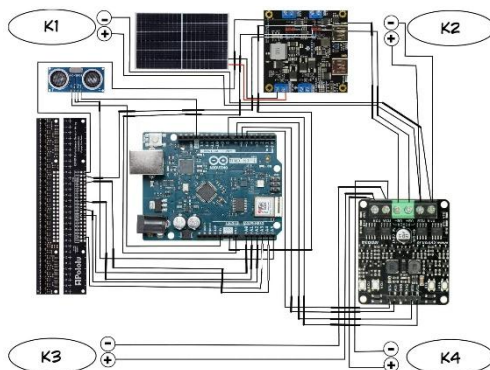
Фигура 2. Хартиена реализация

Хардуерната реализация включва в себе си избор на инфрачервени и ултразвукови сензори, мотор драйвери, електрически мотори с редукция, соларен контролер, соларен панел, батерия и избор на лек материал за изработването на проекта (Разпенено PVC). В процеса на създаване възникват реални инженерни проблеми, като изборът на подходящ мотор драйвер. Първият мотор драйвер, избран за целта, извършваше своята задача успешно при всички тестове на кошчето, докато не се стигна до етап на сравнително финални тестове и кошчето се напълни с по-тежък отпадък, вследствие на което мотор драйверът се претоварва и кошчето не извършва никакво движение. След анализ на ситуацията и проблема се интегрира по-мощен мотор драйвер, издържащ по-голямо натоварване, което води до замяна на стария драйвер с нов. Друга трудност, която възниква, е изборът на подходящи инфрачервени сензори, позволяващи плавно движение на кошчето. Още една трудност, възникнала при проектирането на кошчето, е изборът на соларен панел, издържащ голям период на спад в слънцегреенето и позволяващ непрестанна работа на кошчето. Точно тези ситуации налагат изпълнение на цикъла „прототипиране – тест – корекция“, който е главен елемент в Learning by Doing [13].



Фигура 3. Хардуерна конфигурация

При всяка хардуерна конфигурация е необходима и изработена схема за свързване.



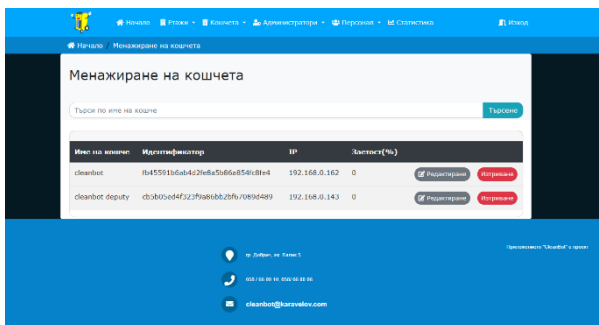
Фигура 4. Схема на свързване

Учениците имат трудности при избора на платформа както за управление на кошчето, така и за менажиране на проекта. За управление на кошчето е избран Arduino заради ниската консумация на електроенергия, интуитивния език за програмиране, това че е с отворен код и налична голяма общност от Arduino ентусиасти, но стабилността и сигурността на WiFi комуникацията налагат допълнителни по-задълбочени настройки и оптимизации, свързани с HTTPS протокола [16]. Тази ситуация запознава учениците с реални мрежови и комуникационни процеси.

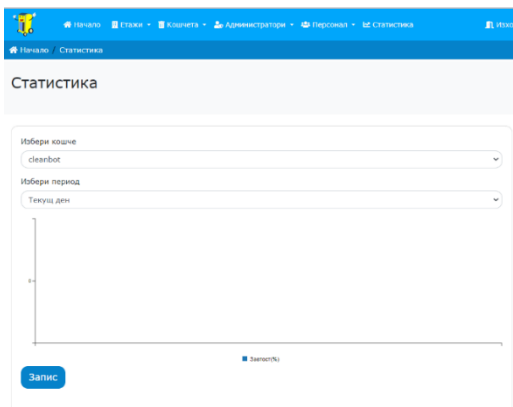
В софтуерната част учениците е необходимо да анализират по какъв начин конкурентите са я реализирали. След извършен анализ на конкуренцията и актуалните софтуерни решения се избира PHP framework “Laravel” заради разделението на бизнес логиката от визуалната част (MVC архитектура), като по този начин проектът може да се развива от бъдещи екипи. Така се прилагат принципите на Project-Based Learning [19], [6].

В допълнение към Laravel за бази данни се използва MariaDB, HTML, CSS, JS и Bootstrap.

Изградена е уеб платформа, позволяваща лесно менажиране и мониторинг на умните кошчета.



Фигура 5. Уеб платформа, секция „Менажиране“



Фигура 6. Уеб платформа, секция „Статистика“

За реализацията на проекта учениците изминават пълния инженерен цикъл: проектиране, прототипиране, тестване, отстраняване на грешки (дебъгване), оптимизация и внедряване, което е в съответствие с Engineering Design Process [12].



Фигура 7. Завършен проект „Cleanbot”(без капак)

При изпълнението на проекта се реализират и процеси, характерни за Collaborative Learning [8], Iterative Learning [13] и Authentic Learning, понеже CleanBot разрешава реален проблем — оптимизиране на управлението на отпадъците в малки и големи сгради.

Концепциите на алгоритмичното мислене и принципите за структуриране на данни, присъщи за изкуствения интелект, улесняват изграждането на софтуерната част на проекта [2].

След успешно преминаване на всички етапи в развитието на един проект той не само е наличен, но и перспективен.



Фигура 8. Завършен проект „Cleanbot” (с капак)

3 Заключение

Проектът CleanBot е доказателство, че подходът „учене чрез правене“ е безпрецедентно ефективен в STEM обучението. Чрез практически задачи, реални инженерни дейности, софтуерна разработка, оптимизация и тестове учениците изграждат знания,

умения и опит, които не могат да бъдат постигнати чрез традиционни методи.

CleanBot доказва успешно комбиниране на хардуер, софтуер, инженерство и научни концепции. Отличието на проекта на Националната олимпиада по ИТ затвърждава неговата важност и устойчивост като обучителен модел. Проектът е отличен и на най-големия форум за роботика в България – „Пара Роботикс“, което допълнително доказва неговата технологична и иновативна значимост.

Съпътстващите модели: Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Engineering Design Process, Collaborative Learning и Iterative Learning - също подпомагат процеса.

Успешните резултати доказват, че когато учениците учат, експериментират и работят в реална инженерна среда под ръководството на учител-фасилитатор, обучението е изключително по-ефективно и успешно.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Желязкова, М. STEM в контекста на компетентностния подход в образованието, Образование и технологии, Vol. 13, стр. 206-212. 2022
- [2] Кожухаров, М. Въведение в изкуствения интелект, Тракийски университет, ДИПКУ. Стара Загора, 2025, ISBN 978-954-691-114-8
- [3] Кожухарова, Д. От дигитална компетентност към дигитална креативност. Академично издателство, Тракийски университет. Стара Загора, 2020, ISBN 978-954-338-166-1
- [4] Рашева-Мерджанова, Я. Трансформация на ключовите компетентности на съвременния учител в контекста на социалното взаимодействие. – Стратегии на образователната и научната политика. № 3, с. 243 – 253, 2010
- [5] Стоянова, И., Развитие на компетентностите на децата от предучилищна възраст чрез иновативни модели на обучение, Компетентностният подход като алтернатива пред

- предизвикателствата на 21. Век, ISBN 978-619-201-678-4, стр. 85-90. 2022
- [6] Bell, S. PBL for the 21st Century, The Clearing House, Vol. 83(2), pp. 39–43. 2010.
- [7] Dewey, J. Experience and Education, Kappa Delta Pi Publications, ISBN 978-0684838281. 1938.
- [8] Dillenbourg, P. Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches, Elsevier, ISBN 978-0080433433. 1999.
- [9] Goranova, E. An approach to implementing information technology in stem education, PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE, volume 62, book 11.1. 2023
- [10] Hmelo-Silver, C. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?, Educational Psychology Review, Vol. 16, pp. 235–266. 2004.
- [11] Jonassen, D. Constructivist Learning Environments, Instructional Design Theories and Models, Vol. II, ISBN 978-0805850402. 1999.
- [12] Kelley, T. & Knowles, J. Integrated STEM Framework, International Journal of STEM Education, Vol. 3(11). 2016.
- [13] Kolb, D. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development, Prentice Hall, ISBN 978-0132952613. 1984.
- [14] Kwon, K. & Lee, H. Meta-analysis of PBL and creativity, Journal of Educational Psychology. 2025.
- [15] Lee, J. PBL as a Catalyst for STEM, STEM Education Review. 2025.
- [16] Ouyang, F., et al. Educational Robotics in STEM, International Journal of Science and Mathematics Education, 2024.
- [17] Pavlova, N. & Marchev, D. Application of artificial intelligence in generation of stem tasks, KNOWLEDGE –International Journal, Vol.66.2, pp. 185-191. 2024
- [18] Prince, M. Active Learning Review, Journal of Engineering Education, Vol. 93(3), pp. 223–231. 2004.
- [19] Thomas, J. Review of PBL, Autodesk Foundation Report, 2000.

[20] <https://stem.mon.bg/>, [Прегледана 20.10.2025].

[21] https://www.mon.bg/nfs/2023/12/up_ix_fa_pril9-36.pdf, Прегледана 20.10.2025].

[22] https://www.mon.bg/nfs/2023/12/up_vii_fizika.pdf, [Прегледана 20.10.2025].

[23] <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>, [Прегледана 20.10.2025].

Martin Ivanov Petrov

Konstantin Preslavsky University of Shumen

Specialized high school “Lyuben Karavelov” Dobrich

e-mail: martin@dhstudio.bg / m.petrov@shu.bg

SOME REFLECTIONS ON METHODOLOGICAL PROBLEMS OF TRAINING IN ECONOMIC DISCIPLINES

RUMYANA ST. ZLATEVA

ABSTRACT: *In the context of globalization, digitalization and rapid changes in the labor market, the need to rethink the methodological foundations of teaching economic disciplines, both in secondary and higher education, is increasing. The study aims to draw attention to some of the main methodological difficulties in teaching economic disciplines and to outline possible ways to overcome them. It attempts to reveal the specifics of learning and teaching, focusing on teaching methods, the role of the teacher, as well as the importance of the learning environment for achieving high educational efficiency. In this way, the article seeks to contribute to a deeper understanding of the methodological challenges facing economic education and to offer reasoned guidelines for its improvement in the context of modern educational paradigms.*

KEYWORDS: *methods, teaching, education, economic disciplines*

2010 Math. Subject Classification: 97B20, 97B30, 97B40, 97B50

НЯКОИ РАЗМИШЛЕНИЯ ВЪРХУ МЕТОДИЧЕСКИ ПРОБЛЕМИ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ИКОНОМИЧЕСКИ ДИСЦИПЛИНИ*

РУМЯНА СТ. ЗЛАТЕВА

*Статията е частично финансирана по проект „Математически модели в управлението, застраховането и финансите, икономическа реалност и обучение“ с вх. №РД-08-118/06.02.2025г., финансиран от НИХТД на Шуменски университет „Епископ Константин Преславски“.

Въведение

Икономическото обучение представлява ключов компонент от съвременната образователна система, тъй като осигурява формирането на знания, умения и компетентности, необходими за разбиране на социално-икономическите процеси и за активно участие в тях. В контекста на глобализацията, дигитализацията и бързите промени на пазара на труда се засилва необходимостта от преосмисляне на методическите основи на обучението по икономически дисциплини, както в средните, така и във висшите училища.

Въпреки че през последните десетилетия са натрупани значителни теоретични и практически постижения в областта на икономическото образование, редица проблеми, свързани с методиката на преподаване остават нерешени и се появяват нови. Според нас сред тях се открояват несъответствието между съдържанието на учебните програми и реалните потребности на обучаемите, които понякога трябва да са персонално адресирани, недостатъчната интеграция между теория и практика, както и ограниченото прилагане на иновативни педагогически подходи и дигитални технологии.

Настоящата разработка цели да се насочи внимание към някои основни методически затруднения на обучението по икономически дисциплини и да се очертаят възможни пътища за тяхното преодоляване. В рамките ѝ се прави опит за разкриване на особености на ученето и преподаването, като се акцентира върху методите на обучение, ролята на преподавателя, както и върху значението на учебната среда за постигане на висока образователна ефективност.

Задачите, които се поставят са свързани с:

- отбелязване на актуални методически проблеми в обучението по икономически дисциплини в средното и висшето образование;

- посочване на причини за възникването на тези проблеми – съдържателни, технологични и организационни;
- указване на добри практики и иновативни подходи при преподаването на икономически дисциплини;
- формулиране на препоръки към преподаватели и институции за оптимизиране на методическата подготовка и учебния процес.

По този начин статията се стреми да допринесе за по-задълбочено разбиране на методическите предизвикателства, пред които се изправя икономическото образование и да предложи аргументирани насоки за усъвършенстването му в контекста на съвременните образователни парадигми.

Методически контекст - проблеми на обучението по икономически дисциплини при ученици и студенти

Икономическото образование се откроява с интердисциплинарният си характер и изпълнява не само познавателна, но и социална функция. То способства за развитието на икономическа култура, формира умения за рационално поведение и вземане на информирани решения в условия на ограничени ресурси. Освен всичко друго, икономическите знания и умения дават стабилна основа за гражданска компетентност, икономическа отговорност, не на последно място и обществено развитие, което ги прави неотменим елемент от общата култура на съвременния човек. Трябва да се подчертае, че те следва да се разглеждат като съществен елемент отговорността на всеки индивид към общество ни [2,3].

Методическите проблеми в обучението по икономически дисциплини макар да произтичат основно от сложността на самата икономическа наука и нейната динамика, се свързват и с ниската икономическа култура, с която много обучаеми влизат – те нямат изградени навици да се следят икономически събития, което от своя страна затруднява възприемането на сравнително по-

сложните понятия. Икономическите дисциплини изискват едновременно теоретично мислене и практическа ориентация – две посоки, които трудно се съчетават в рамките на традиционните педагогически форми. Основната цел, на обучението в случая, е не само да се усвояват факти и теоретични модели, но и да се формира аналитично мислене, предприемачески дух и способност за оценка на икономически ситуации. Това налага използването на интегриран подход, при който знанието не се предава единствено чрез традиционна лекционна/урочна форма, а се изгражда в процес на активно взаимодействие между преподавател и обучаем. При все това преподаването се доминира от информационен подход, при който от обучаемите се усвояват знания, но в по-малка степен се развиват умения за анализ, синтез и вземане на решения, което рефлектира върху придобиването на компетентности като резултат от обучението. Посочените проблеми се засилват от една страна от липсата на достатъчно време за работа с реални казуси, икономическа статистика, модели и симулации, а от друга страна, се наблюдава разминаване между учебното съдържание и реалната икономическа действителност. На учениците и студентите често се предлага да изучават модели, които не могат да се разпознават от тях в ежедневието.

Може да се твърди, че съвременната методика на обучението по икономика се опира на различни педагогически парадигми – от класическия обяснително-илюстративен подход до конструктивистките модели, които поставят обучаемия в центъра на учебния процес. Сред тях се откроява на първо място проблемно-базираното обучение, с което се стимулира критическото мислене и умението за самостоятелно търсене на решения. То се прилага успешно в икономическите дисциплини чрез казуси, симулации и анализ на реални ситуации [4]. На следващо място може да се посочи проектно-базираното обучение, което насърчава екипната работа и интегрирането на теоретични знания с практически умения. С прилагането му се създават

условия за развитие на предприемачески компетенции и инициативност. Наред с това, не трябва да се пропускат и интерактивните форми на обучение (дискусии, ролеви игри, дебати), които активират познавателната дейност на учениците и студентите и създават предпоставки за по-дълбоко разбиране на икономическите процеси. Според нас, особен интерес представлява дигитално подпомаганото обучение, при което се използват електронни платформи, симулационни софтуери и онлайн среди за обучение. С този подход обучение се дава възможност за индивидуализиране на учебния процес и повишаване на мотивацията на обучаемите [5].

Все по-често предизвикателствата пред обучението по икономически дисциплини на ученици и студенти ще се свързват с методически проблеми, които произтичат, както от съдържателни, така и от технологични, и от организационни фактори. В средните училища обучението често страда от прекомерна теоретизация и липса на връзка с реалния икономически живот. Учебниците нерядко представят икономическите понятия в абстрактен вид, без да ги обвързват с практически примери и локален контекст. Във висшите училища, от друга страна, проблемите се проявяват основно в преобладаването на традиционни лекционни форми и в недостатъчното използване на съвременни интерактивни методи. Това по наши наблюдения допринася икономическите дисциплини да се възприемат от не малка част от студентите не само като теоретично трудни, а и като слабо приложими, което неминуемо води до намаляване на мотивацията за учене.

Считаме, че допълнителна трудност се явява почти липсващата систематична връзка между средното и висшето икономическо образование. От учениците, които преминават от професионални гимназии към университети, често се срещат несъответствия в терминологията, методите на преподаване и оценяване, с което се затруднява адаптацията им.

Не можем да не си зададем въпроса къде тук е ролята на преподавателя и учебната среда? Безспорно е, че на преподавателя по икономически дисциплини се отрежда ключова роля не само като източник на знания, но и като фасилитатор на учебния процес. За ефективно преподаване се изискват също компетентности, свързани с умения за мотивиране на обучаемите, за създаване на благоприятна и стимулираща учебна атмосфера, за използване на разнообразни методи, които отчитат индивидуалните различия.

Да се спрем и на съвременната учебна среда, чрез обогатяването и с дигитални инструменти, се осигурява предоставяне на нови възможности за персонализирано обучение. С онлайн симулации, виртуални пазари и икономически игри се позволява на обучаемите да експериментират с различни модели на поведение и да се осмислят икономическите процеси чрез опит. Тези методи се свързват с конструктивисткия модел на обучение, според който знанието се изгражда активно от обучаемия, а не се възприема пасивно.

Трябва да се отбележи, че един от най-сериозните методически проблеми се свързва с интеграцията между теоретичната подготовка и практическите умения. От обучението по икономически дисциплини се изисква не само овладяване на концептуални модели, но и способност за тяхното прилагане в реални ситуации. За резултатното решаване на този проблем се предполага въвеждане на практико-приложни задачи, учебни стажове, работа по реални бизнес казуси и партньорства с работодатели. В този контекст следва да се разглежда и важната роля, която си проправя предприемаческото образование, което обединява икономическите знания с умения за креативност, лидерство и работа в екип. Такъв интегриран подход се препоръчва от Европейската комисия [3], според която икономическата грамотност е основен елемент на компетентностите за учене през целия живот.

В тази среда се оформят някои основни насоки за усъвършенстване на методиката на обучение по икономически дисциплини. Решаването на посочените проблеми изисква системен подход, който да обхване няколко направления, които се неминуемо се свързват с постоянното актуализиране на учебни програми в съответствие с промените в икономическата среда, нуждите на пазара на труда и самите обучаеми.

Несъмнено място, ако се потърси, намира повишаването на квалификацията на преподавателите чрез обучения за иновативни методи и дигитална педагогика. Разработването на интерактивни учебни ресурси, които да подкрепят активно и експериментално учене също следва да се разглежда като възможност, както и засилването на връзките между средното и висшето образование, включително чрез съвместни проекти и обмен на добри практики. Вниманието трябва да се обърне и на въвеждането на системи за оценяване, с които се измерват не само теоретичните знания, но и практическите умения, критическото мислене и креативността.

Заклучение

В обобщение, представените размишления, се резюмират до схващания, че обучението по икономически дисциплини в средните и висшите училища е в процес на постепенно адаптиране към новите реалности на обществото на знание и технологии. За пълноценното изяснение на целите му се изисква то да се основава на модерна методическа концепция, която съчетава научност, практичност и иновативност.

С други думи, методическите проблеми на обучението по икономически дисциплини се проявяват в няколко направления:

- прекомерна теоретизация – икономиката все още често се представя като набор от формули и модели, откъснати от реалността. С това обучаемите се отблъскват и оставят

без разбиране за практическата стойност на икономическите дисциплини.

- недостатъчна интерактивност – традиционните лекция/урок не са най-ефективни при усвояване на аналитични умения. Икономическото съдържание изисква диалог, дебат и активност.
- непълна на работа с данни – при наличие на отворени статистически бази данни и свободно достъпни икономически индикатори, обучението все още често се провежда без практическо боравене с числа.
- незадоволителни учебни ресурси – икономиката е динамична наука, а в много случаи се използват материали, които не отразяват съвременните процеси на дигитализация, (де)глобализация, нови бизнес модели.
- ограничена междупредметност – икономическото обучение трябва да се свързва с математика, информатика, социология, психология и технологии.

За преодоляването на очертаните методически проблеми се изисква активна колаборация между образователни институции, преподаватели, професионални общности. Само чрез целенасочени усилия за обновяване на съдържанието, методите и технологиите на обучение може да се постигне високо качество на икономическото образование – такова, което не просто информира, а формира компетентни, отговорни и мислещи граждани, способни да се реализират успешно в динамичната икономическа среда на XXI век.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Михалкова, Л. (2001). Методика на обучението по икономика. София: Унив. изд. „Стопанство“.
- [2] Икономически и социален съвет (ИСС). (2025). Формиране на гражданска компетентност у децата чрез системата на училищното и

извънучилищното образование. София: ИСС. https://esc.bg/wp-content/uploads/2025/04/iss_4_077_2025-1.pdf

- [3] Официален вестник на Европейския съюз, Препоръка на Съвета от 22 май 2018 година относно ключовите компетентности за учене през целия живот (текст от значение за ЕИП) (2018/C 189/01), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/HTML/?uri=OJ%3AC%3A2018%3A189%3AFULL>
- [4] Hmelo-Silver, C.E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?. *Educational Psychology Review* 16, 235–266 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- [5] Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., & Jones, K. (2010). *Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-analysis and Review of Online Learning Studies*. US Department of Education. <https://www2.ed.gov/rschstat/eval/tech/evidence-based-practices/finalreport.pdf>

Румяна Стойкова Златева

ШУ „Епископ Константин Преславски“

r.zlateva@shu.bg

CONTENT

Multisensory virtual reality and adaptive psychological profiling: a theoretical review	3
PAVEL GRADINAROV	
An application of the CPM algorithm to the planning of a data structures course	13
VALENTINA DYANKOVA, MIHAELA TODOROVA-KUTSAROVA	
Analysis and comparison of open-source tools for optical character recognition in business document processing	22
STOYAN KONSTANTINOV	
3D mesh watermarking using radial vertex embedding	41
DELYAN SARMOV	
Solar panel orientation system for increasing energy production with Arduino simulation	48
KRASIMIR KORDOV, AHMED AHMEDOV	
Web-based system to support the activities of the "SOCIAL WORKER"	56
ROZALINA DIMITROVA, BORYANA UZUNOVA-DIMITROVA	
Implementation of a security system for the art gallery in Dobrich	64
MILEN KOLAROV, HRISTO PARASKEVOV	
Traffic control system with Arduino simulation	74
KRASIMIR KORDOV, STANIMIR ZHELEZOV, BEKIR BEKIR	
Integration of artificial intelligence in intrusion detection and prevention systems	81
STOYAN STOYANOV, TEODORA STOYANOVA, RADOSTIN RAFAILOV	
Design and implementation of a web-based content management system	94
TODOR GROZDEV, HRISTO PARASKEVOV	

A review and comparative analysis of multiple image encryption techniques	103
ILIYA ILIEV	
Innovative practices under the project "Mathematics is for everyone"	118
MILENA NYAGOLOVA	
Specific features in the preparation of accounting policies in non-financial enterprises	128
DYANSEL MUSTAFOVA, PAVLINA DIMITROVA	
Artificial intelligence in teaching geometry to students: opportunities and warnings	139
ANDRII MATIASH, OLHA MATIASH	
STEM education in the digital era: challenges and opportunities	149
SEVINCH MUSTAN	
The role of the competency-based approach in STEM education	158
KRASIMIR HARIZANOV, DANIELA LAZAROVA	
Technologies for preparing students to solve optimization problems at international logical problem-solving championships	168
MYKHAILO KRYVOSHEIA	
Learning by doing in STEM education	185
MARTIN PETROV	
Some reflections on methodological problems of training in economic disciplines	197
RUMYANA ZLATEVA	