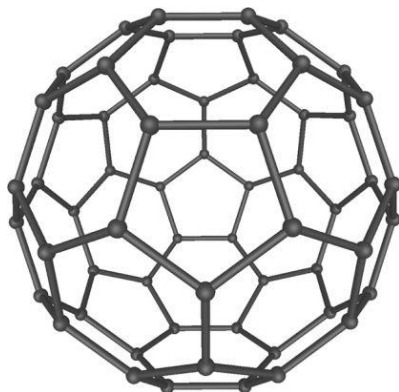
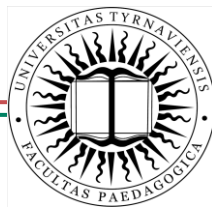




Trnava University in Trnava

Faculty of Education



XXXVIIITH DIDMATTECH 2025

**New methods and technologies in education,
research and practice**

Proceedings

2025

XXXVIII DIDMATTECH 2025
TRNAVA UNIVERSITY IN TRNAVA – FACULTY OF EDUCATION

XXXVIII DIDMATTECH 2025
TRNAVA UNIVERSITY IN TRNAVA – FACULTY OF EDUCATION

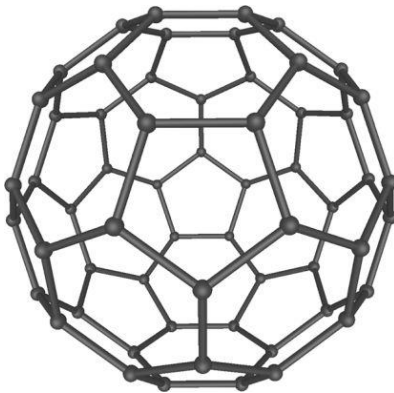
ZBORNÍK

konferencie XXXVIII DidMatTech 2025

Proceedings of
XXXVIII DidMatTech 2025 Conference

*New Methods and Technologies in Education,
Research and Practice*

Trnava University in Trnava



2025

Editors: Prof. Ing. Veronika Stoffová, CSc.

PaedDr. Krisztina Czakóová, PhD.

Mgr. Ing. Roman Horváth, PhD.

Graphic editors:

© Editors and authors of papers

For the content of contributions are responsible their authors.

The contributions have not undergone editorial and linguistic corrections.

Za obsah jednotlivých príspevkov zodpovedajú ich autori.

Príspevky neprešli redakčnou a jazykovou úpravou.

No part of this publication may be reproduced, stored, in retrieval system or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Žiadna časť tejto publikácie nesmie byť reprodukováaná, uchovávaná, vo vyhládavacom systéme alebo prenášaná v akejkoľvek forme akýmkoľvek prostriedkami, elektronickými, mechanickými, fotokopírovaním, nahrávaním alebo inak, bez predchádzajúceho písomného súhlasu vydavateľa

ISBN: 978-80-568-0796-5

EAN: 9788056807965

Reviewers – Posudzovatelia

The proceedings book as a publication item were assessed by:
Zborník ako publikačný celok posudzovali:

Prof. RNDr. Zuzana Hlaváčová, CSc.	SPU, Nitra
doc. RNDr. Gabriela Lovászová, PhD.	UKF, Nitra
doc. Ing. Melánia Feszterová, PhD.	UKF, Nitra
Mech. Eng. György Czifra, PhD.	Óbudai Egyetem, Budapest

Reviewers of individual articles Posudzovatelia jednotlivých článkov

PaedDr. Krisztina Czakóová, PhD.	J. Selye University, Komárno
Ing. Ondrej Takáč, PhD.	J. Selye University, Komárno
Prof. Kateryna Osadcha, DSc.	Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine: Kyiv
dr. Blanka Láng, PhD.	Eötvös Loránd University, Budapest
Doc. RNDr. Vladimír Labaš, PhD.	Slovenská technická univerzita, Trnava
Dr. Csaba Holló, PhD.	University of Szeged,
RND. József Udvaros, PhD.	University of Economics and Business, Budapest
Ádám Gulácsi	University of Debrecen
Dr. Csaba Holló, PhD.	University of Szeged,
Doc. Dr. Sándor Király, PhD.	Eszterházy K.Catholic University, Eger

Content – Obsah

Introduction – Úvod 9

Artificial intelligence and new challenges in education Umělá inteligencia a nové výzvy v edukácii

1. Péter Antal: The New Challenges of Digital Education in Practice – A digitális oktatás új kihívásai a gyakorlatban. (plenary presentation – invited speaker) 13
2. Ondrej Takáč, Kocsis Gergely: Possibilities of Close-up Photogrammetry in the Protection of Regional Cultural Heritage. (plenary presentation – invited speakers) 31
3. Júlia Šebejová, Jana Burgerová: Design of a Multi-Role AI Chatbot Framework for Supporting Project-Based Learning in Primary Education – Návrh rámca multi-rolového AI chatbota na podporu projektového učenia v primárnom vzdelávaní. 44
4. Norbert Annuš, Tibor Kmet': Overview of Artificial Intelligence Applications in the Field of Personalized Education – Mesterséges intelligencia alkalmazások lehetőségeinek áttekintése a személyre szabott oktatás területén. (invited speakers) 59
5. Krisztina Czakóová: Artificial intelligence in application development – Mesterséges intelligencia az alkalmazásfejlesztésben NP. (invited speaker) 73
6. Csilla Prantner: Innovative Design of Digital Interfaces for Learning Support – Tanulást támogató digitális felületek innovatív tervezése..... 84
7. Natalia Shumeiko: How has AI made a transformation in the education sphere? (invited speaker) 89

Modern teaching methods and educational technologies Moderné vyučovacie metódy a vzdelávacie technológie

8. Erik Tűri, Győző Horváth: Use of Web Technologies in Informatics Education. (invited speakers) 99

9. Andor Abonyi-Tóth, Gaál Bence: Experience-Based Informatics with micro:bits – From Wandering Kits to Hungary's First National micro:bit Programming Competition. (invited speakers).....	111
10. Péter Bernát, Gábor Törley: Methods for Solving Task Types Using Spreadsheet and Programming. (invited speakers).....	127
11. Miroslava Cimermanová: How Multimedia Content Shapes Learning Performance in E-learning: A Comparison of Results before and after its Implementation	140
12. Simona Kumpanová: Computer Graphics and its Teaching : Practical Textbook, Exercise Book and Video Tutorials.	152
13. Milan Štrbo: Students Cheating During Online Testing.	161

Programming didactics and development of algorithmic, programming and computational thinking – Didaktika programovania a rozvoj algoritmického, programátorského a počítačového myslenia

14. Zsuzsanna Szalayné Tahy, Győző Horváth: Thoughts on Extreme Value Type Tasks - Gondolatok Szélsőérték típusfeladatok specifikációjáról. (invited speakers)	175
15. Dávid Demeter, Ladislav Végh: Automatic Feedback in Programming Education : A Comprehensive Review. (invited speakers)	211
16. Noémi Bernadett Agócs: Game Development-Based Learning in an Introductory Programming Course.	220
17. Péter Bernát: Didactic Advantages of Turtle Graphics in Scratch – Analysis and Case Study.	230
18. Jana Fialová – Roman Horváth: Developing Computer Literacy Among Primary School Pupils.	244
19. Veronika Stoffová: Visualization of Algorithms Using the Array Data Structure – Vizualizácia algoritmov používajúcich údajovú štruktúru pole.	254

Trends in education
Trendy vo vzdelávaní

20. Hana Hyksová: In-service training courses to increase teachers' competencies in the field of educational robotics – Doškoloľovacie kurzy na zvýšenia kompetencií učiteľov v oblasti edukačnej robotiky..... 270
21. Michaela Antalová, Ján Šorman, Agnieszka Kania: Analytické metódy pri charakterizácii povrchových vôd vo vzdelávaní – Analytical methods in surface water characterization in. 281
22. Ján Ondruška, Igor Štubňa, Štefan Csáki: Školský dilatometer – kalibrácia – School dilatometer – calibration. 293

Introduction – Úvod

The proceedings book XXXVIII. DIDMATTECH 2025 consists of selected contributions from the conference with the same name which took place on 3. – 4. Dec. 2025 at Trnava University in Trnava.

The publication covers several basic current research and educational fields, the results of which were presented in the conference sections. The purpose of these scientific contributions of notable authors – scientists and specialists from Czech, Hungarian, Polish and Slovak universities – is to present the latest results, ideas and innovations from various fields of science, education and research. The main emphasis is being placed on the scientific disciplines and technologies, including educational technologies, information and communication technologies and artificial intelligence.

The presented book with subtitle **New methods and technologies in education, research and practice** contains four chapters.

The first chapter **Artificial intelligence (AI) and new challenges in education (Umelá inteligencia a nové výzvy v edukácii)** deals with problems in the field of introducing AI and modern learning technologies into education in order to increase its efficiency and quality. This chapter is the most extensive. It combines contributions devoted to modern didactic tools, e-learning, artificial intelligence and their application in the educational process. This chapter also includes articles focused on educational materials, didactic applications and the creation of learning environments. It presents not only the advantages and positives but also the disadvantages of new digital educational technologies, and points out the risks and dangers of their uncritical and unreasonable use.

The chapter **Modern teaching methods and educational technologies (Moderné vyučovacie metódy a vzdelávacie technológie)** focuses on current tasks and problems of present-day education, effective teaching and learning using modern teaching methods and tools. We will also find contributions focused on web technologies in informatics education, experience-based informatics with micro:bits, methods for solving task types using spreadsheets and programming, computer graphics and its teaching, how multimedia content shapes learning performance in e-learning, how students cheat during online testing, etc.

The part **Programming didactics and development of algorithmic, programming and computational thinking (Didaktika programovania**

a rozvoj algoritmickeho, programatorskeho a pocitacoveho myslenia) contains several specific topics oriented toward teaching and learning algorithms and programming. It addresses programming teaching problems at several levels of the education system, from primary school pupils to university students – from creating and developing basic computer literacy among primary school pupils through a game development-based programming course, turtle graphics in Scratch, visualization of algorithms, automatic feedback in programming, to the specific problem of extreme-value-type task specification for advanced programmers.

The last chapter named **Trends in education (Trendy vo vzdelávaní)** is multi-thematic oriented. It deals with educational robotics as part of lifelong learning, calibration of measuring instruments within physics laboratory exercises, and analytical methods in surface water characterization.

ICT and AI as a subject and as a tool of teaching play an important role in education. They represent powerful instruments for presenting knowledge and experience in several fields of education using both classical and modern methods and technologies in order to gain new knowledge and skills, with the aim of achieving the best results and maximum effectiveness for teaching and learning processes. They support the acquisition of new knowledge through interactive and active involvement in the educational process.

The proceedings could be recommended primarily for teachers who teach subjects focused on the fields of informatics, information and communication technologies, and artificial intelligence, and who possibly use modern didactic digital technologies, ICT and AI tools in education. It could also be useful for research workers in the above-mentioned fields, and for PhD, postgraduate and gifted students, who can find in it not only interesting information, but also many inspirations for their research and pedagogical activities.

The proceedings book was revised by four reviewers. Their language skills allowed for a threefold assessment of the contributions. In addition, most of the contributions listed in the contents were separately evaluated by a specialist in the field of the paper topic, whose name can be found in the list of reviewers of the proceedings book.

24. 12. 2025

Editors

Artificial intelligence and new challenges in education

Umelá inteligencia a nové výzvy vo vzdelávaní

NEW CHALLENGES OF DIGITAL EDUCATION IN PRACTICE

Péter ANTAL, HU

Abstract: The active, creative pedagogical use of digital tools and the digital environment has become an important measure of professional flexibility in the teaching profession. The methodological innovation of digital education is a major contributor to many pedagogical successes, but it is important to be clear about the pedagogical goals that digital tools are intended and capable of achieving.

The experience of the last few years, especially in the Covid period, has shown the personal, technological, methodological and attitudinal shortcomings that have highlighted the anomalies of digital education. One of these real problems is that the content management and learning tracking systems used by teachers are not uniform even across school staff, and in many cases, there is a lack of creative communication between teachers.

The question is, whether we can really increase efficiency, i.e. whether the technology and methodology used can deliver the greatest pedagogical 'yield' with the least investment of time and energy.

This requires, however, an examination of the real picture in terms of methods, programmes and infrastructure.

The latest technologies, such as artificial intelligence, raise further opportunities and problems. On the opportunities side, in the education sector, they offer innovative solutions for improving teaching and learning processes through personalized learning, adaptive learning, or even intelligent tutors, incorporating a wide range of new tools and techniques. However, the use and introduction of artificial intelligence in education also clearly have ethical, professional, and methodological downsides. Although the advantages and opportunities mentioned above may bring positive benefits to the entire spectrum of education, we are not yet adequately prepared for their widespread, constructive, and methodologically well-founded implementation.

The primary issue regarding the use of artificial intelligence in schools is its impact on human factors. In Hungary, the majority of teaching staff are typically over 40, and they do not always identify with the use of new

technological innovations and are not prepared for rapid changes. Another problem is that machine intelligence cannot support education comprehensively; many ethical and scientific-critical questions arise during its use. Considering the mixed effects of artificial intelligence on education, in the long term it may result in the abandonment of general human thinking and logic.

In my presentation, I will explore these issues and present the results and conclusions of a survey of teachers.

Keywords: digital education, methodology, digital transition, artificial intelligence

1 Introduction

Keeping pace with the development of educational technology is virtually impossible since the methods and devices appearing in the last two decades radically changed the learning environment, the school infrastructure, and the competences required for the teaching and learning process for all those concerned. Artificial intelligence is one of the respective examples.

The ChatGPT's appearance in 2023 was a landmark, but the initial euphoria was followed by serious legal, moral, and ethical dilemmas related to plagiarism, originality, or independent task solving.

Having taken the above issues into consideration, the integration of AI into the education process is still controversial and often subject to heated debate. Opinions tend to clash around the means and frameworks of educational integration, along with the potential dimensions and benefits of their use. Another issue is how such development can be beneficial and useful and easily operable at every level.

It also has to be explored how already existing learning assistance systems (library) can support the new learning environment in an adaptive way (Antal, Czeglédi, 2020).

One example of technology assisting the development of new methodological approaches is gamification. Gamification aims to activate students generally assuming a passive role in the learning process while promoting interactivity (Lengyel, Racsó & Szűcs, 2021).

A significant challenge to the effective integration of artificial intelligence in the teaching and learning process is the profit-oriented aspect of most of the presently available educational AI applications. Developers of AI applications have limited knowledge concerning the learning process and

lack the required pedagogical and methodological background (Luckin & Cukurova, 2019).

Consequently, this new educational technology does not take the teachers' attitude, preparation level and AI-oriented methodological competences into consideration, not to mention the respective teacher training programs.

We consider teachers the most important stake holders in artificial intelligence-based learning and we are convinced that their views, experiences, and expectations have to be taken into consideration as a prerequisite or requirement for a successful application of such technology. More exactly, in order to assure the pedagogical relevance of AI the application-related advantages and challenges must be disclosed.

2 The social impact of artificial intelligence

Erik Brynjolfsson the economist of Icelandic origin asserts that artificial intelligence will lead to the creation of digital Athens. He argues that the high living standard and artistic and scholarly output in Athens of antiquity were made possible by slaves. Consequently, the exchange of slaves to AI-controlled robots would contribute to a wealthy and stress-free society. (Brynjolfsson; McAfee, 2014).

This paradigm appeared to work in the USA until the 1970s as the income increased in every economic sector, albeit not to the same extent. Subsequently, the trend changed as while economic expansion continued, 90% of society experienced stagnating incomes and the respective surplus was realized by the super rich making up 1% of the population.

Although the causes of this phenomenon could be explained by fluctuating global market trends, a plausible reason is the emergence of digital technologies whose benefits were enjoyed primarily by the well-educated, qualified, and digitally literate segment of society.

The situation is a good illustration of the Collingridge dilemma, a concept well-known among the advocates of regulating emerging technologies. When the given technology is new, regulation efforts are frustrated by the lack of familiarity, and after it gains popularity the very embeddedness presents an obstacle to regulation. Consequently, before the introduction and propagation, or embedding of a new technology a thorough analysis has to be performed to attain the highest amount of information possible. Thus due to the respective changes impacting the labour market a receptive open-minded attitude is essential.

In order to minimize the potentially negative social effects especially in the labour market and promote efficiency during the transitory period it would be desirable that the artificial intelligence propagation-related efforts combine the advantages of human intelligence and cognitive computer technology. It can hardly be argued that social development significantly lags behind the pace of technological growth and only effective co-operation between AI and humans can result in an appropriate innovation culture. The reassessment of the human factor will give rise to the Industry 5.0 philosophy promoting the efficiency of production and service provision in less time and with a lower percentage of errors.

3 Technology as a Wave

By nature, humankind almost considers it their mission to develop themselves and their environment, which fuels the emergent process of invention, the desire to make the world a better place.

Our heritage is twofold. On the one hand, we have our genetic heritage, and on the other hand, we have our cultural heritage, and both shape us. Technology, the study of making things, is a crucial part of our cultural heritage. The tools, devices, and machines around us have been interwoven with us and have been educating us since birth. The "engines of our ingenuity" teach us just as much as a teacher or a book.

Take the smartphone, for example. It is not merely a device; for many, it is an external cognitive appendage, a memory store, a decision-making aid, and a social connector. Technology has become an extension of ourselves, amplifying our capabilities and reshaping our social¹ structures.

The technologies that determine the fate of humanity have aided the development of human society in the form of technological waves. Their spread is driven by two main forces: demand and the resulting price decrease, which allows the technology to become increasingly advanced and cheaper (Suleyman; Bhaskar, 2014). We can speak of a technological wave when a generation of a general-purpose technology has a significant impact on the entire human society and spreads globally and universally.

Their most important characteristics are the following:

- They fundamentally change the environment and society, meaning they are widespread and affect every person with all their positive and negative consequences.

- They can be considered complete technological ecosystems (e.g., Uber), intertwined with previous technologies, exploiting their advantages, and increasing complexity.
- Their impacts are increasingly significant, their spread is faster, thus significantly influencing not only the economic but also the natural and social environment; the "revenge effect" may appear, meaning that as a result of inadequate preparation and implementation, technology can go against its original goals, causing serious dilemmas.
- Symbiosis with previous technological waves, meaning it builds on earlier technologies, increasing their value and expanding their areas of use.

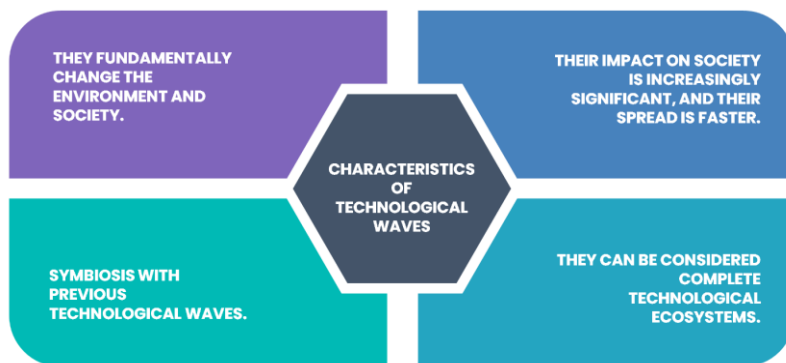


Figure 1: *Characteristics of Technological Waves*

Technological waves typically have three cycles. If we take cars as an example, initially, no one understood the applications of this new technology; it was not considered a great mode of transportation, just a novel way to get from A to B – this was the experimental phase. This was followed by the expansion phase, when we began to see interesting innovative use cases, when businesses integrated the technology into their scope, and the democratization of technology due to increased affordability and reliability. Finally, we see the transformation phase, characterized here by the emergence of suburbs, drive-in cinemas, and shopping centers. Essentially, technology began to transform the way society operates; the current experiences of society were defined by this new technology. In the case of artificial intelligence, we may be nearing the end of the expansion

phase, and with the emergence of ChatGPT, we have entered the transformation phase.

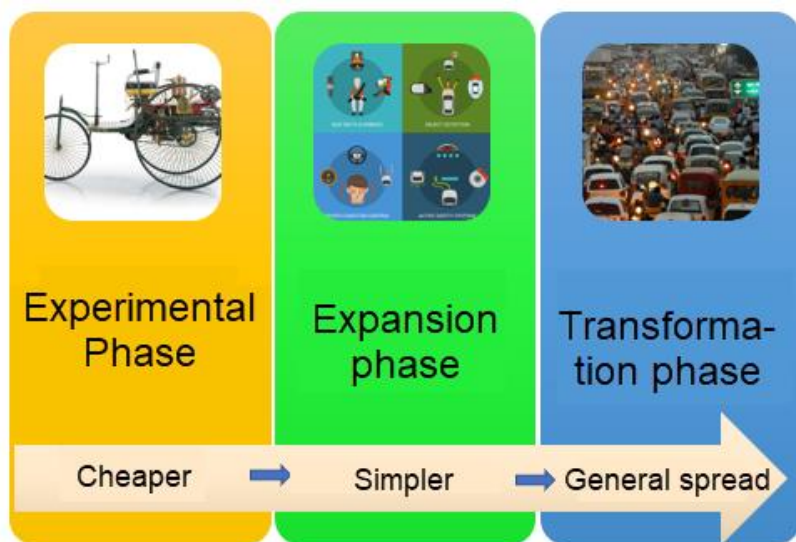


Figure 2: *Cycles of Technological Waves*

The perception of artificial intelligence as a technology is still dual. There are those who evaluate its emergence positively and adapt to it, and there are those who express skeptical opinions. In any case, ChatGPT, which appeared at the end of 2022, caused a significant stir, the effects of which are also appearing in education, in both positive and negative directions.

4 The impact of artificial intelligence on the education process

The adaptation and integration of new technologies in the teaching ecosystem is not merely an option, but a mandatory mission of education at the same time. The inclusion of AI into teaching and learning, however, is slow as several factors can frustrate the realization of the given goal. Few institutions apart from multinational firms and research centers can cover the prohibitive costs, the intensity of propagation and degree of popularity is dependent upon such financial aspects, while the third factor is methodological embeddedness, in other words the available support reinforced with sound pedagogical and didactic principles.

The onset of artificial intelligence has upset this sequence as while AI has been introduced in the instruction process, the third requirement has not been met. The subsequent serious methodological and ethical dilemmas reflect the uncertainty and reluctance following the initial euphoric attitudes.

The digital evolution of instruction does not mean that fewer teachers would be needed in the future (Dillenbourg, 2016). Instead of speculating on or worrying about the capability of artificial intelligence to eliminate the teaching profession it would be wiser to understand how the respective advantages could change current teacher roles (Hrastinski et al., 2019). Regarding the use of artificial intelligence Holstein et al (2019) comparing teaching to musical performances suggested that in the future teachers can assume the role of the „sound engineer” in the teaching-learning process via coordinating the AI functions. In order for the AI to provide such assistance to teachers the system has to be able to effectively harmonize teaching and learning based upon teacher provided data. The efficiency of the teaching process depends on the teacher’s ability to apply appropriate pedagogical methods (Tondeur et al., 2020). Thus these pedagogically useful and productive teaching events can provide a model for the AI-based instruction systems (Prieto et al. 2018), in other words, data obtained from teaching activities form the basis of AI-based instruction.

Despite such encouraging research results, after the emergence of ChatGPT the modern Luddites appeared. In early 2023 the head of the of the New York City Department of Education prohibited the use of the respective technology in the given school districts due to *„negative influences on the learning process coupled with concerns over the security and accuracy of content.”* It was also asserted that such technology *„does not promote critical thinking and problem solving skills indispensable for academic and lifelong success.”*

Nevertheless, best practices assisting the understanding of the new technology while preserving the intellectual prevalence of humans and reinforcing students’critical thinking are encouraging.

5 The options provided by artificial intelligence in education

Artificial intelligence has made significant inroads into the education sector while offering innovative solutions for the improvement of the teaching and learning process via the introduction of new devices and technologies.

Although the introduction of such technology especially in the Hungarian public education sphere appears to be a distant possibility mostly due to a lack of systemwide accessibility, we can see several promising examples.

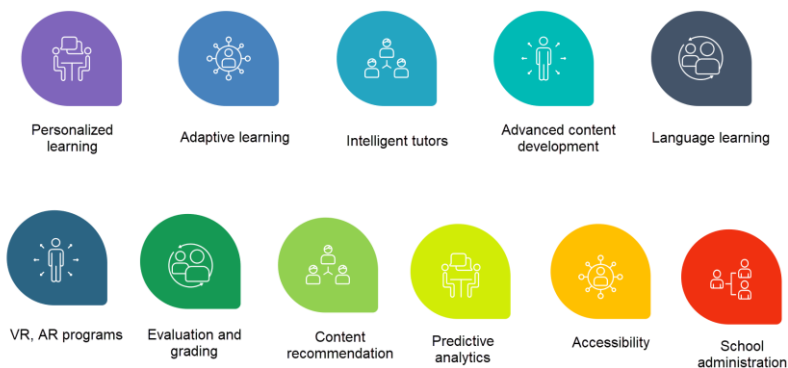


Figure 3: *Educational options provided by artificial intelligence*

Personalized learning: Personalized or custom tailored learning is a key component of AI-assisted instruction. The AI algorithms evaluate or assess the pace, learning style, strengths and weaknesses or potential deficiencies of students. Consequently, based upon the respective data learning information is personally adapted to each learner. Personalized learning enables students to study according to their own pace while enjoying and becoming successful in the learning process at the same time. For example a student having difficulty with Mathematics can be given remedial tasks, while a more successful student can solve advanced problems.

Adaptive learning: Adaptive learning enhances the learning process by modifying the given content according to the performance of the student. The provision of learning content matching the learner's skills and background helps maintaining motivation and a positive attitude to learning. Conversely, if a given topic proves difficult to process, the system can provide additional help in catching up (Zhang, & Zheng, 2023).

Intelligent tutors: AI controlled intelligent tutors provide immediate feedback and assistance concerning the respective educational materials. Digital tutors are available on a 24/7 basis and give consistent support and guidance. In addition these systems can provide answers, explain complex terms and concepts and offer step by step help in solving the given problems.

Such on-demand support for independent learning is available to students any time.

Advanced content development: This feature helps teachers to create more attractive content or materials such as interactive simulations, virtual laboratories or adaptable textbooks matching learner needs and enabling students to gain a more thorough or profound knowledge in science subjects. Artificial intelligence can collaborate in simulating complex experiments thereby making learning more enjoyable and effective. (Tzanova, 2020).

Evaluation and grading: Artificial intelligence can automate marking and student evaluation. This feature not only lightens teachers' administrative burdens, but provides faster feedback to students (Moat & Martins, 2023). This not only saves time for teachers, but enables them to concentrate on more important interactions, among them providing guidance and support. It is also beneficial for students that they can gain immediate feedback and can monitor their own progress and pinpoint areas that need further improvement (Cope et al, 2021).

Predictive analytics: AI-assisted predictive analytics can serve as an effective tool by processing the various data sets pertaining to student performance and warning of potential academic decline (Cope et al, 2021). Such predictions allow educators to implement proactive measures and provide students personalized support thereby guaranteeing timely help to assure learning success.

Language learning: AI-based language teaching applications provide translation and pronunciation assistance in real time. Fast feedback related to pronunciation and reading comprehension improves the efficiency of the language learning process (Tomić et al., 2022; Cope et al, 2021).

Virtual reality and Augmented reality: AI combined with virtual reality (VR) and augmented reality (AR) provides engaging learning experience. Students can take virtual trips, study historical facts, or research in virtual laboratories. Such experiences make learning more interesting and interactive while facilitating the visualization of complex terms and concepts in an interactive manner surpassing traditional instruction methods (Bailey, 2019; Cope et al, 2021).

Content recommendation: Based upon the interest, performance and progress, the AI algorithm can recommend books, articles, and online courses or sources to students thereby promoting learning by discovery along with general comprehension (Tomić et al., 2022).

Accessibility: AI-controlled educational devices, among them speech recognition or text conversion functions improve equal opportunity and accessibility to educational materials for disabled students (Denes, 2023).

School or educational administration: Artificial intelligence can play a key role in educational administration by dealing with various student-related data such as attendance and academic performance. Such a data-directed strategy improves the effectiveness of administration and promotes a faster decision-making process. Universities can be assisted in the distribution of resources, the planning of curricular changes, and the designing and implementation of strategic analytics (Tahiru, 2021; Denes, 2023).

6 Critical views concerning the use of artificial intelligence in education

The 2024 AI Act of the European Commission comprehensively regulates the issue on four security levels prioritizing risk management and transparency. The EU standard primarily concentrates on high risk AI applications. Education with such concerns as AI potentially endangering access to instruction and academic progress, among others via evaluation of exams, is one of these categories.

The introduction and use of artificial intelligence in education as it can be seen have several drawbacks implying ethical, professional, and methodological dilemmas. While the abovementioned advantages and options can have a positive impact on the total educational sphere, society is not fully prepared for such transition. A constructive and methodologically sound introduction on the mass scale requires the clarification of teacher roles, the clear identification of the conditions of AI-supported learning environments along with providing technological, pedagogical, and methodological support for the application of such systems.

The principal obstacle is the potential impact on the human factor as most members of the pedagogical profession are over 40 and are not always enthusiastic to use new technology and are not prepared for the resulting fast changes. Another shortcoming is that artificial intelligence by itself cannot assist all aspects of the educational process as several ethical and scholarly quandaries emerge in connection with their use. According to one of the most pessimistic long-term predictions, it can eliminate human thinking and logic.

Regardless of the above concerns, the number of AI-based applications tends to increase uncontrollably while a full exploration of the respective benefits

and disadvantages yet to be carried out. Below we provide a detailed overview of potential disadvantages and survey the pessimistic predictions.

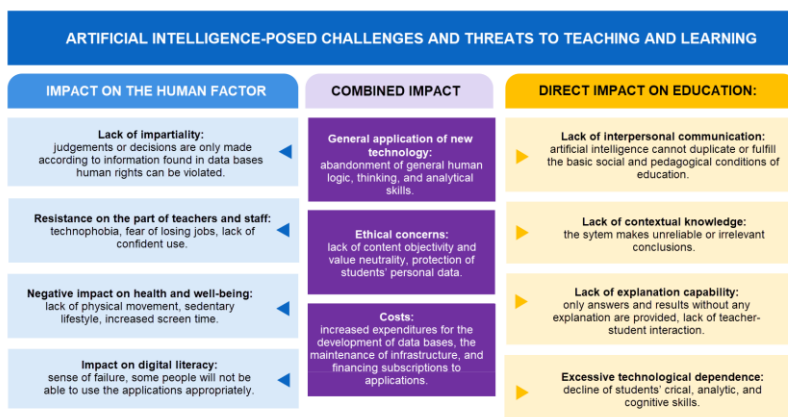


Figure 4: *Negative impact of the integration of artificial intelligence in the education process*

Lack of interpersonal communication: Artificial intelligence cannot fulfil the emotional and social needs of students as it is unable to provide encouragement and create a friendly learning atmosphere when necessary (Beck et al,1996). While teachers respond to moral, ethical dilemmas including the improvement of honesty and resourcefulness of students as demanded by the given situation, artificial intelligence cannot fully reproduce such indispensable factors of traditional education (Beck et al,1996). The presence of teachers promotes critical thinking, facilitates discussion, and introduces issues, among others morality, surpassing the academic context.

Lack of contextual knowledge: Context recognition of artificial intelligence can be slower than that of humans. AI can recognize data patterns, but cannot identify causality, which limits its capability to make reliable conclusions. Since the teaching of AI is a task and context-oriented effort it cannot be used in creating new educational materials. Consequently, learning takes place based upon already developed and existing texts.

Lack of explanation capability: One of AI's shortcomings is the lack of explanation capability as such systems can show, but cannot explain the respective steps to the solution of a problem. Thus by the help of AI students can solve a mathematical problem, but they can only check whether the

results are correct and cannot interpret or understand the logical components of the solution. All this results in declining efficiency. (Dayal et. al. 2024).

Excessive dependence on technology: Increased reliance on artificial intelligence and technology can decrease critical thinking and problem solving skills. If students become dependent on such applications, these basic cognitive skills will not be improved as such trends have become visible since the emergence of ChatGTP.

Bias, lack of impartiality Artificial intelligence utilizes data learned by itself and the resulting lack of complex explanations and options can strengthen and propagate harmful prejudice. Consequently, systems have to be developed for the control of AI in order to eliminate distorted information, or incorrect output. One of the dangers is that students learn false or inaccurate facts, and the opinions reflect only one perspective eventually weakening the realization of the democratic principles (Nguyen,2023).

Resistance of teachers and staff: School personnel can resist the educational application of artificial intelligence due to concerns of job loss for not applying the new technology (Siau, 2017; Siau, 2018; Rainie és Anderson, 2017). Another problem is the lack of skill and experience required for the application of artificial intelligence. The emergence of artificial intelligence can cause confusion and getting used to the new technology can be time and energy consuming leading to frustration.

Negative impact on health and well-being: Excessive time spent in front of the monitor or screen and the resulting lack of physical movement can have negative impact on the health and well-being of both students and teachers (Sehgal, et.al.,).

Impact on digital literacy: Artificial intelligence can be potentially useful, but has to be applied appropriately. In some cases collaboration between humans and AI can fail either due to lack of required expertise or appropriate design respectively. (Holstein et al. 2019).

General impact of the emergence of new technology: The educational application of artificial intelligence can lead to new obstacles as it can reduce human thinking resulting to the overall decline and eventual elimination of analytic and problem solving skills.

Ethical concerns: AI systems imply ethical challenges and threats despite claims of the objectivity and value neutral aspect of such algorithms. The algorithms in fact reflect the ideals of powerful designers. Consequently,

humans can generate algorithmic prejudice reflecting specific social, historical, and systemic attitudes (Hrastinski, S., et.; Garret et al., 2020; Holmes et al., 2022). While such prejudices are not intentionally included, AI systems show several examples of sex and race-based bias (Stahl & Wright, 2018).

Expenditures: Due to a need for high quality computers and state of the art software artificial intelligence systems can be expensive for institutions. The use and installment is time consuming and the maintenance and updating requires appropriate infrastructure and staff. AI-based instruction requires a higher budget not necessarily available for every insitution.

7 Side Effects of Technology Use

Research from the last two decades shows that minors are starting to use mobile devices and computers at an increasingly younger age and for increasingly longer periods. According to the American Psychiatric Association, the recommended screen time for children aged 0-3 years is zero minutes, and for those aged 3-6 years, it is a maximum of 20 minutes per day. The effects of excessive screen use include: problems with anger management, attention and concentration deficits, lack of decision-making skills, and a lack of body awareness caused by strong stimuli. They practically fall into a trance under the influence of flickering lights. At this age, the brain is still very underdeveloped. Primarily sensory-based, tactile, and motor stimulation develops the brain most effectively. It is now proven that there is a serious correlation between lack of movement and learning disabilities, as it stimulates the same brain areas as mild drugs. In the 6-12 age group, anger management problems and concentration deficits are the most common symptoms (Egger, & Emde, 2011).

Excessive screen use does not bring salvation for adolescents either. Its effects are already known among Generation Alpha: later separation from parents, passive experience acquisition provided by smartphones, asexuality, prolonged adolescence, etc. (Twenge, 2018).

Excessive screen use in any form can develop mental illness in young adults, a syndrome we call digital dementia. The mental illness described by Spitzer (2014) leads to the collapse of cognitive skills.

The emergence of artificial intelligence, especially the appearance of ChatGPT, may pose further problems, as its use does not encourage young users towards critical thinking or data selection.

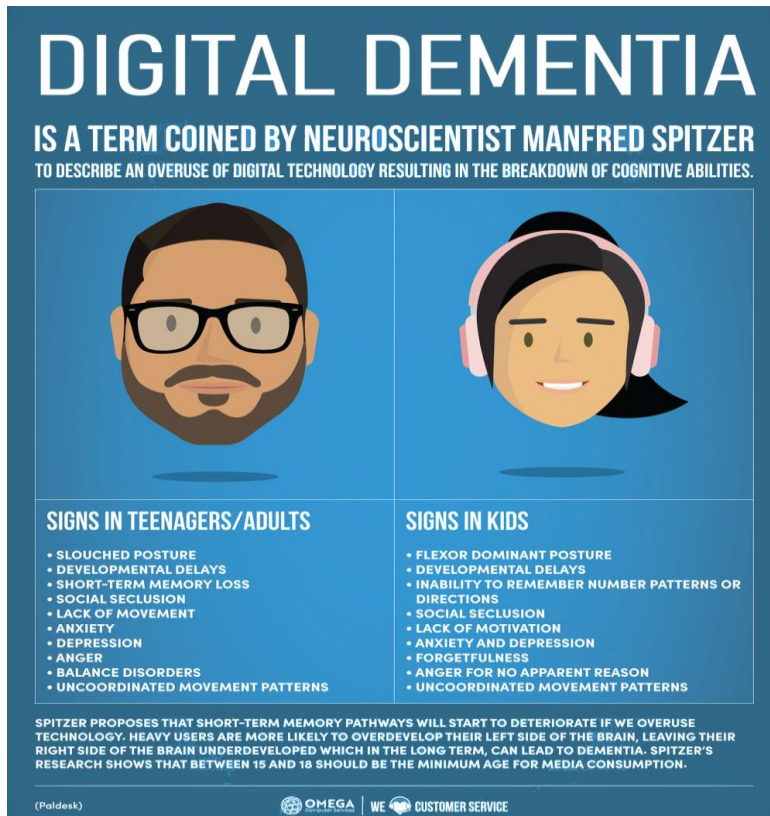


Figure 5: *Consequences of excessive screen use in young adulthood*
Source: <https://www.ocs.help/blog/digital-dementia>

8 Conclusions

While the benefits of artificial intelligence are undoubtable, the radical development of this technological trend is not synchronised with its social embeddedness. Such deficiency is expected to cause major social, economic, and sociological problems in the coming few years.

Although the entry of artificial intelligence in the education sphere brought a variety of new services and options in a profit-oriented way, the mental, professional, pedagogical, or methodological preparation of teachers has not been fully implemented. Thus the efficiency of application can be limited

while active teaching and learning strategies along with the learning environment undergo a radical change.

Presently the most important task is to familiarize students with the potential ethical, legal consequences, mental impact, and the expected decline of analytic, critical thinking, and complex problem solving skills.

Thus the ethical, legal, and economic regulation of emerging AI technologies both in the social and governmental dimension is imperative in order to embed such systems in the education sphere.

Additionally, the AI-oriented digital skills of both teachers and students have to be developed coupled with the promotion of awareness of the respective drawbacks and negative consequences.

REFERENCES

1. Antal P., Czeglédi L. (2020): A távolléti oktatás tanulságai 2020-ban: felsőoktatás (EKE), közoktatás, iskolai könyvtárak In: Zagyváné Szűcs, Ida; K. Nagy, Emese (szerk.) *Kihívások és megoldások a XXI. század pedagógiájában: válogatás a Pedagógiai Szakbizottság tagjainak a munkáiból*. Miskolc: Líceum Kiadó: 67-88.
2. Bailey, L. W. (2019): New technology for the classroom: Mobile devices, artificial intelligence, tutoring systems, and robotics. In *Educational Technology and the new world of persistent learning* (pp. 1–11). IGI Global. DOI:10.4018/978-1-5225-6361-7.ch001
3. Beck, J., Stern, M., & Haugsjaa, E. (1996): Applications of AI in education. *Crossroads*, 3(1), 11–15. DOI:10.1145/332148.332153
4. Brynjolfsson Erik, Andrew McAfee: *Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies* Norton, New York 2014.
5. ChatGPT: The Future of Learning or the Death of Critical Thinking? <https://site.nyit.edu/ctl/blog/chatgpt-the-future-of-learning-or-the-death-of-critical-thinking> (2024. 10. 21.)
6. Cope, B., Kalantzis, M., & Searsmith, D. (2021): Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational Philosophy and Theory*, 53(12), 1229–1245. DOI:10.1080/00131857.2020.1728732
7. Collingridge, David. (1980): *The Social Control of Technology*. New York: St. Martin's Press; London: Pinter ISBN 0-312-73168-X
8. Dayal, Gopali, Verma, Pooja és Sehgal, Shallu (2023): *A Comprehensive Review on the Integration of Artificial Intelligence in the Field of Education*. In: *Leveraging AI and Emotional Intelligence in Contemporary Business Organizations*, 331-349. DOI:10.4018/979-8-3693-1902-4.ch020.

9. Denes, G. (2023): A case study of using AI for General Certificate of Secondary Education (GCSE)
10. Dillenbourg: The Evolution of Research on Digital Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26 (2), 544–560. <https://DOI.org/10.1007/s40593-016-0106-z>
11. Garrett, N., Beard, N., & Fiesler, C. (2020): More than ‘if time allows’: The role of ethics in AI education. *AIES 2020 - Proc. AAAI/ACM Conf. AI, Ethics, Soc.*, (pp. 272–278). DOI: [10.1145/3375627.3375868](https://doi.org/10.1145/3375627.3375868)
12. Goertzel, Ben Pitt, Joel (2024): *"Nine Ways to Bias Open-Source Artificial General Intelligence Toward Friendliness"*, In: Russel Blackford and Damien Broderick (eds.), *Intelligence Unbound: The Future of Uploaded and Machine Minds*, Wiley Blackwell, Malden-Oxford, 2014, pp. 90–101.
13. Grade prediction in a selective independent school in England. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100129. DOI:10.1016/j.caeai.2023.100129
14. Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022): Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 504–526. DOI:10.1007/40593-021-00239-1
15. Holstein, K., McLaren, B. M., & Aleven, V. (2019): *Designing for Complementarity: Teacher and Student Needs for Orchestration Support in AI-Enhanced Classrooms*. In: Isotani, S., Millán, E., Ogan, A., Hastings, P., McLaren, B., Luckin, R. (eds) *Artificial Intelligence in Education. AIED 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol11625. Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-030-23204-7_14
16. Holstein, K., McLaren, BM és Aleven, V. (2019): Co-Designing a Real-Time Classroom Orchestration Tool to Support Teacher–AI Complementarity. *Journal of Learning Analytics*, 6 (2), 27–52. <https://DOI.org/10.18608/jla.2019.62.3>
17. Hrastinski, S., Olofsson, A. D., Arkenback, C., Ekström, S., Ericsson, E., Fransson, G., & Utterberg, M. (2019): Critical imaginaries and reflections on artificial intelligence and robots in postdigital K-12 education. *Postdigital Science and Education*, 1, 427–445. <https://seas.harvard.edu/news/2021/10/present-and-future-ai> (2024.10.20.)
18. Hrastinski, S., Olofsson, AD, Arkenback, C., Ekström, S., Ericsson, E., Fransson, G., Utterberg, M. (2019): *Critical Imaginaries and Reflections on Artificial Intelligence and Robots in Postdigital K-12 Education*. In: *Postdigital Science and Education*, 1 (2), 427–445. <https://DOI.org/10.1007/s42438-019-00046-x> (2024.10.22.)00129. DOI:10.1016/j.caeai.2023.100129
19. Khazanchi, R., & Khazanchi, P. (2021): *Artificial intelligence in education: A closer look into intelligent tutoring systems*. In: *Handbook of research on critical*

- issues in special education for school rehabilitation practices (pp. 256–277). IGI Global. DOI:10.4018/978-1-7998-7630-4.ch014
20. Lengyelne, M. T., Racsko, R., & Szűts, Z. (2021). A kommunikációs kompetencia fejlesztésének új lehetőségei: digitális történetmesélés LEGO® eszközzel. [New options in the development of communication competence: digital storytelling with LEGO® device] *Gyermeknevelés:Online Tudományos Folyóirat*, 9(1), 327–339. <http://doi.org/10.31074/gyntf.2021.1.327.339> (2024.11.20.)
 21. Luckin, R. és Cukurova, M. (2019): Oktatási technológiák tervezése a mesterséges intelligencia korában: Tanulási tudományok által vezérelt megközelítés. [Designing instructional technologies in the age of artificial intelligence: a learning studies driven approach] *British Journal of Educational Technology*, 50 (6), 2824–2838. <https://DOI.org/10.1111/bjet.12861>
 22. Mota, D., & Martins, C. (2023). AI in Emergency Remote Learning Environments: Intelligent Tutoring Systems Perspective. In *Developing Curriculum for Emergency Remote Learning Environments* (pp. 121-140): IGI Global
 23. Mustafa Suleyman Michael Bhaskar A következő hullám - Mesterséges intelligencia, technológia, hatalom és a 21. század legnagyobb kihívása [The next wave - artificial intelligence, technology, power and the greatest challenge of the 21st century] Magnólia 2023. ISBN: 9789635982011
 24. Nguyen, Nathan. (2023): Exploring the role of AI in education. *London Journal of Social Sciences*. DOI:10.31039/ljss.2023.6.108
 25. Prieto, LP, Sharma, K., Kidzinski, Ł, Rodríguez-Triana, MJ és Dillenbourg, P. (2018): Multimodal teaching analytics: Automated extraction of orchestration graphs from wearable sensor data. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34 (2), 193–203. <https://DOI.org/10.1111/jcal.12232> (2024.10.20.)
 26. Rainie, L., & Anderson, J. (2017): *The Future of Jobs and Jobs Training*. Pew Research Center. <https://>
 27. Sehgal, S. & Singh, L. (2023): *Delve into the Impact of Technology on the Modern Education System*. Swanirman Sunirmit Publications of Research, 3(3), 62-67.
 28. Siau, K. (2017): Impact of Artificial Intelligence, Robotics, and Automation on Higher Education. *Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2017)*, Boston, MA. Siau, K. (2018). Education in the Age of Artificial Intelligence: How will Technology Shape Learning? *The Global Analyst*, 7(3), 22–24.
 29. Spitzer M. (2014): *Digitale Demenz - Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen*, Droemer/Kanur Ltd. ISBN: 9783426300565)
 30. Stahl, B. C., & Wright, D. (2018): Ethics and privacy in AI and big data: Implementing responsible research and innovation. *IEEE Security and Privacy*, 16(3), 26–33. DOI:10.1109/MSP.2018.2701164
 31. Tahiru, F. (2021): AI in education: A systematic literature review. [JCIT]. *Journal of Cases on Information Technology*, 23(1), 1–20.

DOI:10.4018/JCIT.2021010101. IGI Global. DOI:10.4018/978-1-7998-7630-4.ch014

32. Tomić, B. B., Kijevčanin, A. D., Ševarac, Z. V., & Jovanović, J. M. (2022): An AI-based Approach for Grading Students' Collaboration. *IEEE Transactions on Learning Technologies*.
33. Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F. and Baran, E. (2020): Enhancing pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK): a mixed-method study: *Educational Technology Research and Development*, 68 (1), 319–343. <https://DOI.org/10.1007/s11423-019-09692-1> (2024.10.20.)
34. Twenge, Jean M. *iGeneráció - Akik közösségi médián és okostelefonon nevelkedtek. [iGeneration: reared on social media and smart phones]* Édesvíz Kiadó 2018. ISBN 9789635298723
35. Tzanova, S. (2020): Revolution by evolution: How intelligent tutoring systems are changing education. In *Revolutionizing Education in the Age of AI and Machine Learning* (pp. 50–74). IGI Global. DOI:10.4018/978-1-5225-7793-5.ch003
36. Zhang, L., Zheng, L., (2023). Making strides towards AI-supported regulation of learning in collaborative knowledge construction. *Computers in Human Behavior*, 142, 107650. doi:10.1016/j.chb.2023.107650

Contact address

Dr. Péter Antal, PhD.

Eszterházy Károly Catholic University. Eger, HU

3300 Eger, Leányka st, 4-6. HU

e-mail: antal.peter@uni-eszterhazy.hu

POSSIBILITIES OF CLOSE-UP PHOTOGRAMMETRY IN THE PROTECTION OF REGIONAL CULTURALHERITAGE

Ondrej TAKÁČ, Gergely KOCSIS, SK

Abstract: This paper explores the potential of close-range photogrammetry (CRP) in the documentation and protection of cultural heritage sites. Emphasis is placed on low-cost, accessible photogrammetric workflows based on Structure from Motion (SfM) techniques, combining UAV-based and terrestrial data acquisition. The methodological section presents best practices in image capture, lighting conditions, and legal considerations, followed by an experimental accuracy analysis of three independently calibrated 3D models. Results indicate that even small errors in manual scale input can linearly propagate and affect the global metric accuracy of the reconstructed models. Despite this sensitivity, the study confirms that CRP can produce dimensionally accurate and visually realistic digital twins when proper calibration and control measurements are applied. The conclusions highlight the importance of using multiple independent ground control points, especially in cultural heritage contexts where 3D documentation serves as the basis for conservation, monitoring, and virtual access.

Keywords: lose-range photogrammetry, cultural heritage documentation, Structure from Motion, 3D model accuracy, UAV-based imaging.

1 Introduction

Photogrammetry is a technology concerned with acquiring information about physical objects and environments through the processes of capturing, measuring, and interpreting photographic images and patterns of electromagnetic radiation. In modern terms, it is defined as the process of reconstructing 3D objects from 2D image data (Luhmann, T.; Robson, S.; Kyle, S.; Boehm, J., 2019). The fundamental geometric principle of photogrammetry is spatial triangulation (forward intersection), in which the 3D position of an object point is determined as the intersection of rays projected from two or more distinct camera viewpoints (McGlone, J. C., 2013).

Photogrammetry can be classified according to various criteria, most commonly based on the position and distance of image acquisition (McGlone, J. C., 2013; Wolf, P. R.; Dewitt, B. A.; Wilkinson, B. E., 2014; Luhmann, T.; Robson, S.; Kyle, S.; Boehm, J., 2019):

- **Aerial photogrammetry** – Images are captured from aircraft or, increasingly, from unmanned aerial vehicles (UAVs). It is primarily used for generating orthophotos, digital terrain models (DTM/DSM), and for large-scale mapping.
- **Terrestrial** (ground-based) photogrammetry – Cameras are placed on the Earth's surface, usually with horizontal or oblique viewing axes. It is often used for documenting buildings, façades, or cultural heritage sites.
- **Satellite photogrammetry** – Utilizes satellite imagery for global-scale mapping and environmental monitoring.

According to the technology used in image processing, photogrammetry is further divided into (Colomina, I.; Molina, P., 2014; Luhmann, T.; Robson, S.; Kyle, S.; Boehm, J., 2019):

- **Analog photogrammetry** – A historical approach utilizing optical-mechanical instruments such as stereoscopes and projectors.
- **Analytical photogrammetry** – Works with digitized images and uses geometric and mathematical models (e.g., the collinearity equation) and parameters of interior/exterior orientation to achieve accurate computations.
- **Digital photogrammetry** – Uses digital images and automated algorithms, particularly Structure from Motion (SfM), Multi-View Stereo (MVS), and computer vision techniques. It represents the dominant method in current photogrammetric practice.

1.1 Close-Range Photogrammetry and Structure from Motion

Close-Range Photogrammetry (CRP) is a specialized field in which the camera is located at a distance ranging from a few centimeters up to approximately 100 meters from the object. It is primarily intended for detailed 3D documentation of objects that are not part of the natural landscape (Atkinson, K. B., 1996; Luhmann, T.; Robson, S.; Kyle, S.; Boehm, J., 2019). Characteristic features of CRP include (Luhmann, T.; Robson, S.; Kyle, S.; Boehm, J., 2019):

- **High accuracy** – Depending on the configuration, sub-millimeter resolution can be achieved.
- **Convergent imaging** – Cameras are oriented at different angles to capture the complex geometry of objects with high precision.

- **Flexibility** – Applied in fields such as architecture, archaeology, mechanical engineering, medical documentation, forensic analysis, and traffic accident investigation.



Figure 1: Close-Range Photogrammetry principle.

Source: <https://factumfoundation.org/technology/3d-digitisation/close-range-photogrammetry/>.

Structure from Motion (SfM) is a technique from computer vision and photogrammetry that allows the reconstruction of the three-dimensional structure of an object or scene from a series of overlapping two-dimensional images taken from various perspectives. The key difference between traditional photogrammetry and SfM lies in how scene geometry is resolved. While classical photogrammetry requires prior knowledge of camera internal orientation and control point coordinates, SfM solves these parameters simultaneously through a highly redundant, iterative optimization process (Westoby, M. J.; Brasington, J.; Glasser, N. F.; Hambrey, M. J.; Reynolds, J. M., 2012).

The SfM workflow consists of several key steps (Lowe, D. G., 2004):

- **Feature Detection** – Algorithms (typically SIFT – Scale-Invariant Feature Transform) detect distinctive keypoints in the images that are invariant to scale and rotation.
- **Feature Matching** – Identifies matching keypoints across multiple images.
- **Structure and Motion Estimation** – Computes the relative camera positions during acquisition and generates a sparse point cloud.
- **Dense Matching** – Produces a dense point cloud using algorithms such as Multi-View Stereo (MVS).

Compared to traditional photogrammetry, SfM offers several advantages (Schönberger, J. L.; Frahm, J. M., 2016):

- Automation – The majority of the processing is carried out without manual operator input.
- Flexibility – Does not require expensive photogrammetric cameras; standard digital cameras or drones are sufficient.
- Scalability – Applicable to both small-scale artifacts (centimeter level) and large-scale landscapes (kilometer level).

However, SfM algorithms reconstruct models primarily in a relative coordinate system, which means the model has correct shape and proportions, but lacks real-world scale, orientation, and geolocation (James, M. R.; Robson, S., 2012).

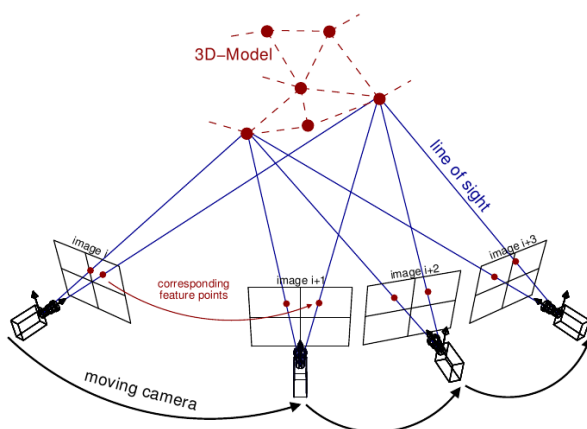


Figure 2: Structure from Motion (SfM) photogrammetric principle.

Source: Sjoerd van Riel. 2016. Exploring the use of 3D GIS as an analytical tool in archaeological excavation practice. Doi: 10.13140/RG.2.1.4738.2643.

To transform this relative model into an absolute geodetic reference frame (e.g., S-JTSK in Slovakia), two main georeferencing methods are used:

- Ground Control Points (GCPs) – Physically stabilized and clearly identifiable points on the ground with accurately known coordinates (measured by GNSS RTK or total stations). These serve as “anchors” to which the digital model is mathematically aligned during processing (bundle adjustment).

- **Direct Georeferencing** – Uses data on the position and orientation of the camera at the moment of exposure, captured by onboard GNSS receivers and inertial measurement units (IMUs) on drones.

Despite the advancements in direct georeferencing, the use of GCPs remains the standard for achieving the highest level of accuracy and model validation, as it minimizes nonlinear block deformation (known as the "domino effect" or block warping) (Sanz-Ablanedo, E.; Chandler, J. H.; Rodríguez-Pérez, J. R.; Ordóñez, C., 2018).

1.2 Photogrammetry in Cultural Heritage Conservation

Cultural heritage conservation refers to the process of preserving objects and sites of historical, artistic, or scientific significance with the aim of safeguarding their integrity for future generations. In the context of photogrammetry, this typically involves digital preservation and technical documentation of heritage structures (Remondino, F., 2011).

Photogrammetry in the field of cultural heritage protection builds and protects (Remondino, F., 2011) (Hassani, F.; Rasheed, A.; Vogel, B., 2015):

- **Non-destructive approach** – Photogrammetry is a remote sensing method for collecting spatial data. It allows for precise geometric measurements without physical contact or scaffolding, which is crucial when dealing with fragile or deteriorated structures.
- **Creation of a "Digital Twin"** – A high-fidelity 3D model of a monument serves as a permanent record of its condition at a specific point in time. Such records become invaluable in the event of sudden destruction, as demonstrated by the fire at the Notre-Dame Cathedral.
- **Degradation monitoring** – Repeated photogrammetric surveys enable the quantification of material loss, crack propagation, or displacement of structural elements with millimeter accuracy.
- **Accessibility and education** – 3D models enable virtual access to heritage sites that are otherwise inaccessible due to safety concerns, restoration efforts, or geographic isolation.

In heritage documentation, a combined use of terrestrial and UAV-based photogrammetry is most common. While ground-based images are used to capture façade details, reliefs, and interiors, drones provide data on roof structures and the object's spatial context within the broader urban landscape. The result is typically a textured point cloud, carrying both

geometric information (shape) and surface condition indicators such as color, signs of biological decay, and moisture distribution. (Patias, P., 2006)

2 Materials and methods

The main objective of applying photogrammetric methods is to generate a geometrically accurate and visually realistic 3D model of a cultural heritage object. This process of digital documentation begins with on-site image acquisition, which represents a critical phase influencing the quality of all subsequent outputs.



Figure 3: Capturing Photographs with Additional Overlay

2.1 Photographic Data Acquisition

The first and most crucial step is the acquisition of a set of digital photographs with a high degree of mutual overlap. As shown in the images below (DJI_0088 to DJI_0091), each surface point of the object must appear in at least three consecutive images to ensure reliable reconstruction. Recommended overlap values in practice are:

Forward (longitudinal) overlap: 70–80%

Side (lateral) overlap: minimum 60%

This high image redundancy is essential for Structure from Motion (SfM) algorithms, which detect tie points across overlapping images to estimate the camera positions and reconstruct 3D coordinates of object points.

2.2 Camera Geometry and Acquisition Strategy

Correct camera path design and image orientation are key to achieving optimal 3D reconstruction. The selected shooting configuration must match the shape, size, and surface complexity of the documented structure. The illustrations below summarize proper and improper configurations depending on object geometry. General principles include:

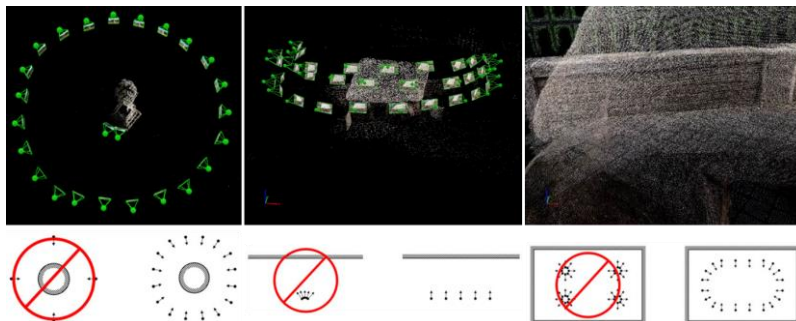


Figure 4: Methods of obtaining photographs depending on the type of object

Source: Takáč, O.; Annuš, N.; Štempeľová, I.; Dancsa, D. 2023. Building partial 3D models of cultural monuments. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*. 7. 295-299. 10.59287/ijanser.718.

- Image acquisition should be performed using a convergent shooting geometry rather than parallel views, with cameras oriented from diverse angles around the object to ensure sufficient perspective variation.
- Capturing images from a single plane or constant height may lead to reconstruction errors and geometric deformations, particularly on vertical surfaces or undercut details.
- It is crucial to avoid purely radial configurations without vertical variation, as these lack the parallax necessary for accurate depth estimation.

2.3 Lighting and Surface Requirements

The quality of the resulting 3D model also depends on lighting conditions and the visual properties of object surfaces. The following factors are critical:

- Proper lighting conditions – Ideal conditions include diffuse lighting (e.g., overcast skies), which minimizes harsh shadows and overexposed areas that may lead to incorrect feature detection.
- Temporal consistency – It is inadvisable to mix images captured at different times of day, as changing shadow positions and color temperatures can interfere with tie point matching.

- Surface texture – Objects should exhibit sufficient surface texture (e.g., stone, brick, relief). Surfaces that are glossy, reflective, or uniformly featureless pose challenges for image-based modeling due to a lack of identifiable features.
- No post-processing – Images must remain unaltered and free of digital enhancements (e.g., filters, sharpening, retouching), which can distort pixel-level radiometry and geometric integrity.

2.4 UAV Operations and Legal Considerations

When using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for heritage documentation, it is necessary to comply with applicable legal and regulatory frameworks:

- The drone operator must hold a valid UAV pilot license and adhere to local aviation safety regulations.
- For operations in protected heritage zones, special permits from cultural heritage authorities or local governments may be required.
- In some cases, it is also necessary to obtain security or operational clearance for flights in urban, controlled, or restricted airspaces.

2.5 Accuracy Assessment of Generated 3D Models

As part of the methodological framework, several independent 3D models will be created and subsequently scaled manually using known reference distances. It is anticipated that the calibration process may introduce certain inaccuracies — primarily resulting from human factors, such as: imprecise measurement or reading of real-world distances, suboptimal selection of 3D point pairs used for scale definition, or minor operator-related inaccuracies during the input process.

The objective of this section is not to determine the absolute or definitive measurement error (as it can be highly subjective), but rather to: quantify the variability introduced during manual calibration, numerically express deviations in millimeters, and evaluate the presence of a linear regression relationship between the true physical length and the resulting measurement error in the 3D model.

3 Analysis of results

In the experimental phase, we generated three independent 3D models of the heritage structure, followed by a calibration and dimensional accuracy assessment in Pix4Dmapper Pro. This software, similar to other

photogrammetric platforms such as Agisoft Metashape, uses manually defined scale constraints to establish the measurement units of the model. Once a single exact distance is entered between two 3D points, the software recalculates the internal coordinate system and rescales the entire model accordingly.

To evaluate accuracy, virtual polylines were drawn in Pix4D, representing measured distances directly on the 3D model. For each polyline and model, we tracked the following parameters:

- Terrain 3D Length [m] – True 3D length of the polyline, including Z-axis variation (depth).
- Projected 2D Length [m] – Horizontal projection of the polyline onto the XY plane.
- err [m] – The measurement error assigned by Pix4D, reflecting uncertainty in point positioning based on image quality and point cloud density.

The goal of this three-model experiment was to evaluate how operator bias (specifically inaccuracies in manually inputting the reference scale) influences global measurement accuracy. Despite using identical lighting conditions and camera-object distances, the resulting precision showed model-specific variation.

- Linear Error Propagation – High values of the coefficient of determination ($R^2 = 0.994$ to 0.9997) indicate a strong linear relationship between real and measured distances. The error pattern in all three models could be reliably described by individual linear regression equations:

Model 1: $y = 2.7628x - 3.1168$

Model 2: $y = 2.9851x - 20.116$

Model 3: $y = 2.9877x + 10.427$

These differences confirm that an error in scale definition propagates linearly throughout the model, altering the global scale factor.

- Model-Specific Regression – Although linearity was observed in all cases, it was not possible to apply a single universal correction formula across all models. Each 3D reconstruction required its own regression equation due to variations in input, scale constraint, or tie point distribution.

Table 1: Measurement results

		Terrain 3D Length [m]	err	Projected 2D Length [m]	err	Real (mm)	Reg.: y = 2,7628x - 3,1168 R ² = 0,999	Δlin (mm)
First modell	Polyline7	35,8	0,07	35,8	0,04	95	95,79144	1
	Polyline6	37,86	0,06	37,81	0,03	104	101,4828	-3
	Polyline4	43,08	0,12	43,07	0,06	117	115,9046	-1
	Polyline1	54,64	0,03	54,62	0,02	146	147,8425	2
	Polyline2	91,73	0,02	91,58	0,01	248	250,3148	2
	Polyline3	101,2	0,02	101,11	0,01	273	276,4785	3
	Polyline5	114,49	0,1	114,13	0,05	318	313,1961	-5
Second modell							Reg.: y = 2,9851x - 20,116 R ² = 0,994	
	Polyline2	25,93	0,05	25,12	0,03	54	57,287643	3
	Polyline1	43,08	0,08	43,63	0,04	123	108,482108	-15
	Polyline3	71,82	0,2	71,76	0,12	178	194,273882	16
	Polyline4	111,29	0,3	110,9	0,15	315	312,095779	-3
	Polyline5	142,7	0,37	142,61	0,21	408	405,85777	-2
Third modell							Reg.: y = 2,9877x + 10,427 R ² = 0,9997	
	Polyline5	62,31	0,1	62,06	0,07	198	196,590587	-1
	Polyline3	71,83	0,15	68,44	0,08	225	225,033491	0
	Polyline1	130,11	0,2	124,45	0,12	395	399,156647	4
	Polyline4	161,73	0,32	153,7	0,2	496	493,627721	-2
	Polyline2	173,76	0,31	168,04	0,23	530	529,569752	0

Average deviations after applying model-specific linear correction (Δlin) remained within a few millimetres, confirming the high dimensional accuracy of the photogrammetric workflow. An exception occurred with

Polyline1 in Model 2 (–15 mm), which may suggest either a local inconsistency in point cloud density or a user error in defining polyline endpoints.

4 Conclusion

The results confirm that the calibration process in close-range photogrammetry is highly sensitive to the accuracy of the input scale. Although photogrammetric software can generate visually flawless and geometrically consistent 3D models, their true metric value is directly dependent on the precision with which the reference measurements are defined - a task that rests heavily on the operator's diligence. In the context of cultural heritage conservation, where 3D models often serve as a digital foundation for restoration, reconstruction, or long-term monitoring, this issue becomes critically important. Even minor scaling errors may result in flawed interpretations or conservation decisions with lasting implications. We therefore recommend using multiple independent control measurements wherever possible, validating them through terrestrial surveying methods such as GNSS RTK or total stations, and always considering both visual realism and verified geometric accuracy in heritage documentation workflows.

This work has been supported by the Scientific Grant Agency of the Slovak republic KEGA under the Grant No. 014TTU-4/2024 – Intelligent Animation-Simulation Models, Tools, and Environments for Deep Learning.

References

1. Atkinson, K. B. 1996. CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRY AND MACHINE VISION. In: Whittles Publishing. ISBN 978-1-870325-46-2.
2. Hassani, F.; Rasheed, A.; Vogel, B. 2015. APPLICATION OF CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY FOR HERITAGE DOCUMENTATION. In: International Journal of Heritage Architecture. 2015; 1(1): pp. 65–74. ISSN 2058-8321. doi:10.2495/HA-V1-N1-65-74. WOS:000365711800007; SCOPUS:2-s2.0-84960102290.
3. Luhmann, T.; ROBSON, S.; KYLE, S.; BOEHM, J. 2019. CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY AND 3D IMAGING. In: De Gruyter. ISBN 978-3-11-057977-5. doi:10.1515/9783110579775. WOS:000519910400014; SCOPUS:2-s2.0-85080415328.
4. McGlone, J. C. (Ed.). 2013. Manual of Photogrammetry (6th ed.). In: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. ISBN 978-1-57083-071-2.

5. Wolf, P. R.; Dewitt, B. A.; Wilkinson, B. E. 2014. Elements of Photogrammetry with Applications in GIS (4th ed.). In: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-176111-6.
6. Colomina, I.; Molina, P. 2014. UNMANNED AERIAL SYSTEMS FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING: A REVIEW. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2014; 92: pp. 79–97. ISSN 0924-2716. doi:10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013. WOS:000335384900007; SCOPUS:2-s2.0-84896411146.
7. Lowe, D. G. 2004. DISTINCTIVE IMAGE FEATURES FROM SCALE-INVARIANT KEYPOINTS. In: International Journal of Computer Vision. 2004; 60(2): pp. 91–110. ISSN 0920-5691. WOS:000220444000004; SCOPUS:2-s2.0-2342566781.
8. Patias, P. 2006. CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION. In: Applications of Photogrammetry for Environmental Monitoring. 2006; pp. 225–258. ISBN 978-960-6608-33-4.
9. Remondino, F. 2011. HERITAGE RECORDING AND 3D MODELING WITH PHOTOGRAMMETRY AND TERRESTRIAL LASER SCANNING. In: Remote Sensing. 2011; 3(6): pp. 1104–1138. ISSN 2072-4292. doi:10.3390/rs3061104. WOS:000291008000014; SCOPUS:2-s2.0-79960871653.
10. Westoby, M. J.; Brasington, J.; Glasser, N. F.; Hambrey, M. J.; Reynolds, J. M. 2012. 'STRUCTURE-FROM-MOTION' PHOTOGRAMMETRY: A LOW-COST, EFFECTIVE TOOL FOR GEOSCIENCE APPLICATIONS. In: Geomorphology. 2012; 179: pp. 300–314. ISSN 0169-555X. doi:10.1016/j.geomorph.2012.08.021. WOS:000312646800026; SCOPUS:2-s2.0-84867448140.
11. Schönberger, J. L.; Frahm, J. M. 2016. STRUCTURE-FROM-MOTION REVISITED. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016; pp. 4104–4113. ISBN 978-1-4673-8851-1. WOS:000391756104029; SCOPUS:2-s2.0-84992403473.
12. Takáč, O. ; Annuš, N. ; Štempel'ová, I. ; Dancsa, D. 2023. BUILDING PARTIAL 3D MODELS OF CULTURAL MONUMENTS. International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches. 7. 295-299. 10.59287/ijanser.718.

Contact address

Ing. Ondrej Takáč, PhD. , Mgr. Gergely Kocsis
J. Selye University
Bratislavská cesta 3322, 945 01 Komárno, Slovakia
e-mail: takaco@uj.sk, e-mail: kocsisg@uj.sk

DESIGN OF A MULTI-ROLE AI CHATBOT FRAMEWORK FOR SUPPORTING PROJECT-BASED LEARNING IN PRIMARY EDUCATION

Jana BURGEROVÁ, Júlia ŠEBEJOVÁ, SK

Abstract: The digital transformation of primary education introduces new demands for supporting teachers, pupils, and parents. Current technologies based on Large Language Models (LLMs) offer significant potential to enhance lesson planning, support project-based learning, and improve school-family communication. However, most available AI tools are designed for a single user role—typically the pupil—and lack an integrated ecosystem that connects all key educational actors. Moreover, in the Slovak context, no localized, pedagogically grounded AI model tailored for younger learners is currently available.

This paper presents the **concept of a multi-role AI chatbot** framework designed for primary education, integrating the three fundamental roles of the school ecosystem: **teacher, pupil, and parent**. The architecture is based on a layered model consisting of Natural Language Processing (NLP), Logic & Role Management (LRM), LLM components, and links to school information systems (Microsoft Teams, EduPage, School Information System, local databases). The model enables reciprocal enrichment of data and interactions: materials generated for the teacher are transformed into child-friendly versions, pupil interactions support differentiation and formative assessment, and parents receive personalized explanations and recommendations based on both teacher input and pupil activity.

The **research gap** identified addresses three fundamental areas: (1) the lack of AI research in primary education, (2) the absence of multi-role AI ecosystems that simultaneously support teachers, pupils, and parents, and (3) the non-existence of Slovak, curriculum-compatible AI tools suitable for younger pupils. The presented concept bridges these gaps by integrating technological, pedagogical, and communication dimensions into one ecosystem, laying the foundation for subsequent empirical verification.

The **methodological framework** is based on a mixed-methods approach, combining classroom observation, system interaction analysis, semi-structured interviews with teachers, pupils, and parents, and pre-post task comparison. These methods will examine the chatbot's impact on (1) pupils' autonomy in project-based learning, (2) the reduction of teacher workload,

(3) the quality of project outputs and the development of ICT competencies, and (4) the effectiveness of school–parent communication.

This conceptual study forms the basis for the development of a Slovak multi-role AI chatbot and outlines the further direction in technical implementation, pilot testing in primary school grades 1–4, longitudinal evaluation, and the building of the first Slovak child-adaptive language model suitable for the needs of primary education.

Keywords: Artificial intelligence, primary education, project-based learning, multi-role chatbot, educational ecosystem, Large Language Models (LLM), digital school transformation.

1 Introduction

The digital transformation of the school environment fundamentally influences the methods of learning, communication, and management of the educational process (Redecker, 2017; OECD, 2020). Particularly in primary education, teachers are exposed to high demands, as they simultaneously cover planning, differentiation, support for project activities, communication with parents, and administrative duties. Concurrently, the significance of active learning methods, such as project-based learning, which fosters autonomy, creativity, and deep understanding, is increasing (Krajcik & Blumenfeld, 2006; Condcliffe et al., 2017).

The development of LLMs and generative AI creates space for intelligent systems capable of supporting the teacher in planning, the pupil in exploration, and the parent in understanding the curriculum (Kasneci et al., 2023; Sailer & Valeriani, 2024). At the same time, it is evident that most existing solutions focus only on a single role—typically the pupil—and lack ecosystemic connectivity or practical usability within the primary school environment (Yang et al., 2023).

The aim of this paper is to present the design of a multi-role AI chatbot as a pedagogical-technological framework for primary education and to describe its capabilities, functionalities, and the plan for future verification. The design and its verification are the subject of further investigation.

In the context of this paper, we use the term School Information System (SIS) as an umbrella term for digital platforms that support communication management, assignment of tasks, administrative processes, and monitoring of pupils' progress. Specific systems used in Slovak schools (e.g., EduPage, Microsoft Teams) are provided as examples of potential integration, not as synonyms for administrative solutions.

This phase represents a design concept, not an implemented study.

2 Theoretical Background

2.1 Digital Transformation in Schools

Digital transformation represents a systematic change in how a school plans, organizes, and implements the educational process. According to international frameworks (OECD, European Commission), it is not only about the introduction of technologies but about a fundamental shift in the culture of learning, pedagogical practice, assessment methods, and school leadership. A digitally competent school creates an environment where technologies are integrated purposefully, safely, and pedagogically meaningfully—not as an add-on, but as a natural part of instruction.

The DigCompEdu and DigComp frameworks emphasize the need for safe, meaningful, and didactically effective use of technologies by both the teacher and the pupil.

2.2 Project-Based Learning (PBL)

PBL provides space for collaboration, subject integration, creative problem-solving, and authentic learning (Krajcik & Blumenfeld, 2006). Technologies simplify documentation, communication, presentation of results, and support self-assessment. Digital tools can significantly enrich this process—but only if they are pedagogically grounded. The AI chatbot can play a new role in project-based learning: a personalized guide, facilitator, and source of immediate feedback.

2.3 Chatbots in General

Chatbots are digital systems that enable human-computer interaction through natural language. Their primary role is to mediate information, provide support, or perform simple tasks in a conversational format. In education, they are primarily used to support learning, facilitate communication, and provide instant feedback.

From a technological perspective, chatbots can be divided into two basic groups:

a) Rule-based Chatbots

These are the oldest type of chatbots, operating based on predefined rules, decision trees, and simple response templates.

Typical characteristics:

- Very limited dialogue.

- Low flexibility.
- Responses based on predefined scenarios.
- Minimal user adaptability.

In education, they were mainly used as school FAQ assistants, simple information systems, or tools for orientation within learning platforms. Their utility is limited, as they cannot respond to open-ended questions and do not provide personalized support.

b) AI Chatbots based on Large Language Models (LLM)

Modern AI chatbots utilize LLMs capable of generating coherent, logical, and contextually appropriate responses. They are capable of:

- Conducting a complex dialogue.
- Adapting the response to the user.
- Analysing input information.
- Explaining subject matter in various ways.
- Simulating a teacher or tutor.

In the pedagogical field, they are primarily used as **intelligent tutoring systems**, providing pupils with explanations, practical examples, or alternative formulations of the curriculum. These tools include:

- **Khanmigo (Khan Academy)** – AI tutor focused on mathematics, science, and programming.
- **Duolingo Max** – conversational training utilizing LLM.
- **Socratic** – explaining tasks based on a photograph.
- **TutorAI** – generator of personalized mini-lessons.

Although these tools are advanced, they are still conceived as **single-role systems**, supporting only one user – the pupil. Their goal is to provide explanations or help solve individual tasks, not to function as a communication mediator between the school, the pupil, and the parent.

Shortcomings of existing chatbots in the context of primary education:

- They do not work with the teacher's pedagogical context.
- They cannot differentiate content for younger school age children.
- They do not connect information between the pupil, teacher, and parent.
- They are not localized for the school curriculum or linguistic specifics of Slovakia.
- They do not provide support to parents who require comprehensible explanations of the curriculum.
- They do not create data synergy across roles (teacher ↔ pupil ↔ parent).

It is precisely for this reason that a multi-role AI chatbot has the potential to fill a significant gap in the field of digital support for primary education.

In summary, existing AI solutions in education mainly cover the area of individual pupil support but do not address the needs of the teacher or parent as equal actors in the educational process. In the context of primary education, a model that reflects the linguistic, developmental, and curricular specifics of younger pupils is thus missing. Therefore, the next section of the paper presents the design of a multi-role AI chatbot, with an emphasis on its architecture and ecosystemic connections.

2.4 AI Chatbots in Education and Safety Limits

AI chatbots are primarily used for explaining subject matter, generating supplementary content, providing instant feedback, and supporting individual learning. Thanks to their ability to work with natural language, they can respond to various types of questions, adjust the answer to the pupil's level, and simulate simple tutoring situations. Their main benefits lie in availability, personalization, and the ability to learn at one's own pace.

However, specific safety and ethical limits arise when working with children. LLMs can generate inaccurate or incomplete information, which necessitates pedagogical supervision and verification of outputs (Floridi & Chiriatti, 2020). For the younger school age, the appropriateness of language, the simplicity of instructions given, and sensitivity to the pupils' developmental needs are crucial. UNICEF (2021) also draws attention to increased demands for the protection of children's personal data in the digital environment, which requires clearly defined data handling procedures and the limitation of risky interactions.

For these reasons, the design of every AI tool for primary education builds upon the **Logic & Role Management** layer, which functions as the **main safety and pedagogical filter** to mitigate the risk of hallucinations and inappropriate content.

2.5 Design of a Multi-Role AI Chatbot

The proposed concept reflects current knowledge about single-role architectures of educational chatbots (Yang et al., 2023) and extends them with **multi-role management**, **Logic & Role Management**, and **data synergy** among the teacher, **pupil**, and parent. The multi-role AI chatbot utilizes generative artificial intelligence based on LLMs.

The multi-role AI chatbot represents an LLM:

- supported system that works with three user roles (teacher – pupil – parent),

- utilizes the NLP → Logic & Role Management → LLM pipeline,
- adjusts responses according to age, cognitive level, and educational context,
- connects users through shared data and interactions (ecosystemic synergy),
- is integrated with SIS (MS Teams, EduPage, School IS).

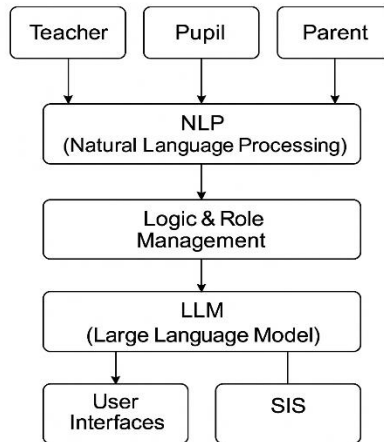


Figure 1. Technical Architecture of the Proposed Multi-Role AI Chatbot
(Source: Own elaboration)

The figure illustrates the basic modular architecture of the proposed system. Inputs from the teacher, pupil, and parent pass through the NLP (Natural Language Processing) layer, which ensures text analysis. The governing layer, Logic & Role Management, subsequently evaluates the context, activates role-specific rules, and generates appropriate requests for the LLM. System outputs are mapped back to user interfaces and the SIS, ensuring integration into the school environment.

2.5.1 Logic & Role Management (LRM)

LRM represents the main control layer of the system, which ensures the correct directing of content and the selection of an adequate role perspective. This layer evaluates user inputs (teacher, pupil, parent), identifies their type and intent, and subsequently activates specific transformation rules.

Example of a rule:

- **IF** the teacher enters a new project assignment,
- **THEN** the system automatically activates a transformation rule that generates a child-friendly version of the assignment for the pupil and a brief explanatory note for the parent.

Another example:

- **IF** the pupil repeatedly asks for checking instead of explanation,
- **THEN** the system activates a recommendation for the teacher to advance the pupil to tasks requiring higher autonomy.

The LRM thus functions as a decision layer connecting the individual data flows, analyzing interactions, and recommending pedagogically appropriate responses for each role. This layer also serves for pedagogical grounding of responses. It ensures that the content generated by the LLM is age-appropriate and in line with the current school curriculum.

Example of a rule (Curriculum/Age Filtering):

- **IF** the pupil (role) asks a question on a topic beyond the scope of the current curriculum (e.g., nuclear physics in the 3rd grade),
- **THEN** the system activates a rule that blocks the complex LLM response and instead provides a simplified analogy or directs the pupil to a topic that is curriculum-relevant.

In addition to managing data flows, LRM plays a crucial role in the **security grounding** of LLM outputs. By analyzing the context, it **eliminates inappropriate responses** and directs LLM outputs to ensure they are always safe and didactically valid for the given role.

2.5.2 Data Synergy Between Roles

An integral part of the design is data synergy, which ensures that the activities of one role influence the recommendations for other roles. If the system identifies during project solving that the pupil asks a minimum of explanation questions but regularly requests output checking, it evaluates this as an expression of increased autonomy. Based on this, LRM recommends work assignments with a higher degree of openness or creativity to the teacher. Simultaneously, the parent receives information about the appropriate type of home support (e.g., support with presenting results or verifying the correctness of the solution).

This mechanism ensures the connection between roles and creates a **triangulated ecosystem**, which is crucial for the multi-role model.

2.5.3 Ecosystem Synergy of the Multi-Role AI Chatbot

The proposed ecosystem is based on four data flows:

- **Teacher → Pupil:** transformed assignments, child-friendly language, differentiation, explanations

- **Pupil → Teacher:** continuous data on project progress, autonomy, and problem-solving
- **Pupil → Parent:** simple curriculum explanations, recommendations for home support
- **Parent → Teacher:** feedback, suggestions, and observations from home learning

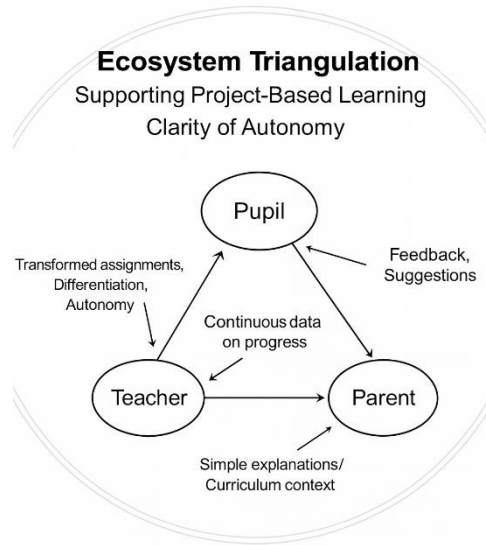


Figure 2. Ecosystem Connectivity of the Teacher, Student, and Parent Roles in the Multi-Role AI Chatbot Design (Source: Own elaboration)

A triangulated ecosystem is thus formed, connecting all stakeholders with the goal of supporting project-based learning, clarity of information, and student autonomy.

2.6 Expected Benefits and Challenges

Benefits

- Personalization of the curriculum according to the pupil's level.
- Instant feedback.
- Individual learning pace.
- Continuous availability.
- Support for differentiation (Kasneci et al., 2023).
- Stimulation of autonomous knowledge discovery (Tlili et al., 2023).

Challenges

AI chatbots simultaneously bring important risks, especially in primary school:

- Variable quality of responses and hallucinations (Floridi & Chiriatti, 2020).
- Need for trustworthy and secure data.
- Risk of inappropriate content.
- Limited understanding of the context of the child's developmental level.
- Need for pedagogical supervision.
- Protection of children's personal data (UNICEF, 2021).

2.7 Comparison with Existing Solutions (Related Work)

Current research on AI chatbots in education shows that most available solutions function as single-role systems focused primarily on individual pupil support. Yang, Liu, and Chen (2023) state in their systematic analysis that today's educational chatbots are designed mainly as LLM-tutors capable of explaining subject matter, answering questions, or providing feedback, but they do not work with the pedagogical context of the teacher or the needs of the parent. A mechanism that would connect data between various educational actors and allow its utilization for differentiation or assessment is also absent.

Furthermore, in the primary school environment, there is a lack of chatbots that are linguistically, cognitively, and curriculum-adapted for younger pupils. The Slovak educational context offers no localized tool utilizing multi-role management, LRM, or ecosystemic data synergy. The proposed concept therefore represents an innovative shift compared to existing solutions, as it combines three user roles, pedagogical intent, and data-driven connections into a single integrated system.

3 Research Problem and Objectives

In this phase, the research problem is defined as a conceptual design: to identify the possibilities and limits of utilizing a multi-role AI chatbot within the conditions of a primary school and to understand how this tool can improve the process of project-based learning and support the school's digital transformation.

3.1 Research Objectives

1. To verify the usability of the multi-role AI chatbot in primary school settings.

2. To analyse the interactions of pupils and teachers with the system.
3. To determine how AI changes the process of planning and implementing project-based learning.
4. To propose a model for the integration of AI into primary education.

4 Methodological Framework

The research is planned to be conceived as a mixed-methods research, as the phenomenon under study—interactions with a system integrating the roles of multiple actors—requires a combination of qualitative and quantitative approaches. This design is particularly suitable for studying complex pedagogical processes that cannot be captured by a single method. The research will proceed in compliance with ethical standards for working with children and personal data protection rules.

Specific methodological tools will be finalized after the creation of a functional prototype of the system.

Table 1. Proposed methodological framework for future research

Method	Purpose of Use	Type of Data Obtained	Target Group
Observation of Project Work	To monitor the progress of pupils' work with the chatbot, the level of autonomy, and learning strategies.	Qualitative (records, notes)	Pupils (Grades 1–4)
Analysis of System Interactions	To determine the types of questions, frequency of use, and response patterns.	Quantitative + Qualitative	Pupils, Teachers
Semi-Structured Interviews	To determine participants' experiences, attitudes, and feedback.	Qualitative	Teachers, Pupils, Parents
Pre-Post Comparis	To verify the change in autonomy, quality of	Quantitative	Pupils

Method	Purpose of Use	Type of Data Obtained	Target Group
on of Project Tasks	outputs, and work effectiveness.		

Indicators of Pupil Autonomy

The degree of pupil autonomy will be monitored through a combination of observation and analysis of system interactions. Specific indicators include:

- The ratio of "explain" vs. "check" type questions.
- The number of independent steps taken by the pupil in individual project phases.
- The frequency of initiative questions from the pupil (pupil starts the conversation, does not wait for a prompt).
- The type of problems solved (pupil only solves reactive tasks vs. plans the next procedure).
- The number of attempts without assistance before requesting support.
- Pupil self-reflection (whether they can explain the procedure and check their own work).

Together, these indicators will allow for the quantification and qualitative interpretation of the level of pupil autonomy during project-based learning.

Measuring Teacher Workload

The change in teacher workload will be monitored through a combination of qualitative and quantitative data. Specific indicators will include:

- The time required to prepare materials before and after the deployment of the multi-role AI chatbot.
- The number of automatically generated differentiated tasks (LLM \ LRM).
- The frequency of teacher responses outside teaching hours in EduPage and MS Teams systems.
- Changes in the volume of administrative tasks.
- The subjective perception of workload from semi-structured interviews.

These data will allow for the quantification and interpretation of the system's impact on teacher work effectiveness and the identification of areas where AI can reduce administrative burden or support differentiation.

Data Triangulation

Quantitative data (time data, interaction frequencies, system logs) and qualitative data (observations, interviews, open comments) will be **triangulated** with the aim of increasing the validity of the findings and reducing methodological bias. Triangulation will enable the comparison and verification of conclusions from multiple independent sources, which is a key element of a robust mixed-methods design.

4.1 Research Design

The chosen design is **exploratory–descriptive research**, as the goal is to explore new phenomena in education (interactions with the AI chatbot) and to describe their impact on the learning process, project work, and the school's digital transformation.

The research will be conducted in several stages:

- **Pre-research phase (current):** preparation of tools, testing of the chatbot, methodology adjustment.
- **Main phase:** data collection through observations, interactions, interviews, and pupils' work outputs.
- **Post-research phase:** data analysis, "pre–post" comparison, proposal of the chatbot implementation model.

4.2 Selection of Research Sample

The research sample will consist of:

- 1–3 primary school classes (Grades 1–4) involved in the pilot.
- 2–3 teachers of project-based learning or classroom teaching.
- A group of parents of pupils involved in the project.

The sample is selective, using purposive sampling—focused on schools willing to test AI tools and project-based learning.

5 Conclusion

This paper presented the design of a multi-role AI chatbot intended to support project-based learning in primary education. The proposed concept shows that AI tools can be utilized not only as a tutor for the pupil but also as part of a wider ecosystem connecting the teacher, the pupil, and the parent. Such an approach has the potential to streamline planning, facilitate differentiation, strengthen pupils' autonomy, and simultaneously improve communication between the school and the family.

The presented design is a conceptual starting point for the creation of a prototype, which will require further refinement, methodological grounding, and pilot verification in real instruction. The implementation of such a tool will require an emphasis on safety, transparency, and age-appropriateness of responses to ensure its responsible and pedagogically justified use.

In the future, we plan to expand the research to include longitudinal monitoring of pupil autonomy development, deeper modeling of role management, and the technical refinement of a child-adaptive language model in the Slovak language. These steps will enable a more comprehensive examination of the effectiveness of the proposed solution and contribute to the development of AI tools for primary education.

The multi-role AI chatbot can be viewed as a prospective step towards the modernization of primary education. It integrates elements of digital transformation, supports competency-oriented learning, and offers a framework that can serve as a basis for further research and practical discussion about the role of AI in the school environment.

This paper was developed as part of the VEGA research project 1/0163/25 Systemic Solutions for the Level of Digital Competencies in the University Environment in Accordance with EU Standards.

References

1. CONDLIFFE, B. – QUINT, J. – VISHER, M. – BANGSER, M. – DROHOJOWSKA, S. – SACO, L. – NELSON, E. *Project-Based Learning: A Literature Review*. American Institutes for Research, 2017.
2. DWIVEDI, Y. K. – KSHETRI, N. – HUGHES, L. et al. *So what if ChatGPT wrote it? Multidisciplinary perspectives on generative AI*. In *International Journal of Information Management*, vol. 71, 2023, p. 102642.
3. FLORIDI, L. – CHIRIATTI, M. *GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences*. In *Minds and Machines*, vol. 30, 2020, p. 681–694.
4. KASNECI, E. – SESSLER, K. – KÜCHEMANN, S. – BANNERT, M. – DEMENTIEVA, D. – FISCHER, F. – KASNECI, G. *ChatGPT for good? On*

- opportunities and challenges of large language models for education.* In Learning and Individual Differences, vol. 97, 2023, p. 102274.
5. KRAJCIK, J. S. – BLUMENFELD, P. C. *Project-Based Learning.* In: SAWYER, R. K. (ed.). The Cambridge Handbook of the Learning sciences. Cambridge : Cambridge University Press, 2006, p. 317–334.
 6. OECD. *Teaching in the Digital Age: Smart Policy for Education Futures.* Paris : OECD Publishing, 2020.
 7. REDECKER, C. *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu.* Luxembourg : Publications Office of the EU, 2017.
 8. SAILER, M. – VALERIANI, D. *Applications of large language models in education: A systematic review.* In Computers & Education, vol. 204, 2024, p. 104900.
 9. TLILI, A. – SHEHATA, B. – ADARKWAH, M. et al. *ChatGPT-assisted learning in higher education.* In Computers and Education: Artificial Intelligence, vol. 4, 2023, p. 100114.
 10. UNICEF. *Policy Guidance on AI for Children.* New York : United Nations Children's Fund, 2021.
 11. YANG, S. – LIU, D. – CHEN, X. *Educational chatbots based on large language models: A systematic review.* In IEEE Transactions on Learning Technologies, 2023.

Contact address

Prof. Ing. Jana Burgerová, PhD.

Faculty of Education, University of Prešov
17. novembra 15
080 01 Prešov, Slovakia
Email: jana.burgerova@unipo.sk

Mgr. Júlia Šebejová

Faculty of Education, University of Prešov
17. novembra 15
080 01 Prešov, Slovakia
Email: julia.sebejova@smail.unipo.sk

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALKALMAZÁSOK LEHETŐSÉGEINEK ÁTTEKINTÉSE A SZEMÉLYRE SZABOTT OKTATÁS TERÜLETÉN

Norbert ANNUŠ, Tibor KMEŤ, SK

Absztrakt: A mesterséges intelligencia térnyerése az oktatásban új lehetőségeket teremt a személyre szabott tanulás megvalósítására. A tanulmány célja, hogy áttekintse azokat az mesterséges intelligencia-alapú alkalmazásokat, amelyek bizonyítottan támogatják az egyéni tanulási útvonalak kialakítását, és empirikus eredményekkel igazolt hatékonysággal rendelkeznek. A vizsgálat során olyan rendszerek kerültek kiválasztásra, amelyek adaptív algoritmusokkal dolgoznak, valós idejű diagnosztikai visszajelzést nyújtanak, és független kutatásokban is értékelésre kerültek. A vizsgálatok alapján ezek a rendszerek hozzájárulhatnak a tanulói teljesítmény javításához, a motiváció növeléséhez és a fejlődési útvonalak pontosabb nyomon követéséhez, ugyanakkor használatuknak technológiai és pedagógiai korlátai is vannak. A tanulmány rámutat, hogy a mesterséges intelligencia nem helyettesíti, hanem átalakítja a pedagógus szerepét.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, személyre szabott oktatás, adaptív tanulási rendszerek, MI-alapú oktatási alkalmazások.

OVERVIEW OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN THE FIELD OF PERSONALIZED EDUCATION

Abstract: The rapid expansion of artificial intelligence in education is creating new opportunities for the implementation of personalized learning. The aim of this study is to review those AI-based educational applications that demonstrably support the development of individualized learning pathways and whose effectiveness has been validated through empirical research. The analysis focuses on systems that employ adaptive algorithms, provide real-time diagnostic feedback, and have been evaluated in independent studies. Findings indicate that these systems can contribute to improved learner performance, increased motivation, and more accurate monitoring of learning progress, although their use also presents technological and pedagogical limitations. The study highlights that artificial

intelligence does not replace teachers, but rather transforms their role within the learning process.

Keywords: artificial intelligence, personalized education, adaptive learning systems, AI-based educational applications.

1 Bevezetés

A mesterséges intelligencia (MI) és az MI-alapú technológiák fejlesztésének egyik alapvető célja az emberi élet megkönnyítése és a társadalmi fejlődés támogatása. A számos ipari alkalmazás mellett az oktatás azon területek egyike, ahol a digitális eszközök és az MI integrálása jelentős hozzáadott értéket teremthet. Az MI potenciálja ugyanakkor nem korlátozódik néhány alkalmazási irányra: az elmúlt években számos fejlesztés, empirikus kutatás és tudományos áttekintés vizsgálta a technológia oktatásban betöltött szerepét.

A szakirodalom többek között olyan tématerületekre fókuszál, mint az oktatási folyamatok automatizálása, például az esszé alapú tanulói válaszok elemzése és értékelése [1, 2, 3].

A kutatások másik hangsúlyos iránya az előre jelző modellek alkalmazása, melyek a tanulói teljesítmény folyamatos nyomon követésével képesek prognosztizálni a jövőbeli tanulási nehézségeket, ezáltal támogatva a pedagógusok célzott beavatkozásait [4, 5, 6].

Egyre nagyobb figyelmet kap az intelligens robotok oktatásban betöltött szerepe is. A kutatások szerint ezek a robotikai megoldások növelik a tanulók motivációját és érdeklődését [4], továbbá számos fejlesztési területen alkalmazhatók, például a finommotorikus készségek támogatásában, az ábécé betűinek tanulásában vagy az alapvető számítási műveletek gyakorlásában [7, 8]. A robotok egy lehetséges jövőbeli funkciója a tanórai asszisztensként való működés, amely különböző érzékelők, valamint számítógépes látási és hangfeldolgozási képességek segítségével támogatná a tanulók munkáját [9].

Ezek mellett az MI egyik legígéretesebb oktatási alkalmazási területe a személyre szabott tanulás támogatása, amelynek célja, hogy minden tanuló a saját egyéni tudásszintjének és fejlődési ütemének megfelelő útvonalon haladhasson. Jelen tanulmány célja e személyre szabott oktatásban rejlő lehetőségek áttekintése, valamint olyan MI-alapú alkalmazások bemutatása, amelyek a különböző tantárgyak területén bizonyítottan hatékonyan járulnak hozzá az egyéni tanulási folyamatok támogatásához.

2 A személyre szabott oktatásban rejlő lehetőségek elméleti alapjai és keretrendszere

A hagyományos oktatási rendszer számos ponton korlátozza a személyre szabott tanulás megvalósulását. A tanulók többsége – amennyiben nem rendelkezik diagnosztizált tanulási zavarral vagy egyéb egyéni szükségletekkel – ugyanazon tananyagot sajátítja el azonos időkeretben, és a tankönyvek, illetve tanórák során ugyanazokat a feladatokat végzi el változatlan sorrendben. Nagyobb létszámú csoportok esetében a pedagógusnak nem áll módjában minden tanuló számára egyéni tanmenetet vagy teljesen egyedi feladatokat kialakítani.

Az e-learning, vagyis az információs és kommunikációs technológiákra épülő oktatás – különösen a COVID-19 járványt követően – széles körben elterjedt, és új lehetőségeket nyitott meg az adaptív tanulási modellek megvalósításához. A digitális környezetben rendelkezésre álló hatalmas mennyiségű oktatási adat, valamint a tananyagok finom részletekre bontása elősegíti az adaptív, személyre szabott tanulási útvonalak kialakítását.

Az adaptív tanulás a mesterséges intelligencia egyik legígéretesebb oktatási alkalmazási területe. Olyan képzési modellként értelmezhető, amely modern technológiák segítségével a tanulók egyéni igényeihez igazítja a tanulási folyamatot, figyelembe veszi előzetes tudásukat, sajátosságaikat, és lehetővé teszi személyre szabott tanulási útvonalak létrehozását [10]. Az MI-alapú módszereket az oktatáskutatások rendszerint azért részesítik előnyben, mert ezek hatékonyabb, rugalmasabb, inkluzívabb és motiválóbb tanulási környezeteket képesek létrehozni különböző pedagógiai, tartalmi és tanulói modellek integrálásával [5].

Az adaptív rendszerek képesek alkalmazkodni a tanulók jellemzőihez, tanulási stílusához, kognitív szintjéhez és aktuális körülményeihez, és ezáltal személyre szabott vagy differenciált tanulást biztosítanak. A rendszer adatokat gyűjt a tanuló teljesítményéről, kapcsolatot épít a tanulási folyamat megismerése és az aktív tanulás eredményei között, majd ezen információk alapján módosítja a tanulási modellt [11]. Működésének alapfeltétele a folyamatos visszajelzés biztosítása a tanuló és a pedagógus számára. A tanuló azonnali visszacsatolást és javítási lehetőségeket kap, míg az oktató átlátható képet nyer a tanuló erősségeiről és nehézségeiről, ami segíti a személyes konzultációk célzottabb megtervezését. Ebből következtethető, hogy a visszajelzés minősége kulcsszerepet játszik a személyre szabott tanulásban. A kutatások szerint a magyarázattal ellátott visszajelzést nyújtó oktatási alkalmazások használata tudatosabb döntéshozatalra ösztönzi a gyerekeket, míg a visszajelzés nélküli rendszerek több téves választ és

próbálkozást eredményeznek [12]. Bár a legegyszerűbb visszajelzési formák – például hangeffektek – is számítanak, ezek általában nem támogatják a mélyebb megértést. A verbális vagy írásos dicséret már növelheti a motivációt, ám a leghatékonyabbnak a részletes, magyarázó visszajelzések bizonyulnak, amelyek növelik a tanulási pontosságot és csökkentik a későbbi hibák számát [13].

A tanulási tartalmak szintezése a személyre szabott oktatás egyik alapvető módszere, amely a tanulók előzetes tudására és fejlődési ütemére épít [14]. Kucirkova háromféle szintezési megközelítést különböztet meg, melyek hatásait más tanulmányok is alátámasztják [15]:

Részvételi szabad forma, amely ajánlott, de nem kötelező tartalomrendet biztosít. A kutatások szerint ez a forma növelheti a kisgyermekek autonómiáját és motivációját [16], ugyanakkor fennáll a veszélye, hogy a tanulók túl könnyű feladatokat választanak, ami hátráltathatja fejlődésüket.

Programozott statikus szintezés, ahol a tananyag a gyermek kezdeti teljesítményértékelése alapján kerül meghatározásra, vagy felnőtt választja ki előre.

Programozott dinamikus szintezés, amelyben a rendszer folyamatosan igazítja a feladatok nehézségét a tanuló aktuális teljesítménye alapján [17].

A személyre szabott oktatás megvalósítása olyan pedagógiai és technológiai elemek összehangolt működését igényli, amelyek képesek a tanulók egyéni sajátosságait folyamatosan felismerni és ezekhez rugalmasan alkalmazkodni. A mesterséges intelligenciára épülő adaptív rendszerek ezt a folyamatot nagy pontossággal támogatják: valós idejű visszajelzéseket nyújtanak, dinamikusan módosítják a tanulási útvonalakat, és képesek a tanulók fejlődését hosszú távon követni. Mindez jelentősen hozzájárul egy olyan tanulási környezet kialakításához, amelyben a tanulók saját tempójukban, személyre szabott támogatás mellett haladhatnak.

A következő fejezetben olyan mesterségesintelligencia-alapú alkalmazásokat mutatunk be, amelyek bizonyítottan támogatják a személyre szabott oktatást.

3 MI-alapú alkalmazások a személyre szabott tanulás támogatására

A személyre szabott oktatás elméleti kereteinek ismertetését követően fontos rávilágítani azokra a mesterséges intelligencia-alapú alkalmazásokra, amelyek a gyakorlatban is bizonyítottan támogatják az egyéni tanulási

útvonalak kialakítását. Az elmúlt években számos empirikus kutatás vizsgálta az MI különböző tantárgyakban való felhasználhatóságát, különösen olyan területeken, mint a matematika vagy a nyelvtanulás. A fejezet célja, hogy bemutassa azokat a releváns MI-eszközöket és tanulástámogató rendszereket, amelyek kutatások szerint hatékonyan járulnak hozzá a személyre szabottabb, motiválóbb és eredményesebb tanulási környezetek kialakításához.

Az alkalmazások vizsgálata során szempontként határoztuk meg, hogy az adott MI-technológia elsősorban a személyre szabott tanulás támogatását szolgálja. Ennek megfelelően a jelen tanulmány nem tárgyal olyan rendszereket, amelyek bár automatizált értékelést vagy visszajelzést biztosítanak, de nem alkalmaznak adaptív algoritmusokat. Fontos kiválasztási kritérium volt továbbá, hogy az adott alkalmazás hatékonyságát független kutatások is vizsgálják, és az eredményeket tudományos publikációk támasszák alá. Így a bemutatott rendszerek esetében nem kizárólag a fejlesztők állításaira támaszkodunk, hanem empirikus bizonyítékokkal is alátámasztható gyakorlati eredményeket mutatunk be. A szűrési folyamatot követően a legtöbb releváns és megbízható eredmény a matematikai és a nyelvi készségek személyre szabott fejlesztését támogató alkalmazásokhoz kapcsolódott, ezért e két terület külön alfejezetben kerül bemutatásra. Emellett egy további alfejezetben ismertetjük azokat az egyéb tantárgyakhoz kapcsolódó MI-alapú rendszereket, amelyek szintén személyre szabott tanulási funkciókat kínálnak.

3.1 MI alkalmazások a matematika tanulásban

ALEKS (Assessment and LEarning in Knowledge Spaces): A rendszer mesterségesintelligencia-alapú algoritmusokat alkalmaz a tanulók előzetes tudásának, hiányosságainak és teljesítményének feltérképezésére, és ennek alapján személyre szabott tanulási útvonalakat hoz létre. A tanulók folyamatosan változó, a rendszer által generált feladatsorokkal dolgoznak, miközben a szoftver időről időre újraértékeli tudásszintjüket [18]. Az ALEKS lényege, hogy a tanuló csak azokon a témakörökön dolgozik, amelyeket még nem sajátított el, miközben azonnali visszajelzést kap a teljesítményéről. Az alkalmazás olyan témakörök személyre szabottabb tanulását teszi lehetővé, mint az algebra és a geometria. Empirikus vizsgálatok igazolják az ALEKS gyakorlati hatékonyságát. Craig és munkatársai olyan beavatkozási kísérletet végeztek, amelyben az egyik tanulócsoporthoz egyénileg dolgozott az ALEKS rendszerrel, míg a kontrollcsoport tanári irányítású, interaktív órákon vett részt. Az eredmények szerint az ALEKS-csoport szignifikánsan jobban teljesített az állami értékelő teszteken, továbbá kevesebb tanári

segítségére szorult [19]. Yilmaz vizsgálatában arra következtetett, hogy az ALEKS statisztikailag kimutatható mértékben javította a középiskolás tanulók matematikai eredményeit [20].

MATHia: A K-12 matematikaoktatás egyik meghatározó adaptív tanulási megoldása. A szoftver a tanulók válaszainak elemzése révén kognitív modellt épít az egyes tanulók tudásszintjéről, és ennek alapján személyre szabott tempót, feladatokat és visszajelzést biztosít [21]. A rendszer számos témakört lefed – többek között az algebrát, geometriát, trigonometriát alapjait és valószínűségszámítást – és a problémamegoldásra, valamint a matematikai gondolkodás elmélyítésére helyezi a hangsúlyt. A K-12 szint mellett, a MATHia bizonyítottan középiskolai szinten is pozitív eredményeket ért el. Az alkalmazást használó diákok szignifikánsan jobban teljesítettek, mint a hagyományos tankönyveket alkalmazó kontrollcsoport [22, 23]. Ritter és Fancsali eredményei szerint a szoftver különösen hatékony vegyes oktatási modellben, ahol az idő kb. 40%-ában használják az alkalmazást, 60%-ban pedig szöveges/tanári anyagokkal dolgoznak a tanulók [24].

Knewton és Knewton Alta: A Knewton és a Knewton Alta olyan adaptív tanulási platformok, amelyek elsősorban matematika és statisztika területén alkalmazhatók. A rendszer integrált gépi tanulási technológiákat használ, és a tanulók válaszai, tanulási szokásai és interakciói alapján személyre szabja a tartalmat [25]. A platform alapja egy nemlineáris tudásgráf, amely összekapcsolja a fogalmakat, és lehetővé teszi, hogy a tananyag nehézsége a tanuló aktuális teljesítményéhez igazodjon – ha a tanuló nehézségekbe ütközik, a rendszer egyszerűbb tartalomra vált, míg siker esetén tovább lépteti őt. A gyakorlati alkalmazások közül kiemelhető Marienko és társai munkája, ahol a Knewton bevezetését követően a tanulók lemorzsolódási aránya 13%-ról 6%-ra csökkent, míg a tanulmányaikat befejezők aránya 66%-ról 75%-ra nőtt [26]. Az előzőekben ismertetett alkalmazásokkal szemben a Knewton Alta felsőoktatási kurzusokban is használatos, ahol az oktatók a tanulási célok kiválasztásával adaptív feladatokat és statikus tesztekkel állítanak össze, a rendszer pedig részletes analitikai jelentésekkel támogatja a pedagógusokat [27].

3.2 MI alkalmazások a nyelvtanulásban

Duolingo: egy széles körben ismert, mesterséges intelligenciát használó nyelvtanuló alkalmazás. A rendszer egy saját fejlesztésű nagy nyelvi modellt („Birdbrain”) alkalmaz, amely a felhasználói válaszok alapján becsüli meg a tanuló aktuális nyelvtudását, és ehhez igazítja a feladatok nehézségi szintjét.

A tanuló jó teljesítménye esetén a rendszer bonyolultabb feladatokat kínál, míg hibázás esetén visszatér az egyszerűbb tartalmakhoz, illetve ismétli az előzőleg tanult szavakat és kifejezéseket [28]. Empirikus vizsgálatok szerint a Duolingo hatékonyan támogatja a nyelvtanulás bizonyos aspektusait. Jiang és munkatársai olyan tanulókat vizsgáltak, akiknek nem volt előzetes angol nyelvtudásuk, és azt találták, hogy a kurzus elvégzését követően a résztvevők közepesen magas olvasási és középszintű hallásértési eredményeket értek el. Egy másik vizsgálatban a spanyol és francia nyelv kezdő szakaszát befejező tanulók az olvasási készség terén közepesen alacsony, hallásértésben pedig magas kezdő szintet értek el [29]. Ajisoko eredményei arra utalnak, hogy a Duolingo használata pozitívan hat a szókincsfejlődésre, a tanulói motivációra és az unalom csökkentésére [30]. Ahmed esettanulmánya ugyanakkor rámutat bizonyos korlátokra is, például arra, hogy a képi támasz nélküli szókincsfejlesztés esetén a tanulók nem minden esetben értik meg az új szavak jelentését [31]. Az alkalmazást saját vizsgálatunk során is teszteltük, amelynek során bizonyos korlátokra hívtuk fel a figyelmet. A Duolingo eltérő nyelvi kínálatot biztosít attól függően, hogy a felhasználó milyen alapnyelvű felületről indul. Ez azt jelenti, hogy a magyarul vagy szlovákul beszélő, és más idegen nyelvet tanulni kívánó felhasználók számára lényegesen szűkebb a választható cél-nyelvek köre, mint azok esetében, akik már rendelkeznek angol nyelvtudással, és angol felületről választanak új nyelvet. Továbbá a magyar nyelvű kurzus tesztelésekor a mondatalkotási feladatoknál több esetben tapasztaltunk magyartalan, különösen a kérdő mondatok esetében nyelvileg természetellenes megfogalmazásokat. Ezek a tényezők arra utalnak, hogy bár a Duolingo adaptív és motiváló keretet kínál a nyelvtanuláshoz, egyes nyelvi mutációk esetében még további fejlesztésre szorul a tartalmi minőség és a lokalizáció pontossága.

Babbel: Célja, hogy gyors és gyakorlatorientált nyelvtanulási élményt kínáljon a felhasználók számára. A „Babbel Speak” nevű beszélgetési funkció egy virtuális beszélőpartnerként működik, és párbeszédhelyzetekben gyakoroltatja a tanulót. A platform fejlett beszédfelismerő algoritmusokat használ a kiejtés értékelésére, továbbá a tanulói teljesítmény folyamatos elemzése alapján javasol személyre szabott tartalmakat. Nushi részletes elemzése szerint a Babbel a fizetős nyelvoktató alkalmazások között közepesen pozícionálható: kevésbé elterjedt, mint a Duolingo. A kutatás szerint a Babbel gamifikált elemeket használ a tanulói élmény javítására, ugyanakkor pedagógiai megközelítése, a közvetlen fordításokra építő módszer megosztó, mivel egyes tanulók számára rendkívül hatékony és könnyen követhető, míg mások számára túlságosan deduktív, kevésbé

kommunikatív jellegűnek tűnhet [32]. Kessler 59 fős, vegyes módszertanú összehasonlító tanulmánya szerint mindkét alkalmazást használó tanulók számottevő előrehaladást értek el a vizsgált nyelvi készségekben (olvasás, írás, beszéd, hallásértés, szókincs, nyelvtan), ugyanakkor nem mutatkozott szignifikáns különbség a két csoport eredményei között. A Babbel esetében azonban erősebb korrelációt találtak a tanulásra fordított idő és a posztteszt teljesítménye között, ami arra utal, hogy a rendszer hatékonysága különösen azoknál a tanulóknál magas, akik hosszabb ideig, kitartóan használják az alkalmazást. A vizsgálat továbbá azt is kimutatta, hogy a Babbel felhasználói hatékonyabbnak ítélték az alkalmazást a nyelvtan, a kiejtés és a célkultúrára vonatkozó ismeretek elsajátításában, mint a Duolingo felhasználói [33].

3.3 Több tantárgyat lefedő adaptív tanulási platformok

Century Tech: Egy olyan adaptív tanulási platform, amely mesterséges intelligenciát, tanulástudományi és idegtudományi eredményeket integrálva támogatja a tanulók személyre szabott fejlődését. A rendszer klaszterezési eljárásokat alkalmaz a különböző tanulócsoportok azonosítására, valamint természetesnyelv-feldolgozást használ a prediktív modellezés finomítására [34]. A platform folyamatosan gyűjti és elemzi a tanulói teljesítményadatokat (válaszok, megoldási idő, hibázási minták), és ezek alapján személyre szabott tanulási útvonalakat és további feladatjavaslatokat kínál. A tanári beszámolók szerint a rendszer segíti az egyéni támogatásra szoruló tanulók azonosítását, valamint a differenciált feladatkijelölést [35]. A platform különösen azoknál a tanulóknál bizonyul hasznosnak, akik gyengébben teljesítenek bizonyos tantárgyakban, mivel lehetőséget biztosít saját tanulási tempójuk és stílusuk követésére. Jelen alfejezetbe való besorolása annak eredménye, hogy a Century Tech a matematika és nyelvtanulás személyre szabott oktatásán kívül más természettudomány tantárgyak, továbbá földrajz és testnevelés oktatását is támogatja.

Coursera: Egy Massive Open Online Courses platform, melyet elsősorban egyetemi szintű oktatásban alkalmaznak [36]. A felület mesterséges intelligenciát alkalmaz annak érdekében, hogy a tanulási folyamatot személyre szabottabbá tegye, és hatékonyabb tanulási útvonalakat alakítson ki. A rendszer algoritmusai értékelik a tanulók feladatmegoldásait, teszteredményeit, aktivitási mintázatait és érdeklődési területeit, majd ezek alapján személyre szabott ajánlásokat adnak a további kurzusok vagy modulok kiválasztásához. Hasonlóan a Century Tech-hez, ez a platform is több tudományterületet lefed, mint az orvostudományokat, a természettudományokat – beleértve az informatikát, a

társadalomtudományokat, valamint a művészeteket, bölcsészettudományokat és a közgazdaságtant. A platform használói elégedettségét vizsgáló kutatások azonban vegyes képet mutatnak. Nguyen kvantitatív és kvalitatív eredményei alapján a hallgatók általános elégedettségének esetleges negatív visszhangja főként az oktatókkal való korlátozott interakcióra vetíthető vissza [37]. Ezzel szemben a vietnámi felsőoktatásban végzett vizsgálat [38] pozitívabb eredményeket mutatott. A kutatás szerint a Coursera kurzusok tartalmi minősége és a platform munkatársainak online válaszkészsége jelentős hatással volt a hallgatók elégedettségére. A szerzők megjegyzik, hogy a megfelelő tutorálással, támogatással és lokalizált tartalommal a Coursera hatékonyan járulhat hozzá a tanulási eredmények javításához. Ez egy fontos észrevétel a tanárok jövőbeli szerepe szempontjából.

A felsorolt alkalmazások a fentiekben említett szűrés eredményeként kerültek kiválasztásra. Ezen túlmutatva további oktatásban alkalmazható MI alkalmazásokat is megvizsgáltunk egy korábbi tanulmányunkban [39].

4 Következtetések

A tanulmány áttekintette a személyre szabott tanulást támogató mesterségesintelligencia-alapú alkalmazások legfontosabb típusait és azok gyakorlati eredményeit. A vizsgált rendszerek igazolták, hogy az adaptív tanulási útvonalak, a valós idejű diagnosztika és a személyre szabott visszajelzések jelentős mértékben hozzájárulhatnak a tanulók teljesítményének javításához, a tanulási tempóhoz való alkalmazkodáshoz és a motiváció növeléséhez. Az MI platformok képesek feltárni a tanulók tudásbeli hiányosságait, támogatják a fejlődésüket, és olyan egyéni tanulási útvonalat biztosítanak, melyek a hagyományos oktatási környezetben nehezen lennének megvalósíthatóak.

Ugyanakkor a kutatások számos korlátot és lehetséges aggályt is fejtegetnek. Például a lokalizáció minősége, az egyes nyelvi vagy tantárgyi mutációk közötti eltérések, illetve a túlzott automatizáció és ezzel egyidőben a megfelelő oktatói támogatás hiányának kockázata mind olyan tényezők, amelyek befolyásolhatják az alkalmazások hatékonyságát. Több tanulmány is kiemelte a digitális platformok és a formális oktatás egyensúlyának fontosságát. A megfelelő arányok kiemelkedő eredményeket érhetnek el, de a balansz megtartása az, ami az igazi kihívást jelenti. A személyre szabott MI-rendszerekben ezáltal hatalmas a potenciál és bizonyított pozitív hatásuk van a tanulási folyamatot tekintve, de a túlzott digitális taneszközökkel

szemben felmerülő aggályok arra engednek következtetni, hogy nem helyettesíthetik, hanem kiegészítik a tanár munkáját.

A jövő oktatásában a pedagógus szerepe ennek megfelelően átalakul. A tanár egyre inkább a tanulási folyamat irányítója lesz. A tanár feladata, hogy a technológiai eszközök által generált adatokat és diagnosztikai eredményeket értelmezze, ezek alapján célzott beavatkozásokat tervezzen, valamint támogassa a tanulók önszabályozását. A mesterséges intelligencia nem váltja ki a pedagógust, hanem olyan eszközként működik, amely új lehetőségeket nyit a differenciálás, a személyre szabott fejlesztés és a tanulói útvonalak pontosabb követése előtt. E kettős szerep révén az oktatás egy rugalmasabb, hatékonyabb és inkluzívabb rendszer irányába mozdul el, amelyben a technológia és a pedagógiai szakértelem egymást kiegészítve teremti meg a tanulás új formáit.

This work has been supported by the national project KEGA 014TTU-4/2024 "Intelligent Animation-Simulation Models, Tools, and Environments for Deep Learning."

References

1. PANIGRAHI A., – JOSHI V. Use of Artificial Intelligence in Education. In *SRRN Electronic Journal*, Vol. 55, N°5, 2020, pp. 64-67.
2. PEDRÓ F. – SUBOSA M. – RIVAS A. – VALVERDE, P. Artificial intelligence in education: challenges and opportunities for sustainable development. UNESCO, 2019. p. 1-47 [on-line] <https://www.gcedclearinghouse.org/sites/default/files/resources/190175eng.pdf>
3. LILJA M. *Automatic Essay Scoring of Swedish Essays using Neural Networks*. Uppsala University, 2018. 37 p.
4. CÓNDOR-HERRERA O. – ARIAS-FLORES, H. – JADÁN-GUERRERO, J. – RAMOS-GALARZA, C. *Artificial Intelligence and Tomorrow's Education*. In: Ahram, T.Z., Karwowski, W., Kalra, J. (eds) *Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering. Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 271. Springer, 2021. 184-189 p. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80624-8_23
5. PHAM S. T. H., – SAMPSON P. M. The development of artificial intelligence in education: A review in context. In *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 38, N° 5, 2022. pp. 1408-1421. <https://doi.org/10.1111/jcal.12687>
6. YUSKOVYCH-ZHUKOVSKA V., – POPLAVSKA T., – DIACHENKO O. – MISHENINA T., – TOPOLNYK Y., – GUREVYCH R. Application of Artificial Intelligence in Education. Problems and Opportunities for Sustainable Development. In *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 13(1Sup1), 2022. pp. 339-356. <https://doi.org/10.18662/brain/13.1Sup1/322>
7. SULLIVAN A., – BERS M. U. Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second

- grade. In *Int. J. Technol. Des. Educ.* Vol. 26, N° 1, 2016. pp. 3-20.
<https://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
8. LOOS R. CoWriter: Children Using Robots to Learn Writing. *Robotics Today*, 2015. [on-line] <https://www.roboticstoday.com/news/cowriter-children-using-robots-to-learn-writing-3113>
 9. TIMMS J. M. Letting Artificial Intelligence in Education Out of the Box: Educational Cobots and Smart Classrooms. In *International Artificial Intelligence in Education Society*, Vol. 26, 2016. pp. 701-712 <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0095-y>
 10. ZMYZGOVA T.R., – POLYAKOVA E.N., – KARPOV E.K. Digital Transformation of Education and Artificial Intelligence. In *2nd International Scientific and Practical Conference “Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth”*, 2020. pp. 824–829. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200502.134>
 11. LI M., – SU Y. Evaluation of Online Teaching Quality of Basic Education Based on Artificial Intelligence. In *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, Vol. 15, N° 16, 2020. pp. 147–161. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i16.15937>
 12. BLAIR K. P. Learning in critter corral: Evaluating three kinds of feedback in a preschool math app. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children*, 2013, pp. 372–375.
 13. ANNUŠ N., – KMEŤ T. Learn with M.E.—Let Us Boost Personalized Learning in K-12 Math Education! In *Education Sciences*, Vol. 14, N° 7:773, 2024. <https://doi.org/10.3390/educsci14070773>
 14. HSIN C. T., – WU H. K. Using scaffolding strategies to promote young children's scientific understandings of floating and sinking. In *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 20, N° 5, 2011, pp. 656–666.
 15. KUCIRKOVA, N. *Personalized learning with digital technologies at home and school: where is children's agency?* In Oakley, G. (ed) *Mobile Technologies in Children's Language and Literacy: Innovative Pedagogy in Preschool and Primary Education*. Emerald Publishing, 2018.
 16. SCHENKE K., – REDMAN E. J., – CHUNG G. K., – CHANG S. M., – FENG T., – PARKS C. B., – ROBERTS J. D. Does “measure up!” measure up? Evaluation of an iPad app to teach preschoolers measurement concepts. In *Computers & Education*, Vol. 146, 2020.
 17. OUTHWAITE L., – EARLY E., – HERODOTOU C., – VAN HERWEGEN J. Understanding how educational maths apps can enhance learning: A content analysis and qualitative comparative analysis. In *British Journal of Educational Technology*, Vol. 54, N° 5, 2023. <https://doi.org/10.1111/bjet.13339>
 18. COSYN E., – UZUN H., – DOBLE C., – MATAYOSHI, J. A practical perspective on knowledge space theory: ALEKS and its data. In *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 101, 2021.

19. CRAIG S. D., – HU X., – GRAESSER A. C. – BARGAGLIOTTI A. E., – STERBINSKY A., – CHENEY K. R., – OKWUMABUA T. The impact of a Technology-based Mathematics After-school Program using ALEKS on Student's Knowledge and Behaviors. In *Computers & Education*. Vol. 68, 2013, pp. 495–504.
20. YILMAZ B. *Effects of Adaptive Learning Technologies on Math Achievement: A Quantitative Study of ALEKS Math Software*. Education (UMKC), M.Ed., University of Central Oklahoma, Kansas City, Missouri, 2017.
21. RITTER S. The research behind the Carnegie Learning math series. Pittsburgh, PA: Carnegie Learning, 2011. [on-line] https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=MvujfMMAAAAJ&citation_for_view=MvujfMMAAAAJ:u-x6o8ySG0sC
22. PANE J., – GRIFFIN B. A., – MCCAFFREY D. F., – KARAM R. Effectiveness of Cognitive Tutor Algebra I at scale. In *Educ. Eval. Policy. An.*, Vol. 36, 2014, pp. 127–144.
23. RITTER S., – CARLSON R., – SANDBOTHE M., – FANCSALI E. S. Carnegie Learning's Adaptive Learning Products. In *Proceedings of the 8th International Conference on Educational Data Mining*. 2015, pp. 633–634.
24. RITTER S., – FANCSALI E. S. MATHia X: The Next Generation Cognitive Tutor. In *Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining*, 2016, pp. 624–625.
25. LIU Y., – CHEN L., – YAO Z. The application of artificial intelligence assistant to deep learning in teachers' teaching and students' learning processes. In *Front. Psychol*, 13:929175, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.929175>
26. MARIENKO M., NOSENKO Y., SUKHIKH A., TATAUROV V., SHYSHKINA M. Personalization of learning through adaptive technologies in the context of sustainable development of teachers' education. In *E3S Web of Conferences*, 166, 10015, 2020. <https://doi.org/doi:10.1051/e3sconf/202016610015>
27. JONES A. – BOMASH I. Validating Mastery Learning: Assessing the Impact of Adaptive Learning Objective Mastery in Knewton Alta. In: Penstein Rosé, C., et al. (eds) *Artificial Intelligence in Education. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 10948. Springer, Cham, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93846-2_81
28. FREEMAN C. – KITTREDGE A. – WILSON H. – PAJAK B. The Duolingo Method for App-based Teaching and Learning. 2023. [on-line] <https://duolingo-papers.s3.amazonaws.com/reports/duolingo-method-whitepaper.pdf>
29. JIANG X. – ROLLINSON J. – PLONSKY L. – GUSTAFSON E. – PAJAK B. Evaluating the Reading and Listening Outcomes of Beginning-level Duolingo Courses. In *Foreign Language Annals*, Vol. 54, 2022. <https://doi.org/10.1111/flan.12600>
30. AJISOKO P. The Use of Duolingo Apps to Improve English Vocabulary Learning. In *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, Vol. 15, N° 7, 2020 pp. 149–155. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i07.13229>

31. AHMED H. B. E. Duolingo as a Bilingual Learning App: A Case Study. *Arab World English Journal*, Vol. 7, N° 2, 2016, pp. 255–267. <https://dx.doi.org/10.24093/awej/vol7no2.17>
32. NUSHI M. – EQBALI M. H. Babel: A Mobile Language Learning App. In *ESL Reporter*, Vol. 51, N° 1, 2018, pp. 109–121.
33. KESSLER M. – LOEWEN S. – GÖNÜLAL T. Mobile-assisted Language Learning with Babel and Duolingo: Comparing L2 Learning Gains and User Experience. In *Computer Assisted Language Learning*. Vol. 38, N° 4, 2023, pp. 690–714. <https://doi.org/10.1080/09588221.2023.2215294>
34. MA M. How does CENTURY's AI work? 2019. [on-line] <https://www.century.tech/news/how-does-centurys-ai-work/>
35. FINNEGAN A. About Century Tech. Charlton School, 2024. [on-line] <https://www.charlton.uk.com/media/38412/centurytech.pdf>
36. LIMONGELLI C. – LOMBARDI M. – MARANI A. Towards the Recommendation of Resources in Coursera. In *Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS-2016)*, 2016.
37. NGUYEN L. Q. Learners' Satisfaction of Courses on Coursera as a Massive Open Online Course Platform: A Case Study. In *Frontiers in Education*, Vol. 7:1086170, 2022. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1086170>
38. HO N. T. T. – PHAM H. H. – SIVAPALAN S. – DINH V. H. The Adoption of Blended Learning Using Coursera MOOCs: A Case Study in a Vietnamese Higher Education Institution. In *Australasian Journal of Educational Technology*, Vol. 38, N° 6, 2022, pp. 121–138. <https://doi.org/10.14742/ajet.7671>
39. ANNUŠ N. Educational Software and Artificial Intelligence: Students' Experiences and Innovative Solutions. In *Information Technologies and Learning Tools*. Vol. 101, N°3, 2024, pp. 200–226. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v101i3.5479>

Contact address

Mgr. Norbert ANNUŠ, PhD. – prof. RNDr. Tibor KMEŤ, CSc.

J. Selye University, Faculty of Economics and Informatics, Department of Informatics

Bratislavská cesta 3322, 945 01 Komárno

e-mail: annusn@ujs.sk, e-mail: kmett@ujs.sk

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA AZ ALKALMAZÁSFEJLESZTÉSBEN

Krisztina CZAKÓOVÁ, SK

Absztrakt: A mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásfejlesztésben betöltött szerepe az elmúlt években jelentősen megnőtt, különösen az oktatási rendszerek digitális átalakulásának köszönhetően. Az MI-alapú technológiák lehetővé teszik olyan alkalmazások létrehozását, amelyek hatékonyan támogatják a tanárok és tanulók mindennapi munkáját, rugalmasan illeszthetők különböző oktatási környezetekbe. A fejlett nyelvi modellek képesek feldolgozni a feltöltött tananyagokat, és ezek alapján automatikusan vizsgakérdéseket, kvizeket vagy gyakorló feladatokat generálni. Ezen rendszerek fejlesztése során a természetesnyelv-feldolgozás kulcsszerepet játszik a tartalmak elemzésében és az értelmezhető feladatsorok előállításában. A tanulás hatékonysága így jelentősen növelhető, miközben az oktatók terhelése csökken. A fejlesztési folyamat során kiemelt szerepe van a megfelelő adatszerkezet kialakításának és a modellek finomhangolásának. A tanulmány egy digitális tananyagmegosztó alkalmazás fejlesztését mutatja be, a tananyag-alapú tesztgenerálásra fókuszálva. Ennek eredményeként a mesterséges intelligencia nem csupán technológiai újítás, hanem stratégiai eszköz az oktatás jövőjének formálásában, valamint kulcsfontosságú lépést jelent a személyre szabott oktatás felé vezető úton.

Kulcsszavak: few mesterséges intelligencia, alkalmazásfejlesztés, szakdolgozatok, programozás, szoftvertervezés.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN APPLICATION DEVELOPMENT

Abstract: The role of artificial intelligence (AI) in application development has increased significantly in recent years, especially due to the digital transformation of educational systems. AI-based technologies enable the creation of applications that effectively support the daily work of teachers and learners, while being flexibly adaptable to various educational environments. Advanced language models can process uploaded learning materials and automatically generate exam questions, quizzes, or practice tasks based on them. During the development of such systems, natural

language processing plays a key role in analysing content and producing interpretable task sets. As a result, learning efficiency can be greatly improved while reducing the workload of educators. In the development process, particular emphasis is placed on designing appropriate data structures and fine-tuning the models. This study presents the development of a digital learning-material-sharing application, focusing on learning-material-based test generation. Consequently, artificial intelligence is not only a technological innovation but also a strategic tool in shaping the future of education, representing a key step toward personalized learning.

Keywords: artificial intelligence, application development, thesis works, programming, software design.

1 Introduction

A mesterséges intelligenciát napjainkban már számos módon alkalmazzák az oktatásban, különösen az e-learning területén. Az MI-technológiák integrálása a modern e-learning eszközökbe kiemelkedő jelentőségű. Az MI óriási potenciálja a testreszabhatóságának növelésében és a személyre szabott tanulási élmények biztosításában rejlik. A tanulmány célja, hogy megosszuk a gyakorlati tapasztalatunkat arról, hogyan képes a mesterséges intelligencia (MI) forradalmasítani és támogatni a digitális tanulást, személyre szabott tanulási környezet tervezése és megvalósítása, valamint a mesterséges intelligencia technológiák integrálása segítségével, az időgazdálkodás hatékonyságát szem előtt tartva.

Az MI-alapú eszközök használata úgy a dinamikus kurzusok kialakítása, mint a tanulók/diákok motivációjának fenntartása érdekében hasznos lehet. Jó példa erre az MI-alapú kérdőívek alkalmazása a személyre szabott tanulás megvalósításához egy e-learning programban.

1.1 E-tanulás - MI támogatással

Első lépésben fontos megoldani a mesterséges intelligencia oktatásban történő bevezetésével járó technikai és módszertani kihívásokat. Az egyénre szabott tanulást támogató programok és infrastruktúrák fejlesztése jelentős technikai erőforrásokat igényel. Emellett szükség van olyan hatékony módszerek kidolgozására is, amelyek lehetővé teszik ezen rendszerek sikerességének és eredményeinek értékelését [5].

A tanulmány a mesterséges intelligencia szerepére összpontosít a tanulás individualizálásában és a személyre szabott oktatási programok fejlesztésében. Fő nézőpontunk annak bemutatása, hogy az MI-technológiák – különösen az adatelemzés – miként alkalmazhatók egyénre szabott tanulási formák kialakítására [4].

2 Alkalmazásfejlesztés kiemelt szempontjai

A szerző vezetése alatt írt diplomamunkában kifejlesztett alkalmazás alapvető funkciói között szerepel, hogy előre elkészített tananyagokat és feladatokat biztosítson a diákok számára, miközben lehetőséget ad a tanároknak saját tananyagok feltöltésére. A projekt legnagyobb kihívása a mesterséges intelligencia (MI) integrációjában rejlik, amely támogatja az oktatási folyamatot. Az MI segítségével automatikusan generálhatók tesztkérdések. Az alkalmazás fejlesztése során kiemelt szempont volt a könnyen használható és áttekinthető felhasználói felület, amely megkönnyíti úgy a diákok, mind a tanárok számára az alkalmazás használatát [3].

A következő fejezetben a felhasznált technológiákat és programozási nyelveket részletezzük és bemutatjuk az alkalmazás fejlesztésének lépéseit.

2.1 Felhasznált technológiák és nyelvek

Az alkalmazás fejlesztése során alkalmazott technológiák kiválasztását a funkcionalitás, a hatékonyság, a skálázhatóság és a hosszú távú fenntarthatóság szempontjai határozták meg. Az előzetes elemzések alapján olyan eszközökre és keretrendszerre volt szükség, amelyek támogatják a modern, platformfüggetlen alkalmazásfejlesztést, miközben biztosítják a gyors fejlesztési ciklusokat és a stabil működést. A technológiai stack kialakítása során kiemelt figyelmet kapott a nyílt forráskódú megoldások alkalmazása, a széles körű közösségi támogatás, valamint a már meglévő fejlesztői tapasztalatok hatékony kihasználása.

A fejlesztési környezet alapját a Linux operációs rendszer, azon belül az Ubuntu Budgie disztribúció képezi. A Linux nyílt forráskódú jellege teljes kontrollt és magas szintű testreszabhatóságot biztosít a fejlesztési folyamat során. A terminálapú munkavégzés gyors és hatékony megoldást kínál számos fejlesztési feladat elvégzésére, miközben lehetővé teszi a rendszer erőforrásainak közvetlen elérését.

A kódoláshoz Visual Studio (VS) Code került kiválasztásra, amely egy könnyű, mégis rendkívül sokoldalú forráskódszerkesztő. A bővítmények széles választéka lehetővé teszi a fejlesztési környezet személyre szabását, míg az olyan beépített funkciók, mint a szintaxiskiemelés, hibadetektálás, automatikus kódkiegészítés, integrált terminál és Git-támogatás jelentősen növelik a fejlesztés hatékonyságát. A VS Code nyílt forráskódú jellege és aktív közössége biztosítja az eszköz folyamatos fejlődését és megbízható használhatóságát.

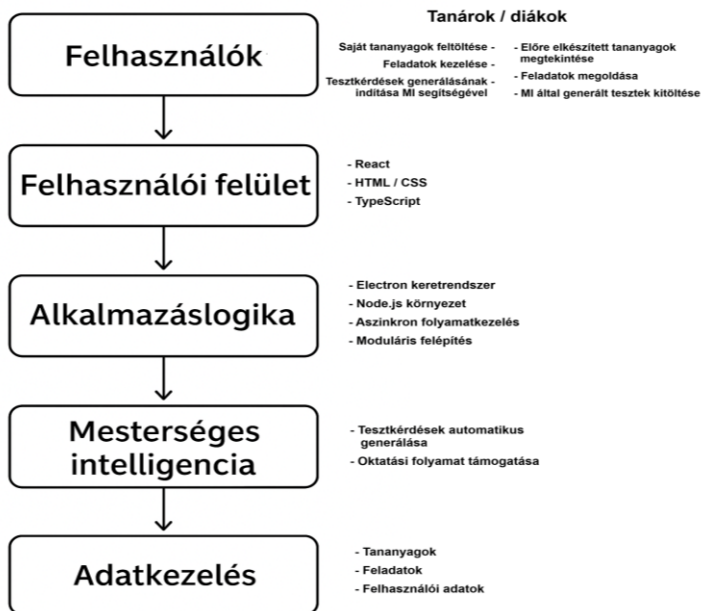
Az alkalmazás asztali környezetben futó, platformfüggetlen megoldásként valósult meg az Electron keretrendszer segítségével. Az Electron lehetővé

teszi, hogy egyetlen kódázisból Windows, macOS és Linux rendszereken egyaránt futtatható alkalmazás készüljön, ami jelentős idő- és erőforrás-megtakarítást eredményez. A keretrendszer webes technológiákra épül, így HTML, CSS, JavaScript és TypeScript használatával történik a fejlesztés, ami megkönnyíti az átállást a webes fejlesztésről az asztali alkalmazások készítésére. Az Electron szorosan integrálódik a Node.js környezetbe, amely lehetővé teszi a rendszer szintű erőforrások elérését, valamint komplex háttérfolyamatok kezelését. A Node.js aszinkron, nem blokkoló működési modellje biztosítja az alkalmazás gyors és hatékony futását, különösen valós idejű műveletek és párhuzamos folyamatok esetén. A mikroszolgáltatásokra épülő szemlélet támogatja a modularitást, ami megkönnyíti az alkalmazás bővítését és karbantartását.

A felhasználói felület fejlesztéséhez a React JavaScript könyvtár került alkalmazásra. A React komponensalapú felépítése lehetővé teszi az alkalmazás logikus, újrahasznosítható egységekre bontását, ami átláthatóbbá teszi a kódszerkezetet és megkönnyíti az új funkciók bevezetését. A virtuális DOM használata révén a React hatékonyan kezeli a felület frissítését, ami gyors és reszponzív felhasználói élményt biztosít még nagyobb adatforgalom esetén is.

A fejlesztés során TypeScript használata történt, amely statikus típusrendszerével növeli a kód biztonságát és megbízhatóságát. A típusellenőrzés segít a hibák korai felismerésében, ezáltal csökkenti a futásidejű problémák kockázatát. Az interfészek és osztályok alkalmazása strukturáltabb kódot eredményez, ami hosszú távon megkönnyíti az alkalmazás karbantartását és továbbfejlesztését. A TypeScript kiválóan integrálódik a Visual Studio Code fejlesztői környezetbe, intelligens kódkiegészítéssel és valós idejű hibajelzésekkel támogatva a fejlesztést. [3]

Az alkalmazás technológiai specifikációja egy modern, skálázható és platformfüggetlen megoldást ír le, amely nyílt forráskódú eszközökre és széles körben elterjedt technológiákra épül. A Linux alapú fejlesztési környezet, az Electron–Node.js architektúra, valamint a React és TypeScript együttes alkalmazása biztosítja a stabil működést, a hatékony fejlesztést és a jövőbeni bővíthetőséget.



Ábra 1: Alkalmazás architektúrája (réteges felépítés)

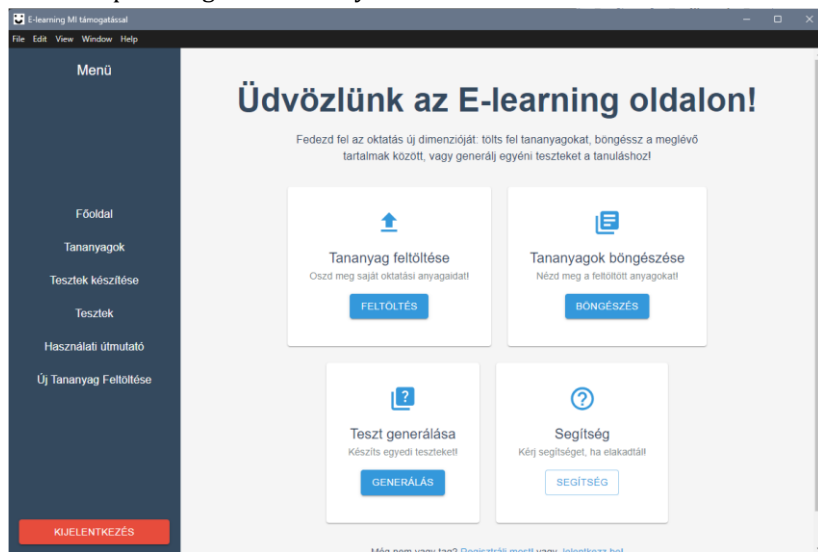
3 Saját e-learning alkalmazás fejlesztése mesterséges intelligencia támogatással

Ebben a fejezetben, háttérbe szorítva a frontend/UI és adminisztratív részleteket, a mesterséges intelligencia (MI) szerepére és működésére fókuszálva mutatjuk be az alkalmazásfejlesztés fontosabb lépéseit.

A fejlesztett e-learning alkalmazás egyik legfontosabb innovatív eleme a mesterséges intelligencia integrációja, amely a tanulási folyamat személyre szabását és hatékonyságának növelését célozza. Az MI-alapú megoldás elsősorban az automatikus tesztgenerálás funkcióján keresztül támogatja mind a diákok önellenőrzését, mind pedig a tanárok munkáját, mivel lehetővé teszi tananyagspecifikus, igényre szabott kérdéssorok gyors előállítását.

Az alkalmazás architektúrája (Ábra 1) úgy került kialakításra, hogy a mesterséges intelligencia szervesen illeszkedjen a rendszer meglévő komponenseihez. A tananyagok feltöltése, feldolgozása és tárolása biztosítja azt az adatlapot, amelyre az MI működése épül. A tanárok által feltöltött DOCX formátumú tananyagok a backend oldalon kerülnek feldolgozásra,

ahol a rendszer kinyeri azok szöveges tartalmát, majd strukturált formában eltárolja az adatbázisban. Ez az előfeldolgozott szöveg szolgál bemenetként az MI-alapú tesztgenerálási folyamat számára.



Ábra 2: Tanári felület bejelentkezés után [3]

3.1 A mesterséges intelligencia szerepe az alkalmazásban

A mesterséges intelligencia elsődleges célja az alkalmazásban az, hogy automatizálja a tudásellenőrzési folyamatot. A hagyományos, manuálisan összeállított tesztek készítése időigényes feladat a pedagógusok számára, míg a tanulók gyakran csak korlátozott számú gyakorlófeladathoz férnek hozzá. Az MI-alapú tesztgenerálás ezt a problémát hidalja át azzal, hogy a meglévő tananyagok alapján képes új, releváns kérdéseket létrehozni [6][9].

A rendszer működése során az MI nem önálló entitásként, hanem szolgáltatásként jelenik meg. A frontend felhasználói felületén a felhasználó kiválasztja a kívánt tantárgyat, majd egy konkrét tananyagot, amelyből tesztkérdéseket szeretne generálni. Ezt követően megadható a kérdések száma, amely jelen implementációban előre definiált értékek közül választható. Ezek az adatok együtt alkotják azt a kontextust, amely alapján az MI-modell képes releváns kérdéssorokat előállítani (Ábra 3).

Ábra 3: Tesztgenerálás - opciók kiválasztása [3]

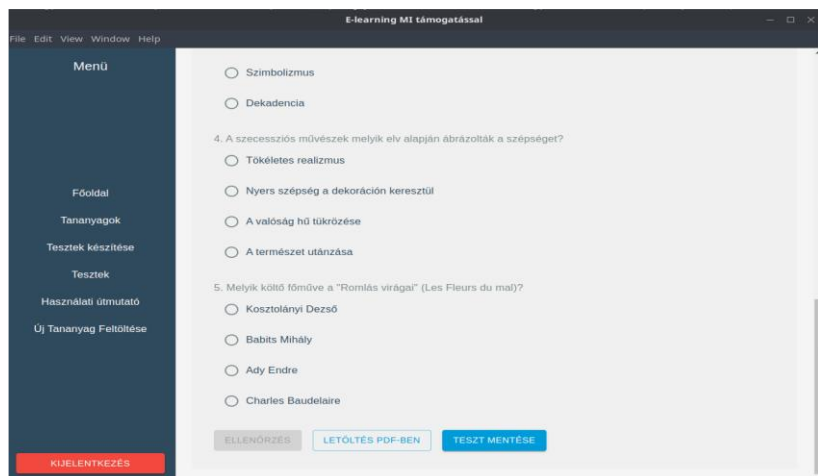
A tesztgenerálási folyamat több egymásra épülő lépésből áll. Első lépésként a rendszer ellenőrzi, hogy a kiválasztott tananyag rendelkezik-e kinyert szöveges tartalommal. Ez kulcsfontosságú, mivel az MI-modell kizárólag a strukturált, szöveges tananyag alapján képes kérdéseket generálni. Amennyiben a tananyag nem tartalmaz ilyen adatot, a rendszer erről visszajelzést ad a felhasználónak, és megszakítja a folyamatot [6].

Sikeres ellenőrzés után a rendszer egy úgynevezett promptot állít össze, amely tartalmazza a tananyag címét, valamint a hozzá tartozó kinyert szöveget. Ez a prompt szolgál bemenetként az MI szolgáltatás számára. Az alkalmazás egy külső, szövegfeldolgozásra és generálásra specializált MI API-t használ, amely természetes nyelvi feldolgozási (NLP) technikák segítségével értelmezi a kapott szöveget, majd abból releváns, a tananyag tartalmához illeszkedő tesztkérdéseket generál.

Az MI által visszaküldött válasz nyers szöveges formában érkezik meg a rendszerbe. Ezt követően egy feldolgozó logika segítségével a rendszer strukturálja az adatokat: elkülöníti a kérdéseket, a válaszlehetőségeket, valamint a helyes válaszokat. Az így előállított struktúra már közvetlenül megjeleníthető a felhasználói felületen (Ábra 4), és alkalmas arra, hogy a diákok interaktív módon kitöltsék a tesztet, illetve a tanár letölthesse pdf-ben vagy kinyomtathassa akár papír formában.

A mesterséges intelligencia által generált teszt nem csupán kérdések megjelenítésére szolgál, hanem a tanulási folyamat aktív támogatására is. A felhasználók minden kérdéshez egy válaszlehetőségek közül választhatnak, a rendszer pedig a kitöltést követően automatikusan kiértékeli az

eredményt. A helyes és helytelen válaszok vizuálisan elkülönülnek, így a tanuló azonnali visszajelzést kap a teljesítményéről.



Ábra 4: Teszt ellenőrzése, letöltése és mentése (tanári bejelentkezés) [3]

Ez az azonnali visszacsatolás kiemelt pedagógiai jelentőséggel bír, mivel segíti az önellenőrzést és a hiányosságok gyors felismerését. Az MI ebben az esetben közvetett módon támogatja a tanulást: nem csupán kérdéseket generál, hanem hozzájárul ahhoz, hogy a tanulók hatékonyabban dolgozhassák fel a tananyagot.

Az MI-alapú tesztgenerálás egyik további előnye, hogy az elkészült kérdéssorok menthetők és később újra felhasználhatók. A bejelentkezett felhasználók számára lehetőség van a generált tesztek eltárolására az adatbázisban. Ezáltal a tanulók később visszatérhetnek egy korábban kitöltött teszthez, újra megoldhatják azt, vagy összehasonlíthatják eredményeiket.

3.2 Eredmények és fejlesztői meglátások

Bár a jelenlegi implementáció még nem végez tanulói teljesítményelemzést, a tárolt teszteredmények alapot teremthetnek későbbi, fejlettebb MI-alapú funkciók számára, például adaptív tanulási útvonalak vagy teljesítményalapú ajánlórendszerek kialakításához.

Összességében elmondható, hogy a mesterséges intelligencia integrációja jelentős hozzáadott értéket képvisel az e-learning alkalmazásban. Az MI-alapú tesztgenerálás csökkenti a tanárok adminisztratív terheit, miközben a

diákok számára személyre szabott, rugalmas tanulási lehetőségeket biztosít, ezzel hozzájárul a tanulási élmény és az oktatás hatékonyságának növeléséhez.

4 Összegzés

A tanulmány egy mesterséges intelligenciával támogatott e-learning alkalmazás fejlesztését és működését mutatta be, különös tekintettel az MI-alapú tesztgenerálás megvalósítására és oktatási célú alkalmazására. A bemutatott rendszer célja egy olyan modern, platformfüggetlen oktatási eszköz létrehozása volt, amely hatékonyan támogatja mind a tanulók tudásellenőrzését, mind pedig a pedagógusok tananyagkészítési és értékelési folyamatait.

A fejlesztés során kiemelt szempontot jelentett az átlátható architektúra, a jól elkülöníthető komponensek alkalmazása, valamint a korszerű technológiai megoldások használata [8]. Az Electron, a React és a Node.js környezet együttes alkalmazása lehetővé tette egy stabil, jól skálázható, több operációs rendszeren is futtatható asztali alkalmazás kialakítását. A TypeScript statikus típuskezelése tovább növelte a kód megbízhatóságát és hosszú távú karbantarthatóságát.

A rendszer legfontosabb funkcionális eleme a mesterséges intelligencia integrációja, amely a tananyagokból automatikusan generált tesztkérdések formájában jelenik meg. A diákok számára ez rugalmasabb tanulási lehetőséget és azonnali visszajelzést biztosít, amely hozzájárul az önálló tanulás hatékonyságának növeléséhez.

Az MI sikeres integrációja kihívásokkal jár, többek között a technológiai felkészültség, az adatvédelem, valamint az oktatók digitális kompetencia fejlesztése terén. Az eredmények összességében azt sugallják, hogy az MI hatékony alkalmazása az e-learningben tudatos tervezést, megfelelő infrastruktúrát és pedagógiai szemléletváltást igényel. Megfelelő feltételek mellett azonban az MI jelentősen hozzájárulhat a tanulási eredmények javításához és a korszerű, tanulóközpontú digitális oktatási környezetek kialakításához.

5 Konklúzió

A bemutatott alkalmazás jól példázza, hogy a mesterséges intelligencia integrációja az oktatási rendszerekbe kézzelfogható előnyökkel járhat mind pedagógiai, mind technológiai szempontból. Az MI-alapú tesztgenerálás nem csupán automatizálja a tudásellenőrzési folyamatot, hanem új lehetőségeket is teremt a tanulási élmény személyre szabására és

fejlesztésére. Az MI-alapú megoldások – például személyre szabott tanulási utak, intelligens kérdőívek és támogató chat eszközök – nemcsak a tanulók támogatását segítik elő időtől és helytől függetlenül, hanem az oktatók számára is értékes eszközöket kínálnak a hatékonyabb tanulásszervezéshez. A rendszer jelenlegi implementációja elsősorban a kérdésgenerálásra és az azonnali kiértékelésre fókuszál, azonban az alkalmazás architektúrája megfelelő alapot biztosít további mesterséges intelligencián alapuló funkciók bevezetéséhez. Ilyen jövőbeni fejlesztési irány lehet például az adaptív tanulás támogatása, ahol a generált kérdések nehézségi szintje a tanuló korábbi teljesítményéhez igazodik [9], illetve a tanulói eredmények hosszabb távú elemzése és értékelése.

A mesterséges intelligencia kulcsszerepet játszik az e-learning jövőjének alakításában. Lehetővé teszi a tanulási folyamat személyre szabását, növeli a rugalmasságot, és hatékonyabban igazítja a tananyagot a tanulók egyéni igényeihez, képességeihez és tanulási stílusaihoz. Ennek eredményeként javulnak a tanulási eredmények és erősödik a tanulói motiváció.

Összességében kijelenthetjük, hogy a mesterséges intelligencia integrálása az e-learning programokba jelentős lehetőségeket rejt a digitális oktatás minőségének fejlesztésére [7], különösen a felnőttképzés területén, és alapot teremt a korszerű, inkluzív és fenntartható tanulási környezetek kialakításához.

A tanulmány a Szlovák Köztársaság Kulturális Támogatási Ügynöksége (KEGA) 014TTU-4/2024 számú projekt által került támogatásra. - This work has been supported by the Cultural Grant Agency of the Slovak republic KEGA under the Grant No. 014TTU-4/2024.

Irodalomjegyzék

1. MITJA, T. E-learning and the Use of AI: A Review of Current Practices and Future Directions. DOI: <https://doi.org/10.32388/AP0208.2> In. *Qeios*. CC-BY 4.0, Preprint v2 (Research Article), May 2023, p. 1-5, ISSN 2632-3834 [on-line] www.researchgate.net/publication/370851958_E-learning_and_the_Use_of_AI_A_Review_of_Current_Practices_and_Future_Directions.
2. ROHDE, N. – FLINDT, N. – RIETZ, Ch. A Case for AI to Increase Benefits and Solve Challenges of E-Learning Based on the Experiences of Pedagogical Experts. In. *Proceedings of the International Conference on Advanced Research in Education, Teaching, and Learning*. 1. DOI: 10.33422/aret.v1i1.209. Vol. 1, Issue. 1, 2024, pp. 115-126. ISSN: 3030-0606 [on-line] www.researchgate.net/publication/381464596_A_Case_for_AI_to_Increase_Benefits_and_Solve_Challenges_of_E-Learning_Based_on_the_Experiences_of_Pedagogical_Experts.

3. TÖRÖKOVÁ, B. *E-learning s podporou AI – E-tanulás MI támogatással*. (Diploma thesis). Thesis supervisor: PaedDr. Czakoová Krisztina, PhD. Komárno : J. Selye University, 2025, 74 p.
4. KUMAR BASAK, S. – WOTTO, M. – BÉLANGER, P. E-learning, M-learning and D-learning: Conceptual definition and comparative analysis. In. *E-Learning and Digital Media*. [on-line]
DOI: <https://doi.org/10.1177/2042753018785180>. Vol. 15, Issue 4, 2018, pp. 191-216. ISSN: 2042-7530.
5. CHEN, L. – CHEN, P. – LIN, Z. Artificial intelligence in education: a review. In. *IEEE Access*. [on-line] DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>. Vol. 8, 2020, pp. 75264-75278.
6. VÉGH, L. – TAKÁČ, O. – CZAKÓOVÁ, K. Tracking Students' Progress in Introductory C Programming Courses through Moodle Tests with Randomized Questions. In. *IJANSER : International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*. [on-line] DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14897881>. Vol. 9, Issue 2, 2025, pp. 261-271. ISSN: 2980-0811.
7. DANCSA, D. – ŠTEMPELOVÁ, I. – TAKÁČ, O. – ANNUŠ, N. Digital tools in education. In. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*. [on-line] DOI: [10.59287/ijanser.717](https://doi.org/10.59287/ijanser.717). 2023. Vol. 7, Issue 4, pp. 289-294. ISSN: 2980-0811.
8. VÉGH, L. Models of Data Structures in Educational Visualizations for Supporting Teaching and Learning Algorithms and Computer Programming. In. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*. [on-line] DOI: [10.59287/ijanser.916](https://doi.org/10.59287/ijanser.916). Vol. 7, Issue 5, 2023, pp. 147-154. ISSN: 2980-0811.
9. STOFFOVÁ, V. – GABALOVÁ, V. Creating knowledge tests and test questions using artificial intelligence. In. *INTED 2025 : Proceedings*. [on-line] DOI: [10.21125/inted.2025.1010](https://doi.org/10.21125/inted.2025.1010). 2025, pp. 3966-3971. ISBN: 978-84-09-70107-0. ISSN: 2340-1079.

Contact address

PaedDr. Krisztina Czakoová, PhD.
J. Selye University
Bratislavská cesta 3322, 954 01 Komárno
e-mail: czakoovak@ujs.sk

INNOVATIVE DESIGN OF DIGITAL INTERFACES FOR LEARNING SUPPORT

Csilla PRANTNER, HU

Abstract: Rapid technological development has led to significant changes not only in the economic, cultural and social areas, in the processes of human communication, but also in education. In recent years, human-machine interaction has undergone a significant transformation, which was marked by free access to generative artificial intelligence systems. Subsequently, there has been a rapid spread of applications with built-in artificial intelligence. This development is increasingly described as an indicator of the onset of the “fifth industrial revolution” (Prantner, 2025). Artificial intelligence is increasingly used in various areas of corporate management, research, production, development, which is a growing problem in the labour market, because fully automated artificial intelligence systems can replace a significant part of not only low-paid and less qualified jobs (Cu et. al., 2023; World, 2025), but also intellectual human work in important management positions. The diverse possibilities of artificial intelligence embedded in applied software can significantly transform the content and scope of work across various occupations and managerial roles (Amazon, 2024).

In the article, the author deals with current educational problems brought about by technological development and the advent of artificial intelligence and increasing prevalence of remote learning and work, such as: Development of competencies in education; Application of progressive educational methods; Hybrid educational environment; Design and development of digital educational platforms; Creation of didactic educational applications, Instructional Design, etc.

High-level contemporary technologies can effectively support diverse learning formats, such as group, cooperative, and project-based learning, thereby contributing to the development of 4C skills. For effective learning, a dedicated digital platform or framework is necessary that provides a stable foundation for the learning process and supports classes, whether in-person, online, or hybrid. It is important that the platform is available for learning and completing assignments outside of class and provides space for teacher–student and student–student communication.

Such academic-content digital learning platforms can support learning more effectively when UX/UI experts from the market sector are involved in their visual and functional design. The methodology of UX/UI design and research

has been established and has developed into a distinct field; however, it has not yet been integrated into the creation of educational websites (Braun, 2025). From a broader perspective, UX/UI design and research belong to the field of Human–Computer Interaction (HCI), within which user behaviour and usage patterns come into focus. However, cooperation between experts from these two domains in designing a platform could result in more experiential, usable, motivating, and attractive digital learning environments. In this context, Informatics is also an essential area, both because of the technological requirements of hybrid education and the development of the underlying digital framework.

Therefore, when creating Instructional Design suitable for hybrid learning (HxID), experts from the three fields mentioned above need to cooperate to develop effective learning support interfaces (Prantner, 2025).

Keywords: Instructional Design, UX/UI Design, Hybrid educational environment, Progressive educational method.

1 Introduction

The rapid technological developments of the early 21st century have led to substantial transformations not only at economic, cultural, and social levels, but also in human communication and learning processes. In recent years, human–machine interaction has undergone a notable transformation in its modalities and scope, marked by the public release of generative artificial intelligence systems, such as ChatGPT by OpenAI in November 2022, and the subsequent proliferation of AI-integrated applications. These developments are increasingly described as indicators of the emergence of the Fifth Industrial Revolution, characterized by the close cooperation between artificial intelligence–based cybernetic systems and humans as biological agents (Prantner, 2025).

Artificial intelligence is increasingly being used in diverse sectors of society, which is a growing concern in the labour market, as fully automated AI systems may displace a significant portion of lower-wage and lower-skilled jobs (Cu, 2023). The manifold capabilities of AI and the use of additional modules built into applied software will completely redraw the boundaries and content of jobs in the long term (Amason, 2024). Automation is a characteristic and driving force of labour market transformations; it replaces human labour in routine and repetitive work processes—be it physical or mental (Brynjolfsson–McAfee, 2014).

2 Competence development in education

The information society and technical innovation of the 21st century have not only reshaped the labour market but have also prompted a fundamental rethinking of the content, technical, and methodological requirements of education. Accordingly, expectations at different levels of education have changed significantly. In the sphere of higher education, this transformative pressure—the necessity and urgency for adaptation—is more pronounced than in primary or secondary education, as higher education serves as the immediate threshold for students entering the labour market.

It is essential to articulate the changes that current large-scale technological advancements are bringing to the economic, market, and corporate spheres. As a first step, it is necessary to outline the skills, abilities, and competences crucial for development in this new era. This ensures that graduates can distinguish themselves in a trans-formed labour market and succeed in future roles that do not yet exist today.

The *World Economic Forum's* 2025 publication, which identifies the top 10 most sought-after labour market skills and forecasts their importance through 2030, provides excellent guidance (Figure 1) (World, 2025).



Figure 1: a) Core skills in 2025; b) Top 10 fastest growing skills by 2030

According to this report, the top five priority skills for 2030 are: 1). *AI and big data*; 2) *Networking and cybersecurity*; 3) *Technological literacy*; 4) *Creative thinking*; 5) *Resilience, flexibility, and agility*.

The most critical question is how the education system can prepare students for the new professions emerging in a competitive market, and which basic

skills should be prioritized, most urgently in the field of higher education. In the well-known figure published by the *World Economic Forum* entitled *Students require 16 skills for the 21st century* (Figure 2), the competency domain includes the following four items: *Critical thinking/problem-solving, Creativity, Communication, and Collaboration* (World, 2016). These are commonly abbreviated as the 4C skills, which ensure flexibility in the face of changing circumstances and needs.

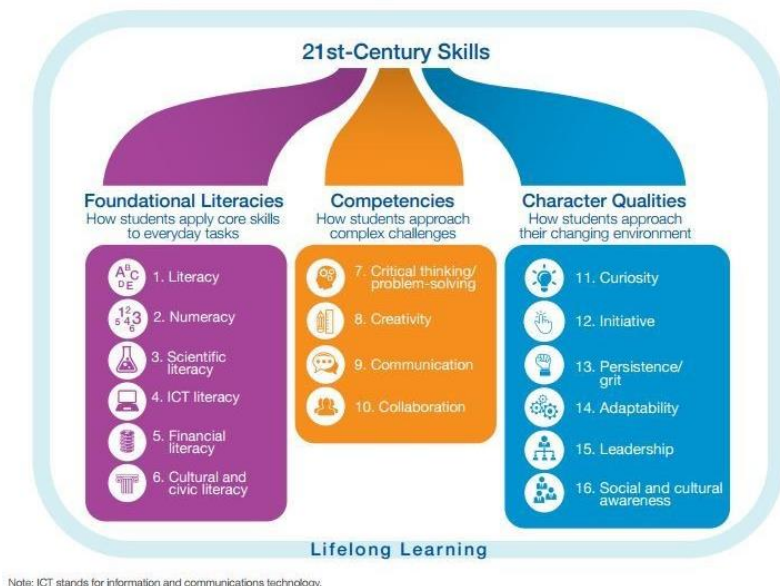


Figure 2: Students require 16 skills for the 21st century

It is essential to focus on developing these skills in education today, as future professions—across both market and non-profit sectors—will demand these capabilities from higher education graduates.

3 Educational Theory Application of progressive educational methods

The primary mission of universities is to prepare young adults for a successful life and an evolving labour market. Achieving this objective would be more effective if progressive learning methods were granted greater prominence in higher education, such as *Project-based and project-oriented education, Problem-Based Learning (PBL)*, as well as *Inquiry-Based Learning (IBL) or Research Based Learning (RBL)*. Beyond fostering 4C skills, the application of these modern educational methods enhances student

engagement, motivation, metacognition, and self-regulated learning. Within the framework of these methodologies, students experience a more autonomous form of learning, which subsequently fosters greater responsibility and independence in their future professional careers. All of these learning methods contribute to a path of self-discovery, enabling learners to better identify their future professional roles and navigate workplace team dynamics. Through the experiences gained during teamwork, students gain insight into their own functioning and strengths, while also learning to confront their personal challenges. The recognition of one's own abilities can be supported by completing various psychological assessments (e.g., DISC), which have long been successfully used in the labour market and the economic sector. However, their application in the field of education is relatively new, although they have the potential to improve academic outcomes and 4C skills. (Sarmasági, 2022).

4 Hybrid learning environment and the role of the primary platform

Nowadays, ICT literacy plays a pivotal role, and it is most effectively developed when students apply digital technologies within their learning processes. A fundamental prerequisite for this is the provision of IT frameworks and web interfaces within academic environments that support innovative pedagogical methods—specifically, those facilitating collaborative and creative work in the digital space. Since COVID, an increasing number of educators have been providing students with hybrid learning environments in higher education institutions, depending on institutional regulations, classroom technology.

“By hybrid learning environment, we mean a system of conditions in which the traditional educational framework incorporates proven and effective elements of digital technology and methodology in an inclusive manner, ensuring optimal learning outcomes for students regardless of location and time” (Racsko–Kis–Tóth, 2022, 185).

Such environments may provide a certain degree of flexibility in teaching, particularly in correspondence courses. From the perspective of effective learning support, it is recommended that institutions designate a primary web-based platform—often a learning management system (LMS)—which serves as a stable learning starting point for students and is usable during classes by both physically present participants and those connecting remotely. That is supports classes, whether in-person, online, or hybrid. It is important that the platform is available for learning and completing assignments outside of class and provides space for teacher–student and student–student communication.

5. UX/UI Design in the Development of Digital Learning Platforms

Increasing emphasis is being placed on the user-centred and ergonomic design of online learning materials and digital educational platforms (Cennamo–Kalk, 2019). In the design process, alongside didactically structured content and high-quality educational materials, the application of UX/UI design methodologies is essential for supporting optimal knowledge acquisition on the educational interface. For example, colour, structure, layout, button placement, patterns, and process design are all important, and experts in this field know how to apply them effectively. Each of these plays a major role in the acceptability of the curriculum and progress in the learning process. Overall, digital learning platforms with primary academic content can support learning more effectively when UX/UI experts from the industry are involved in their visual and functional design.

Over the past decades, the methodology of UX/UI design field has been enriched with numerous innovative design models and toolsets, integrating insights from multiple disciplines, including psychology, pedagogy, communication, human–computer interaction, and computer science. While the UX/UI design has developed into a distinct profession within the market, these practices have not yet been fully integrated into the creation of educational academic websites (Braun, 2025).

Although we have focused on UX/UI design so far, it is useful to adopt a broader perspective, as examining students' interactions with digital interfaces during the learning process—particularly when testing completed educational platforms—is recommended. This can include methods such as eye and mouse tracking, EEG and heart rate monitoring, analyzing student behaviour while processing course materials, detecting learning paths, and recognizing learning patterns.

Therefore, instead of UX/UI design, it is more worthwhile to name a broader area: Human-Computer Interaction (HCI).

6. Informatics background

Informatics is also a crucial area, both because of the technological requirements of hybrid education and the development of the underlying digital framework. It is essential for three reasons.

- On the one hand, hybrid education must be enabled through advanced IT tools, enhancing the coordination and interaction between in-person and remote participants in lessons.

- On the other hand, IT expertise is necessary to develop the digital learning interface, for example, by providing a server and secure data storage for participant information and curriculum materials.
- Finally, supporting personalized learning content with AI tools also requires IT development.

7. Conclusion

In my view, in the context of Instructional Design, three major domains should be brought together on a common platform (Figure 3):

- the academic, theoretical, didactic perspective (Educational Theory),
- the innovative, market-oriented practices characteristic of UX/UI design (Human–Computer Interaction) and
- the informatical perspective (Informatics).

In summary, implementing hybrid education requires the creation of a primary digital education platform. The design and development of this platform should involve collaboration among experts from three fields: (1) Educational Theory, (2) Human–Computer Interaction, and (3) Informatics, in order to develop effective learning support interfaces. (Prantner, 2025).

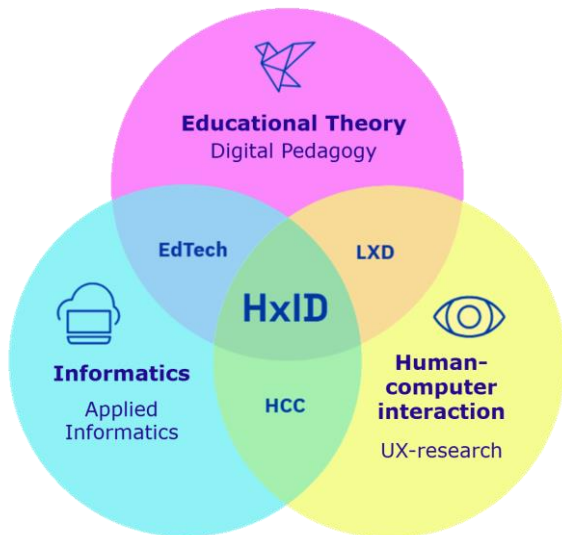


Figure 3: Hybrid Instructional Design (HxID) Interdisciplinary Framework
(own concept, own editing)

References

1. AMAZON W. S. (2024). Accelerating AI Skills—Preparing The Workforce For Jobs Of The Future. <https://tinyurl.com/22fu4kp6>, l.a.: 10.01.2026.
2. BRAUN, J. M.Ed. (2025): Why Instructional Design Is the Best-Kept Secret in the Design World. LinkedIn. <https://tinyurl.com/5j2wc7p2>, l.a.: 10.01.26.
3. BRYNJOLFSSON, E.–CAFEE, A. (2014). The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. W. W. Norton & Com.
4. CENNAMEO, K.–KALK, D. (2019). Real world instructional design: An iterative approach to designing learning experiences. Routledge.
5. CU, K. M.–GAMBOALUSTIN, L. V. et. al. (2023). Humans + AI: Exploring the Collaboration Between AI and Human Labor in the Workplace, Conference: 2023 9th International HCI and UX Conference in Indonesia (CHlUXiD).
6. HARPER, K. A.–DEWATERS, J. (2008). A quest for website accessibility in higher education institutions. The Internet and Higher Education, 11(3-4).
7. PRANTNER, CS. (2025). Hibrid tanulást támogató digitális felületek innovatív tervezésének módszertana: Oktatói portál esettanulmányok. Bp., ELTE Eötvös Kiadó .365 p. <https://tinyurl.com/prcsillahibrid>, l.a.: 10.01.2026.
8. RACSKO, R.–KIS-TOTH, L. (2022). Ütemváltás az oktatás digitális transzformációjában. A könyvtárak lehetséges szerepe az online tanulásban. Könyvtári figyelő 68: 2 pp. 177-191., 15 p
9. SARMASÁGI, P. (2022). DISC assessment usage in school talent management. In : CIENCIA E TECNICA VITIVINICOLA 37 : 1 Paper: oOily.
10. WORLD E. F. (2016). Ten 21st-century skills every student needs. <https://tinyurl.com/wef-2016>, l.a.: 10.01.2026.
11. WORLD E. F. (2025). A Future of Jobs Report 2025. Infographics. <https://tinyurl.com/msw48p68>, l.a.: 10.01.2026.

Contact address

Csilla Prantner, PhD.
Hungarian Educational Office,
Department of IT Development,
Budapest, Maros utca 19., 1122
e mail: prantner.csilla@oh.gov.hu

HAS AI MADE A TRANSFORMATION IN THE EDUCATION SPHERE?

Natalia Shumeiko, SK

Abstract: With the advent of artificial intelligence (AI), the role of a lecturer in tertiary education is transforming. AI resources can serve as potential assistants to lecturers in preparing teaching materials and providing evaluation and feedback to students. Lecturers, in turn, take on one of seven roles (Osadcha et al., 2025) during AI-supported training. Being a reliable information provider while AI serves as a helpful 'assistant' seems the most apparent role in tertiary education. In particular, it applies to teaching Business English at the tertiary level. The use of AI-generated content that is developed by the Pearson Smart Lesson Generator (PSLG) for English lessons (Shumeiko, 2025) allows the lecturer to save time preparing lesson assignments. In this case, the AI resource functions as the lecturer's 'assistant.' At the same time, the lecturer is a reliable provider of information for students in class. The lecturer selects assignments from PSLG content, determines the relevance of AI-generated tasks, and makes adjustments.

Keywords: artificial intelligence, lecturer, tertiary education, training

1 Introduction

AI is transforming education. AI is a 'helper' for lecturers, helping them save time. The PSLG is a resource that generates assignments for learners of English. AI-generated content by PSLG for English lessons is practical and persuasive. A lecturer in this case is a provider of information generated by AI.

1.1 The lecturer's role in AI-supported training

In AI-supported training, the role of a lecturer is transformed from a traditional transmitter (one who transmits knowledge, information, lesson tasks, and content) of knowledge into a facilitator, guide, and critical mediator of learning. While AI resources generate content for teaching and learning, the lecturer remains responsible for designing meaningful learning experiences. Lecturers must carefully select and then integrate in the context of the lesson AI-generated content that aligns with learning objectives, considering ethical criteria and disciplinary requirements.

Lecturers' expertise is essential for helping students develop higher-order cognitive skills (e.g., problem-solving, critical thinking).

Moreover, lecturers perform an essential role in fostering ethical awareness and critical thinking in an AI-supported learning environment. Lecturers guide trainees in understanding the limitations of AI, including issues related to data bias and academic integrity. It must be noted that lecturers are central in the teaching-learning process.

Researchers (Osadcha et al., 2025) distinguished seven roles of lecturers involved in AI-supported teaching-learning process: *“1) a leading teacher, who explains new rules, guide students, and correct errors; 2) a mentor, who helps his mentee, supports critical thinking, explains the value of AI-generated content; 3) a teammate, whose work is accompanied by AI-powered resources; 4) a provider of information whose work is just assisted by AI in the process of teaching; 5) an assistant, who gives instructions while students are competing the tasks using the AI tools; 6) an instructor who carries out supervision and provides feedback; 7) an explorer who has not defined his role yet.”* While teaching Business English at a tertiary education institution, the lecturer serves as a provider of information (in our experience).

2 AI as an assistant in teaching English

By concentrating on the PSLG, an AI-based resource that generates content for English lessons, this article highlights, from the perspective of the author's practical experience, the following: *“the PSLG is characterized as an invaluable AI tool. This tool generates the lesson materials and assignments aligned with the Pearson Global Scale of English (GSE). The GSE is a scale (ranging from 10 to 90) for measuring English language proficiency (from A1 to C2)”* (in Shumeiko, 2025, Mayor, 2025).

The peculiarity of the PSLG is as follows: whilst many AI-powered assistants create content and activities for language learners, the Pearson Smart Lesson Generator (PSLG) delivers content that is pedagogically sound and created in accordance with Pearson's learning design principles. These principles are based on research into the most efficient ways to teach and learn. This content is appropriately levelled (A1→C2) and relevant to learners of English, having undergone a rigorous quality control process. At the core of this process is the Global Scale of English (Mayor, 2025).

2 AI-generated content for English lessons at the tertiary level

The PSLG, an AI resource, assists the university lecturer in teaching Business English

Has AI transformed the education sphere? – is the admittedly baffling question. One thing is certain: AI brings innovation to teaching Business English. The PSLG's automated assignment generation for students follows a three-step process.

The first step involves the content creation. The PSLG, being an AI resource, generates activities, such as a 'lesson hook,' a glossary with example sentences, a grammar explanation, a conversation starter, a text for reading with multiple-choice questions, and an 'exit ticket' task. A 'lesson hook' activity engages students with a compelling starter – speaking, while warming up. A vocabulary presentation includes tasks for introducing new words, their definitions, example sentences, and a game. Grammar presentation provides a clear overview of a grammar concept for a lesson. The communication starter helps improve speaking by discussing a thought-provoking scenario. The reading comprehension section, featuring an engaging text and a multiple-choice quiz, is an essential part of the lesson. It allows students to practice new words in context and improve their reading skills. The writing section presents the tasks to practice writing skills. An 'exit ticket' task allows the university lecturer to assess learners' understanding and reflect on a lesson learned (Smart Lesson Generator, 2025). In the second step, AI-generated assignments and activities are “passed through GSE filters to ensure that the language is at an appropriate level” (Mayor, 2025). In the third step, AI-generated tasks are available to the lecturer.

An English lecturer – the provider of information

The lecturer has several additional options after obtaining AI-generated activities from the PSLG. The lecturer can adapt the AI-generated content, regenerate a new activity, or use it as supplementary material.

An English lecturer is the only one who provides the PSLG's AI-generated content to learners while teaching a Business English course at a tertiary-level institution. Provided content is analysed thoughtfully and then offered for learning.

The English lecturer provides information, while AI serves as a helpful 'assistant', allowing the lecturer to spend less time planning and more time

teaching. The lecturer organizes class activity while the PSLG creates the content. The lecturer also reads, analyzes, and controls the content, then assigns tasks to learners of Business English. So, the English lecturer serves as a reliable provider of information, making it accessible to learners. To exemplify the symbiosis between the work of a lecturer-provider of information and an AI support, the theme “The Business of Tourism” from the Business Partner C1 (Dubicka et al., 2020) coursebook was chosen.

Lesson content on “The Business of Tourism” was generated by the PSLG

An AI-generated “lesson hook.” At the beginning of the English lesson (a ‘lesson hook’), every student is asked to imagine that they are an expert advisor hired to help a luxury company become more attractive to new types of customers. The English lecturer provides the following information to students: first, recent research shows that fewer young people are booking their expensive trips; second, the job of an expert advisor is to suggest fresh ideas; third, the lecturer arises the question to the class – “What do you think is most important to attract younger customers while keeping the company’s high-quality reputation?” (adopted from Smart Lesson Generator, 2025).

For the “lesson hook” stage of the lesson, the following AI-generated lecturer notes are offered (adopted from Smart Lesson Generator, 2025): ask learners if they have been on a luxury vacation or they dream about one; encourage learners to think from both business and customer perspectives; use visuals of luxury travel experiences to spark discussion; after collecting ideas from learners, explain that today we’ll learn about business strategy and customer service in the tourism industry, using key vocabulary related to marketing and business development.

An AI-generated glossary. Understanding the meanings of business tourism terms, concepts, and notions helps advanced learners of English improve their spoken fluency. An AI-generated vocabulary presentation on “The Business of Tourism” provides a list of words and expressions with definitions and example sentences. A vocabulary presentation includes a game entitled “Word Web Challenge” (adopted from Smart Lesson Generator, 2025). To run the game, the lecturer divides the class into small groups of 3-4. Each group receives one vocabulary word and must create a semantic web that connects it to other concepts, synonyms, and real-world applications. Groups then rotate to add to different groups’ webs, creating increasingly complex networks of meaning. The activity concludes with each group presenting the most interesting connections they discovered. This

task encourages deep processing of word meaning and creates memorable associations.

While developing vocabulary, the following AI-generated notes for the lecturer are offered (Smart Lesson Generator, 2025): begin by eliciting learners' prior knowledge of the words and expressions for this lesson; highlight the versatility of words like 'hook' and 'leverage' across different contexts, use real-world examples; encourage learners to create their own examples using personal experiences; consider grouping related terms (such as, 'resolution,' 'optimise') to show how they might appear together in professional contexts; encourage pronunciation practice; use authentic materials like business articles or TED talks to provide additional context.

Grammar. The grammar section concentrates attention on the definition (the Past Perfect Continuous and the rules of its usage are provided) and example sentences.

An AI-generated speaking task. Every student in class is asked to imagine that they are the new head of tourism for a beach city. The city gets too many visitors. The student needs to choose the best ways to control the number of tourists while helping local businesses make money. The task involves the following lecturer's suggestions to students: change ticket prices for tourist spots based on how busy they are in different seasons; build better travel options like electric buses and make some old town areas car-free; create an app to check visitor numbers and help people plan trips when it's less crowded; work with local people to show tourists real life in less visit areas; create a special badge for businesses that help protect nature and the community (adopted from Smart Lesson Generator, 2025).

An AI-generated reading task. On the topic "The Business of Tourism," the PSLG (Smart Lesson Generator, 2025) generated the text entitled "How Tourism is Becoming More Earth-Friendly: A World View." The questions for checking reading comprehension are suggested along with the three answers, one of which is correct and shown with "✓" (Appendix A).

An AI-generated writing task. The first step in the writing task is a feature article. A feature article is a detailed news story that examines a topic in depth. Unlike daily news stories, feature articles give more background information and tell stories about people, places, or ideas. They appear in newspapers and magazines to help readers understand interesting subjects.

Suggestions for the writing task involve: start with an interesting opening; include what different people think about your topic, and use real facts to support your points; keep readers interested by using clear descriptions and valid quotes from people.

A pre-writing task is to read the article about eco-friendly buildings: *“Green Buildings: The Future Eco-friendly buildings are becoming more common these days. Many builders are using materials that help the environment. Some buildings have solar panels. The materials used in green buildings cost a lot of money. However, they save money over time. One builder said it was good for the environment. The buildings look nice and help the planet. More people should build green buildings because they are better. They use less power, and that helps make the air cleaner. This is important for the future of our planet. Green buildings will continue to be built in the future”* (Smart Lesson Generator, 2025).

Then, the writing task is offered: *“Write a 300-word article about how travel and tourists in your country have changed over the years. Talk about good and bad changes. Include what different people think about it – like shop owners, people who live there, travel guides, and nature experts. Use real examples to support your points. Start with something interesting that makes people want to read more, and finish by talking about what might happen in the future”* (Smart Lesson Generator, 2025).

An AI-generated ‘exit ticket’ task. This task has three check activities. First, there is an understanding check: What are the main harmful effects of lead on people’s health and the environment in cities? Second, there is a learning reflection: What did you learn about lead pollution today, and what else would you like to know about this topic? Third, there is an expansion task: imagine that you are helping your city draft rules on lead; create a simple three-step plan to address lead in old buildings; consider both financial and people’s needs; and answer the question: How would you make sure your plan works well?

3 Conclusions

In the lecturer’s hands, the AI resource - the PSLG - assists in work. AI-generated content for a ‘lesson hook’ gets learners engaged with a compelling starter. The vocabulary presentation introduces new words and expressions, with a glossary, example sentences, and a vocabulary game. Grammar presentation provides a clear overview of a grammar concept. The text for reading engages learners, and then multiple-choice questions help

assess their reading comprehension. Writing activities help practice writing skills. An 'exit ticket' consolidates the material learners learned.

An English lecturer is a provider of information within the educational process. The lecturer, while integrating AI-generated content (tasks, texts, grammar rules) created by the PSLG into classwork, makes it available for learners as supplemental material. In this dynamic, the English teacher delivers content engagingly and flexibly, ensuring the necessary consistency and serving as a provider of information for the class.

Appendix A

Reading comprehension

Lesson topic: The Business of Tourism / GSE Level: 76-84

How Tourism is Becoming More Earth-Friendly: A World View

The tourism industry used to ignore environmental problems, but now it's taking better care of nature. With worldwide tourism making more than \$1.7 trillion each year, business leaders know they must act on their impact on the environment. This change has made 'green tourism' become more than just a popular term - it's now a real plan for future growth.

While changing to earth-friendly practices may seem hard for existing businesses, many are finding that small changes can make big differences. Regular hotels are changing into eco-friendly places to stay, adding solar power systems and ways to reduce waste. While these changes cost money at first, the good results are worth more than the money spent.

Travel methods have changed a lot too. Big car rental companies are now using cars that run on both fuel and electricity, which is better for the environment and makes customers happy. This change isn't just for show - it's because more travelers who care about nature are willing to pay more for earth-friendly choices, making it good for business too.

New technology has helped speed up these changes through online advertising that reaches nature-loving travelers. Data shows that earth-friendly tourism is getting more attention than ever, especially from young travelers. These groups don't just want to travel - they want to travel in ways that help local communities and protect nature.

Looking to the future, tourism businesses must find ways to make money while protecting nature. The most successful companies will be those that try new ideas while keeping travel experiences real and genuine. This change is not just a short-term trend but a complete rethinking of how we travel in a time when more people care about protecting our environment.

1. How has the tourism industry changed in its approach to protecting the environment?

- a) From not caring about the environment to taking action because it helps make money ✓
- b) Because of new government rules that force all tourism companies to follow green practices
- c) By completely stopping old ways of tourism and only offering nature trips

2. What does the text tell us about what today's travelers want?

- a) They only care about having fancy hotels and services
- b) They want real experiences that help the environment and local communities ✓
- c) They only think about the price when choosing where to travel

3. According to the text, how much money shows how important tourism is worldwide?

- a) More than \$1.7 trillion each year ✓
- b) \$2.3 trillion every three months
- c) \$1.5 trillion every month

4. What example does the text give about hotels becoming more environmentally friendly?

- a) Using systems to reuse water at beach hotels
- b) Putting solar power equipment in places where guests stay ✓
- c) Using packages that break down naturally in hotel restaurants

The text and questions are AI-generated by the PSLG

Source: Smart Lesson Generator, 2025

References

1. DUBICKA, I. – ROSENBERG, M. – O'KEEFFE, M. – DIGNEN, B. – HOGAN, M. Business Partner C1. Coursebook. Pearson, 2020. 171 p.
2. OSADCHA, K. P. – OSADCHYI, V. V. – PROSHKIN, V. V. – SHUMEIKO, N. V. Artificial intelligence and the transformation of teaching roles: insights from lecturers' experiences. In Proceedings of the 4th Workshop on Digital Transformation of Education (DigiTransfEd 2025). September 2025, p. 87–107, [on line] <https://ceur-ws.org/Vol-4096/>.
3. MAYOR, M. Enhancing education with AI: Introducing Smart Lesson Generator. Pearson. 2025. 8 p.
4. SHUMEIKO, N. Artificial Intelligence-Generated content for English Lessons : Theory and Practical Insights. In Slovak International Scientific Journal. No. 98, p.31-36, 2025, [on line] <https://doi.org/10.5281/zenodo.16892537>.
5. Smart Lesson Generator, 2025, [on line] <https://smartlessongenerator.person.com/>.

Contact address

Mgr. Natalia Shumeiko, PhD.

Bratislava University of Economics and Business

Address: Dolnozemska cesta 1

852 35 Bratislava

Slovak Republic

e-mail: natalia.shumeiko@euba.sk

Modern teaching methods and educational technologies

Moderné vyučovacie metódy a vzdelávacie technológie

USE OF WEB TECHNOLOGIES IN INFORMATICS EDUCATION

Erik TÚRI, Győző HORVÁTH

Abstract: The rapid spread of the Internet, modern web technologies and digital tools in the recent decades has transformed expectations toward education, influencing the competencies both teachers and students are required to achieve. In many educational contexts, web-based technologies are used primarily as runtime environments: for example, in learning management systems to support teaching or online code execution tools to support programming studies.

This paper reviews these established uses of web technologies in education but argues for a broader pedagogical perspective. The key advantage of the Web lies in its universality: applications behave consistently across devices; development can be carried out using free and widely accessible tools. We propose that the web browser itself provides a multimedia-rich and interactive environment that can effectively replace traditional console-based programming tasks or hardware-intensive robotics activities, which may be inaccessible to many schools due to their cost. Web-based programming projects also help boost student motivation and engagement by leveraging multimedia, interactivity and instant feedback that appeal to today's generation of learners. We argue that this approach is feasible because the Web as platform readily supports multimedia elements such as embedded bitmap graphics, vector graphics. The creation of such multimedia elements and static websites is already part of the curriculum in Hungary.

Keywords: web technologies, javascript, multimedia, interactivity, browser, informatics education.

1 Introduction

In recent years, expectations for educators and students have shifted, driven largely by the rapid growth of digital tools and increased online activity. As Chira [1] notes, digital competence has become a core requirement for teachers. It now extends well beyond the use of basic ICT tools to include the creation and sharing of digital content. Much of this now happens directly in

the web browser, with web applications becoming increasingly sophisticated and students regularly using various online platforms.

Forssström et al. [2] highlight that use of digital tools, mostly web-based applications and online platforms, significantly influence students' study performance. The report implies that the Web has become the primary medium through which students access information, collaborate, and engage in interactive learning experiences. It underscores that web technologies, ranging from cloud-based productivity suites to interactive learning environments, enhance accessibility, support personalised learning paths, and facilitate continuous feedback.

Using web technologies is an everyday part of digital literacy in the modern society for everyone. Although the *DigComp 3.0* framework [3] created by the European Commission's Joint Research Centre as a competence framework for citizens' digital skills defines competence areas and proficiency levels without referring to specific technologies or applications, each competence area can also be interpreted in the context of web applications which further highlights the role and importance of the Web and related technologies in everyday life. The five competence areas of *DigComp 3.0* and their interpretation in this context:

1. *Information search, evaluation and management:* Using the web browser to conduct queries on search engines, online databases and from AI-powered chatbots while judging and organizing said information.
2. *Communication and collaboration:* Using online communication tools such as e-mail, instant messaging to discussion forums and being able to participate in co-authoring content or coordinating schedules using tools that run in the browser.
3. *Content creation:* Using various web-based productivity tools to create new documents of various formats and being able to deliver it to a target audience primarily via social media networks.
4. *Safety, wellbeing and responsible use:* Knowing how to manage privacy settings, protect passwords used to access online accounts, recognising online threats, avoiding harmful online behaviour.
5. *Problem identification and solving:* Choosing web applications or digital platforms to solve practical problems and finding solutions to newly encountered problems using Internet search.

Overall, the findings position the Web as a foundational infrastructure for modern education, enabling possibilities that offline tools and

methodologies can no longer match. It is worth mentioning that these digital competences can be interpreted in different contexts as well.

2 Definition of the Web and web technologies

Before addressing the pedagogical or technological possibilities of a web-centric informatics education, it is essential to clarify the meaning of *the Web* and define what *web technologies* are.

The *World Wide Web* (often shortened to WWW, W3 or simply *the Web*) is a system of interconnected web pages that are accessible over the Internet. The basics of its architecture were proposed by *Tim Berners-Lee* [4], a researcher at CERN in 1989 for internal use and made public in 1991. The published architecture contained several key components that define the fundamentals of the Web even today, such as:

1. The *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) which is the application layer protocol that defines the formal communication patterns between a *client* (traditionally a *web browser* application) and a *server* using HTTP *requests* and *responses*.
2. A unique identifier for each resource – known as *Uniform Resource Identifier* (URI). Its role is to provide a consistent, syntax-driven way to identify resources such as documents, services or data sources. The most used type of URI is the *Uniform Resource Locator* (URL) where the resource is identified by its exact location on the Web. In contrast, the *Uniform Resource Name* (URN) identifies a resource without its location, e.g. a book by its ISBN.
3. The resources are interconnected using *hyperlinks*, which are typically embedded in a document of some markup language, most frequently the *Hypertext Markup Language* (HTML).

From these core elements originates the broader spectrum of *web technologies* which includes every tool, standard and mechanism that enables the use, development or consumption of resources on the Web. Over the past two decades this category has grown to include:

1. Other markup languages used on the Web, such as *Cascading Style Sheets* (CSS) for style markup, *Markdown* and its variants for general markup, *Extensible Markup Language* (XML) and *JavaScript Object Notation* (JSON) as data representation format.
2. Programming languages used on the Web, most notably *JavaScript* as the client-side language embedded into web browsers and its extensions and variants such as *TypeScript*.

3. The exhaustive amount of *Application Programming Interfaces* (API) in the web browsers itself, providing standardised interfaces for services like bitmap graphics, disk storage, communication protocols, multimedia, geolocation, etc.
4. Rendering and component frameworks, such as *React*, which structure interactive client-side applications and provide abstraction layers above raw browser APIs.
5. Server-side technologies, including back-end application frameworks, standards such as *Representational State Transfer* (REST) and *GraphQL*, authentication and session management mechanisms, server-side scripting environments (e.g. *Node.js*, *PHP*, *Ruby on Rails*).

Together, these technologies form an extensive and continually expanding ecosystem that extends beyond the original concept of the Web. Their existence has transformed the Web into a general-purpose, distributed application platform with its own languages, protocols, execution environments and software architecture paradigms.

3 Existing uses of web technologies in education

When most people think about the use of the Web in education, they often consider its role primarily as a platform for running applications that support the in-class learning process. Over the past decade, the Web has evolved into a powerful and flexible environment where learners and teachers can access interactive tools, collaborate in real time, and engage with rich multimedia resources.

3.1 The Web as enhancement of in-class instruction

One of the most prominent examples is the use of Learning Management Systems (LMS) in education. LMS platforms provide a centralized space where educators can distribute materials, design courses, assign tasks, and monitor student progress. Popular LMS platforms such as *Moodle*, *Canvas* and *Google Classroom* have been widely adopted in schools and universities around the world. These systems support learning by allowing asynchronous access to learning materials, enabling students to review lectures, at their own pace or submit assignments. LMS platforms also provide vital communication and collaboration tools, including discussion boards, group workspaces and messaging systems, which encourage online peer interaction and engagement, thereby developing the students' digital competence. [5]

3.2 The Web as an application execution platform

The web browser functions as a multimedia-rich platform capable of running interactive web applications. Many of these applications support everyday collaboration between teachers and students. For example, *Google Docs* provides an online equivalent to traditional desktop word processing applications such as *Microsoft Word*.

The growing number of web-based productivity tools increasingly serve as alternatives to traditional desktop software, and as they continue to gain new features and capabilities, they are becoming ever closer to traditional desktop applications in features while they can be accessed from anywhere with an internet connection and there is no need to install or configure software on the client machine. [6, 7]

3.3 The Web as a programming education platform

In programming education web-based applications are used sometimes fully functional programming environments. Notable examples of such environments include *Replit* [8] for text-based programming languages and block-based environments for educational languages such as the in-browser version of *Scratch* [9] and *Microsoft MakeCode* [10].

Other platforms combine the execution with their own curriculum, interactive environments and pedagogical scaffolding, allowing learners to acquire the entire set of programming skills directly through their browsers. A similar programming educational environments with a variety of features from tutorials to task solving and testing has been proposed [11] in Hungarian higher education for learning programming fundamentals at Eötvös Loránd University. At university-level, interactive web-based tools can be used to help learn the planning phases of program creation such as specification [12] and algorithms [13] as well, not just pure implementation. The Hungarian platform *Codia* [14] presents a gamified environment to teach programming fundamentals to children using *Python*.

Two influential international examples are *CodeHS* [15] and several MIT-developed web-based learning tools, particularly *MIT App Inventor* [16]. In case of *CodeHS*, students begin with simple, visual programming tasks before progressing to textual programming and more complex problem-solving. Teachers benefit from dashboards that track student progress, highlight common errors, and provide grading tools, making it feasible to teach programming even without deep technical expertise. Newer platforms such as *PythonPal* provide AI-based instruction and feedback using chatbots to facilitate the learning process [17].

4 Our vision: a programming curriculum centred entirely around web technologies

So far, we have examined the applications of web technologies in education that either use the web platform to support teaching or serve as executional environments for web applications created by others.

Our vision is to develop a methodology built entirely around web technologies where the web is not just a tool for supporting the process of learning or hosting applications but rather an integral part of the studies throughout. Using the capabilities of the web browser, we aim to teach the fundamentals of programming in *JavaScript*. Let us introduce some of these possibilities.

4.1 Interactive and multimedia-rich applications

The introduction of text-based programming environments in schools traditionally begins with the development of short console applications. Task repositories and textbooks often start by writing programs performing mathematical or statistical calculations. Most students feel anxious about tasks with a mathematical focus, this is a phenomenon known as mathematical anxiety in pedagogical literature [18].

Instead, our proposed methodology introduces programming by leveraging the interactive and multimedia capabilities of the web browser, through event-driven applications that perform document transformations. These transformations can be conditional (branches), repeatable (loops), extracted into reusable pieces of code (subroutines), and applicable to multiple document elements (array processing), etc. In this way, the knowledge typically taught through console-based, calculation-heavy applications can be conveyed effectively. Research also supports that for today's generation of learners, interactive and multimedia-rich content is needed to maintain motivation and engagement [19].

The creation of static websites and multimedia elements is already a part of the Hungarian digital culture curriculum framework [20], which means that these foundational skills can be seamlessly transferred and further developed in the context of programming.

4.2 Cost-saving measure

The methodology can also serve as an alternative or complement to robotics-based programming education. Although numerous methodologies have been developed for teaching robotics, and the topic is emphasized in state textbooks [21], particularly in K-8 schools; in practice, acquiring these tools (e.g. *Lego* robots, *Micro:bit* boards) is often too costly for educational

institutions. Several educational institutions are only able to gain access to these tools for a limited time by programs such as *Wandering Micro:bits* [22]. *Micro:bit* fits well with our envisioned methodology, as it can be emulated on *Microsoft MakeCode* and programmed not only through block-based coding but also in *JavaScript* and static *TypeScript* [10]. Beyond the basic device, certain add-ons and sensors can even be simulated with algorithms.

4.3 Turtle graphics, animations, cellular automata, simulation

Since its introduction in 1967, the Logo programming language has had a profound impact on programming education. The language, along with its associated programming environments, enables the creation of complex graphics using simple tools, known as turtle graphics.

The `<canvas>` element available in HTML5 provides a convenient interface. After mastering a few basic drawing commands, tasks typical to turtle graphics can be solved in *JavaScript* and the output can be displayed in a web browser. Graphics can be efficiently redrawn multiple times per second, enabling the production of animations and simulations like *NetLogo*'s cellular automata visualizations. Beyond native solutions, these problems can also be addressed at various levels of complexity using *JavaScript* libraries developed that were created for rendering programmed graphics [23, 24].

5 Challenges and counterarguments of a programming curriculum centred around web technologies

While the Web offers an accessible and widely available platform, it also presents several challenges that make it a less-than-ideal environment for beginners learning programming:

5.1 Dynamic data types in *JavaScript* language

Challenge: *JavaScript*, the dominant programming language of the Web, is dynamically typed. This means that variable types are not declared explicitly and may change during execution. Although dynamic typing offers flexibility, it can easily lead to subtle runtime errors that are difficult for novices to trace or understand.

Counterargument: Similar dynamically typed languages are already used in general education. Most notable of these is *Python* which has been an allowed language on the Hungarian national final exam since 2012 and is also the primary programming language used in the sample codes in Hungarian digital culture textbooks [25]. If the enforcement of strict type

constraints is preferred, *TypeScript* [26] provides a suitable alternative to plain *JavaScript*.

5.2 Required knowledge of markup languages

Challenge: Programming for the Web inherently requires learners to acquire at least a basic understanding of *HTML* and *CSS*, as these languages define the structure and presentation of web content. This additional knowledge overhead can be overwhelming for students whose primary goal is to focus on programming constructs.

Counterargument: The creation of static websites is already part of the Hungarian national curriculum [20]. Working with previously acquired knowledge in this topic lets students experiment with design, interactivity, multimedia elements and layout while learning new concepts.

5.3 Unconventional language features

Challenge: *JavaScript* includes several language features and design decisions that may appear unconventional or unintuitive. The prototype-based inheritance model differs significantly from the class-based systems found in most widely taught programming languages. Although modern *JavaScript* also supports class syntax, its behaviour remains rooted in prototypes, which can lead to confusing situations when learners try to apply object-oriented reasoning.

Counterargument: The flexibility of *JavaScript* allows learners to start solving meaningful problems without needing to master complex object-oriented hierarchies. Most programming tasks in high school can be solved without deep understanding of the object-oriented paradigm. At this stage, practical problem-solving and immediate feedback are far more important than mastering formal class hierarchies. It is worth noting that *Python*, a language widely used in education, also employs several unconventional design choices in this area. For example, private attributes are indicated only through naming conventions and are not truly enforced as private, and multiple inheritances are allowed which is uncommon in other programming languages that support object-oriented programming [26].

5.4 Added complexity of DOM and browser APIs

Challenge: While these APIs offer powerful capabilities, they are often extensive and complex. Although they enable the creation of rich, modern applications, their intricacy can present a barrier for beginners. Many APIs rely on low-level, stateful function calls, which may be unintuitive for new learners and can shift the focus away from fundamental programming concepts toward the mechanics of specific functions.

Counterargument: Every programming environment has some form of overhead. For example, widely adopted frameworks such as *Pygame* or *Tkinter* require learners to understand event loops, coordinate systems, and graphical user interface (GUI) function calls before they can create enjoyable outcomes. This is supported by the numerous newly introduced function calls and pre-written code snippets in the chapter of the national textbook about GUI handling [27]. Similarly, in a robotics-based lesson, students often work with languages unrelated to core computational thinking concepts being taught.

5.5 Console applications are required

Challenge: The proposed methodology does not align with the requirements of the national final examination or programming competitions which typically require console applications and/or file input.

Counterargument: This concern rests on the misunderstanding that the *JavaScript* language is confined to the browser. Contemporary *JavaScript* ecosystems offer several alternative runtime environments such as *Node.js* [28] and *Deno* [29] that support fully offline execution and provide access to conventional command-line interfaces and access to the features of the operating system such as file handling. The transition from writing event-driven applications that run in a web browser to writing console applications with standard keyboard input can be made swiftly by learning a few I/O function calls.

6 Summary

Web technologies have evolved far beyond their original role, becoming a versatile platform for education and programming. By leveraging the multimedia capabilities, interactivity and widespread accessibility of the Web, it is possible to design programming curricula that are engaging, cost-effective, and pedagogically meaningful. While challenges clearly exist, we strongly believe that those can be mitigated through the design of the methodology.

References

- [1] CHIRA, Csongor (2020). A digitális kompetencia keretrendszeri és a pedagógusok digitális kompetenciája. In Lengyelne Molnár, T. (szerk.) *A A kultúráváltás hatása az egyéni kompetenciákra: a digitális kompetencia modelljei*. Eszterházy Károly Egyetem Líceum Kiadó, <https://doi.org/10.46403/Akulturavaltashatasaegyeni.2020.38>

- [2] FORSSTRÖM, S. et al. (2025). The impact of digital technologies on learning: Results from a literature review. *OECD Education Working Papers, No. 335*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9997e7b3-en>
- [3] COSGROVE, J. and CACHIA, R. (2025), *DigComp 3.0: European Digital Competence Framework*. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/0001149>
- [4] BERNERS-LEE, Tim (1989). *Information Management: A Proposal*. Online: <https://cds.cern.ch/record/369245/files/ARCH-WWW-4-010.pdf> (last accessed: 02.12.2025.)
- [5] YUSUPOVA, Zarrina Kurbonovna (2025). The role of LMS platforms (e.g., Moodle, Google Classroom) in developing students' digital competence. *Ta'limning zamonaviy transformatsiyasi*, 21(1). Online: <https://scientific-il.com/tra/article/view/24805> (last accessed: 02.12.2025.)
- [6] *Why Choose Web Applications Over Traditional Desktop Software: Costs, Collaboration, and Security*. Online: <https://www.theprovatogroup.com/applications/why-choose-web-applications/> (last accessed: 02.12.2025.)
- [7] *Desktop Application vs Web Application: Pros and Cons*. Online: <https://www.branddiaries.in/desktop-application-vs-web-application/> (last accessed: 02.12.2025.)
- [8] *Replit*. <https://replit.com/> (last accessed: 02.12.2025.)
- [9] *Scratch (online)*. <https://scratch.mit.edu/> (last accessed: 02.12.2025.)
- [10] Ball, T., Chatra, A., Halleux, J. 'peli' de, Hodges, S., Moskal, M., & Russell, J. (2019). Microsoft MakeCode: Embedded Programming for Education, in Blocks and TypeScript. *SPLASH-E 2019: Proceedings of the 2019 ACM SIGPLAN Symposium on SPLASH-E*, 7–12.
- [11] HORVÁTH Győző (2018). A web-based programming environment for introductory programming courses in higher education. *Annales Mathematicae et Informaticae*, 48 (2018), pp. 23-32, Online: <http://publikacio.uni-eszterhazy.hu/id/eprint/3310> (last accessed: 02.12.2025.)
- [12] HORVÁTH Győző (2025). Teaching Task Specification Efficiently in Introductory Programming Courses in Higher Education. In: Pluhár, Z., Gaál, B. (eds) *Informatics in Schools. Innovative Approaches to Computer Science Teaching and Learning. ISSEP 2024. Lecture Notes in Computer Science, vol 15228*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-73474-8_9
- [13] HORVÁTH Győző, SZALAYNÉ Tahy Zsuzsanna (2025). Struktogramok készítésének és használatának módszertani elemzése a programtervezés során. In Dr. Abonyi-Tóth Andor (Szerk.), *InfoDidact konferencia 2025 – Tanulmánykötet* (pp. 55–66)
- [14] NAGY Bendegúz, HORVÁTH Győző (2025). A gamifikáció hatása a tanulói motivációra egy középiskolai csoport programozásóráin. In Dr. Abonyi-Tóth Andor (Szerk.), *InfoDidact konferencia 2025 – Tanulmánykötet* (pp. 93-102)
- [15] *CodeHS*. <https://codehs.com/> (last accessed: 02.12.2025.)

- [16] MIT App Inventor. <https://appinventor.mit.edu/> (last accessed: 02.12.2025.)
- [17] PALAHAN, S. (2025). PythonPal: Enhancing Online Programming Education Through Chatbot-Driven Personalized Feedback. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 18, 335–350. <https://doi.org/10.1109/TLT.2025.3545084>
- [18] TOBIAS, S. & WEISSBROD, C. (1980). Anxiety and Mathematics: An Update. *Harvard Educational Review*, 50, 63–87. <https://doi.org/10.17763/haer.50.1.xw483257j6035084>
- [19] CHARDONNENS, S. (2025). Adapting educational practices for Generation Z: integrating metacognitive strategies and artificial intelligence. *Frontiers in Education, Volume 10* (2025). <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1504726>
- [20] Oktatási Hivatal (2020). *Kerettanterv a gimnáziumok 9–12. évfolyama számára – Digitális kultúra 9–11. évfolyam*. Online: https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktat/kerettanterv/Digitalis_kultura_K.docx (last accessed: 02.12.2025.)
- [21] *Digitális kultúra 6. (A) – Programozzunk micro:biteket!* Online: https://www.nkp.hu/tankonyv/digitalis_kultura_6_nat2020/lecke_03_002 (last accessed: 02.12.2025.)
- [22] ABONYI-TÓTH Andor, PLUHÁR Zsuzsa (2019). Wandering microbits in the public education of Hungary, *Lecture notes in Computer Science*, Vol. 11913, pp. 189–199.
- [23] VISNOVITZ Márton, HORVÁTH Győző (2020). JavaScript könyvtárak programozott rajzolás alapú tanulás támogatásához. In: Szlávi Péter, Zsakó László (szerk.) *Infodidact 2020*. Online: <https://people.inf.elte.hu/szlavi/InfoDidact20/Manuscripts/VMHGy.pdf> (last accessed: 02.12.2025.)
- [24] VISNOVITZ Márton, HORVÁTH Győző (2022). Agent JS – Ügynökevezérelt programozás JavaScripttel. In: Szlávi Péter, Zsakó László (szerk.) *Infodidact 2022*, Online: <https://konferenciak.inf.elte.hu/infodidact/InfoDidact22/Manuscripts/VMHGy.pdf> (last accessed: 02.12.2025.)
- [25] SZERÉMI Éva Krisztina (2024). Python Programozási nyelv térhódítása a középfokú oktatásban (The rise of Python programming language in secondary education). *Gradus, Volume 11, No. 3* (2024). <https://doi.org/10.47833/2024.3.CSC.006>
- [26] TypeScript. <https://typescriptlang.org> (last accessed: 02.12.2025.)
- [27] Python 3.14 Documentation – The Python Tutorial – 9. Classes. Online: <https://docs.python.org/3.14/tutorial/classes.html> (last accessed: 02.12.2025.)
- [28] *Digitális kultúra 11. (A) - Algoritmizálás, formális programozási nyelv használata - Grafikus felhasználói felületű alkalmazást fejlesztünk - A Sajáttömb*. Online: https://www.nkp.hu/tankonyv/digitalis-kultura-11-nat2020/lecke_07_018 (last accessed: 02.12.2025.)

[29] *NodeJS*. <https://nodejs.org/en> (last accessed: 02.12.2025.)

[30] *Deno*. <https://deno.com/> (last accessed: 02.12.2025.)

Contact address

Erik TŰRI

Eötvös Loránd University

Faculty of Informatics

e-mail: turierik@inf.elte.hu

Győző HORVÁTH

Eötvös Loránd University

Faculty of Informatics

e-mail: gyozo.horvath@inf.elte.hu

EXPERIENCE-BASED INFORMATICS WITH MICRO:BITS – FROM WANDERING KITS TO HUNGARY'S FIRST NATIONAL MICRO:BIT PROGRAMMING COMPETITION

Andor ABONYI-TÓTH, Bence GAÁL, HU

Abstract: This study presents the more than eight-year development of the national Micro:bit “Wandering Kits” lending program and the pedagogical impacts of Hungary’s first Micro:bit Programming Competition. The initiative was grounded in the principles of constructionist and experience-based learning, aiming to provide schools with risk-free access to micro:bit microcontroller devices, thereby supporting teacher-led innovation and informed procurement decisions. Starting from 20 devices, the program expanded through industrial partnerships to several hundred micro:bits, reaching more than 600 schools and approximately 65,000 students by 2025.

Building on this infrastructure, the competition implemented a narrative-driven, project- and problem-based task structure that included both fixed-specification challenges and creative, student-designed problems. The statistical analysis of submitted tasks demonstrates how the dual structure supported differentiated assessment, with the creative tasks activating design, documentation and higher-order problem-solving competences. The implementation relied on a multi-actor collaboration involving university instructors, preservice teachers, mentor teachers from public education and industry partners, who jointly contributed to the organizational, pedagogical and technical aspects of the event.

Findings indicate that the program significantly increased student motivation, creativity and collaboration skills, while strengthening preservice teachers’ professional identity and practical pedagogical competences. Together, the Wandering Kits program and the national competition constitute a sustainable, ecosystem-level model that effectively supports the implementation of STEAM-oriented educational innovation in Hungary.

Keywords: micro:bit; constructionism, STEAM education, project-based learning, programming competition, digital pedagogy, student motivation

1 Introduction

Adapting to digital culture and developing computational thinking have become fundamental challenges in contemporary public education. Research consistently shows that algorithmic thinking, problem-solving, and creative design develop most effectively when learners engage in active, experience-based, constructionist learning environments (Papert, 1980; Wing, 2006). The BBC micro:bit programmable microcontroller is particularly well suited for this purpose, as it provides an easy-to-use platform that connects the digital and physical worlds and supports creative making. It effectively enables “learning by doing” and “hands-on, mind-on learning” approaches (diSessa, 2000; Sentance & Waite, 2018).



Figure 1: BBC micro:bit (source: <https://bit.ly/47MkeGF>)

International research clearly demonstrates that microcontroller-based learning environments have a motivating effect, increase student engagement, and foster the development of a wide range of competencies (Micro:bit Educational Foundation, 2023). One of the first scientific analyses summarizing the Hungarian experiences (Abonyi-Tóth & Pluhár, 2019) highlighted that the micro:bit can be used particularly effectively to integrate STEAM domains, support independent exploration, and shape creative learning processes.

Within this pedagogical and research context, we launched the Wandering Kits (Micro:bit botorkálás) program in 2017, which within a few years developed into a significant initiative with nationwide reach and impact.

At the launch of the program, we had only two kits, each containing ten micro:bits, which we had acquired with the support of the Public Education Division of the John von Neumann Computer Society. These kits were sent to schools that agreed to participate in a two- to three-week testing period and then forward the devices to the next participating institution.

The early success of the program was evident from the substantial interest that emerged within the first months. In response to the growing demand,

the first external supporters appeared in the spring of 2018. In March, the Hungarian micro:bit distributor, Málna PC, offered an additional set of ten devices, allowing multiple schools to participate simultaneously. A few months later, in May 2018, ARM Hungary Ltd. – one of the developers of the core technologies behind the micro:bit – supported the initiative with a donation of 20 new kits. This support did not simply increase the quantity of available devices; it resulted in a significant expansion of capacity. The total number of micro:bits grew to several times its original size, enabling shorter waiting lists, longer loan periods for schools, and the extension of the testing phase to four weeks.

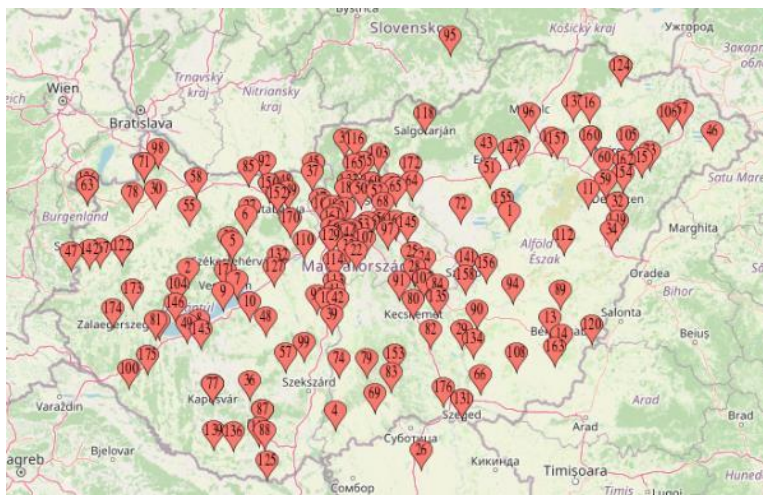


Figure 2: Settlements reached by the Wandering Kits program

The growth of the program did not stop in the following years. Responding to the increased interest from teachers and schools, in 2024 ARM Hungary Ltd. donated an additional 200 micro:bit V2 devices to the Wandering Kits program. Compared to the earlier V1 model, the micro:bit V2 offers several enhanced features, including a more powerful processor, larger memory, a built-in speaker and microphone, improved energy efficiency, and more sensitive sensor feedback — all of which significantly broaden the possibilities for classroom use and project-based learning.

This support proved to be a milestone, as the program had by then become one of the largest centrally coordinated educational device-lending systems in Hungary. The substantial pool of equipment not only enabled the continuous service of hundreds of schools, but also allowed for proper stock management, rapid replacement of faulty devices, and the involvement of

rural institutions that had previously lacked access to such tools. The loan period was extended to two months, and several kits were sent to schools beyond Hungary's borders that offer education in Hungarian.

The process of expansion illustrates how a local initiative can gradually develop into a nationwide program when the motivation of the professional community, the support of higher education, and the engagement of industry partners reinforce one another. Ultimately, the sustainability of the program was ensured by partnerships in which university-driven innovation was complemented by industry support grounded in social responsibility.

The teacher community formed around the program, the expanding infrastructure, and the academic background created the conditions for organizing Hungary's first National Micro:bit Programming Competition in 2025. The aim of this study is to summarize the pedagogical and organizational experiences of the program, with particular attention to the collaboration model that uniquely connected higher education, public education, teacher training, and industrial partners.

2 The impact of the Wandering Kits Program and its international context

Early research exploring the background of the Wandering Kits program (Abonyi-Tóth & Pluhár, 2019) highlighted that the micro:bit has become a tool in Hungarian public education that catalyzes teacher innovation and supports the creation of differentiated learning environments. The aim was to bring this innovative device to as many schools as possible, providing opportunities for experimentation before institutions decided on their own purchases. This core idea—supporting teacher decision-making, enabling risk-free experimentation, and promoting STEAM pedagogy—was fully aligned with international trends (Resnick, 2007; Greiff et al., 2014).

Analyses examining the role of microcontroller-based devices emphasize that these tools do not merely teach the technical aspects of programming; they also support learner creativity, design thinking, and interdisciplinary knowledge transfer (Jonassen, 2000). Our earlier Hungarian survey (Abonyi-Tóth & Pluhár, 2019), involving 78 schools, reinforces this claim: the vast majority of teachers viewed the micro:bit as a motivating, visually engaging, and easy-to-teach tool.

By 2025, the Wandering Kits program had reached more than 600 schools, engaging approximately 65,000 students. Its societal impact included a noticeable increase in innovation willingness, a growing institutional

¹ The Micro:bit Teachers' Community on Facebook:
<https://www.facebook.com/groups/898764273601915>

interest in device procurement, and the emergence of a self-organizing professional community among teachers. The online community formed on Facebook¹—with more than 1,700 members—contributed to the development of a knowledge-sharing ecosystem that has become a sustainable national foundation for microcontroller-based education.

3 The development and pedagogical significance of the National Micro:bit Programming Competition

The establishment of the national competition was closely connected to the earlier successes of the Wandering Kits program, while also representing a new level of quality. The concept of the competition aligns with international efforts aimed at developing digital competence through authentic, project-based tasks (OECD, 2021). When designing the tasks, special emphasis was placed on supporting algorithmic thinking, creative problem-solving, and interaction-based learning. The radio communication features and built-in sensors of the micro:bit provided excellent opportunities for this approach.

The narrative framework of the first round centered on astronauts stranded on a space station, who needed assistance in solving various problems to ensure their safe return home. The online qualifying round included challenges built around typical uses of sensors, radio communication, and graphical feedback—such as issuing danger alerts during a spacewalk, restoring oxygen levels in a damaged tank, recalibrating the navigation system, “charging” energy storage units, synchronizing the opening of an emergency hatch, or setting the engine to the appropriate power level.

For the fixed tasks, we created photorealistic illustrations using artificial intelligence, further reinforcing the story-driven and immersive nature of the competition.



Figure 3: Illustrations created for the fixed tasks

As an example, let us examine one of the fixed tasks:

Charging the energy storage units: The spaceship's energy storage unit has fully discharged. Fortunately, it can be recharged using solar energy, which the astronauts are able to utilize. The depletion of the energy storage unit is indicated by a gradually fading icon on one of the micro:bits. The task of the teammate is then to illuminate the other micro:bit with a strong light source for a specified period of time, simulating how solar panels operate. After the required time has passed, the energy storage units become recharged and a  symbol appears on the displays, indicating successful completion of the task.

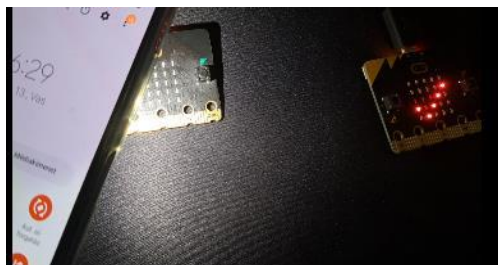


Figure 4: Students were required to document their solution in the form of a video recording

The task description provided an exact specification of the roles of the two micro:bits, and students had to develop their programs based on this specification.

Students were also required to present the operation of their application through a video demonstration. In the example below, illuminating one of the micro:bits with a smartphone flashlight causes the desired symbol to appear on the paired device.

In addition to completing the predefined fixed tasks, participants could also work on creative tasks, in which they invented and developed their own problem that fit within the narrative framework. These open-ended tasks enabled students to combine multiple devices available in their own school environment. We also asked teams to generate appropriate illustrations for their tasks using AI tools.

Below we present the image and problem description submitted by the team named **"Babrik."**



Figure 5: Illustration generated by students for one of the creative tasks

While exploring the spaceship, the crew comes across the storage room and decides to check whether everything needed is still there. One of the students notices an old, dusty box; upon opening it, they find a TPBot and two unprogrammed micro:bits. These two micro:bits must be programmed so that one functions as a controller and the other as a remote control, allowing the TPBot to move forward, stop, and turn right or left using the remote. Such a device would be extremely useful on the spaceship for searching through small gaps to locate lost items.

The tasks of the on-site final increased the overall level of complexity, as they required real-time cooperation, rapid reaction, measurement-based decision-making, state management, the use of a physical model (a lander-unit panel), and coordinated control of two micro:bits. Among other challenges, participants could synchronize security keys, monitor a heat shield, calibrate docking lights, or detect storage-unit errors — all framed within the narrative of assisting the astronauts on their journey home. The task structure thus simultaneously assessed technical competencies, communication skills, strategic planning, and effective teamwork.

Teams participating in the final round had to solve the tasks using a special panel (the Basic Experimentation Kit²) provided by Vígvári Rendszerház. This panel included a rotation-angle sensor, a pin header for connecting a Neopixel panel, red, yellow, and green LEDs, and their corresponding connection points. Using this panel, we simulated the landing module of a spacecraft.

The teams also received a brief documentation describing the use of the panel.

The two-tier structure of the competition — consisting of an online qualifying round and an on-site final — not only enabled the assessment of a wide range of competencies but also created multimodal learning situations in which students digitally documented their work, produced video demonstrations, and reflected on the solutions they had developed.

² https://www.vigvari.hu/basic-kiserletezo-keszlet-a-microbithez_954450

These activities align with emerging elements of digital culture that the literature refers to as extended digital literacy (Resnick, 2007).

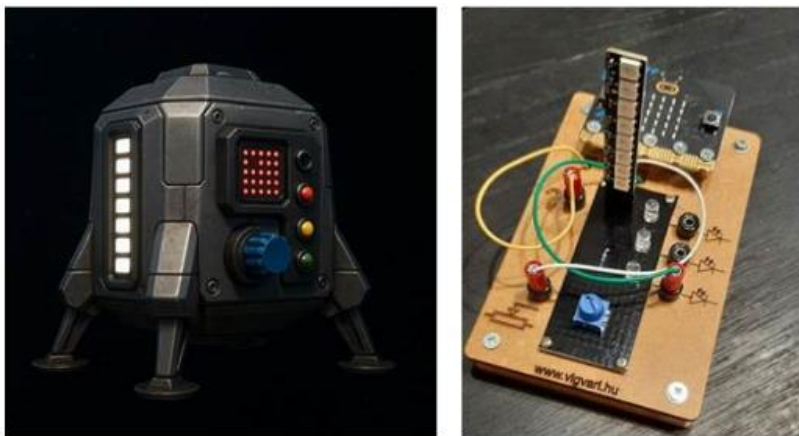


Figure 6: The imagined landing unit (left)
and the Basic experiment kit (right)

An innovative feature of the competition was that it allowed the supported use of artificial intelligence, while simultaneously emphasizing the importance of documenting the processes. This approach is consistent with the ethical framework that now forms part of international AI pedagogy, prioritizing responsible and transparent use.

4 Statistical evaluation of the submitted entries

The number of tasks solved in the submitted entries provided valuable data, much of which may serve as a basis for calibrating task difficulty in future competitions and adjusting the overall challenge level.

A total of 49 teams — 98 students — participated in the competition. Of these teams, 41 were from primary schools and 8 from secondary schools. As shown in Figure 7, Year 7 students represented the largest proportion of participants.

Among the primary school teams, 30 (73%), and among the secondary school teams, 7 (88%) submitted at least one creative task. The data (Figure 8) indicate that the first two fixed tasks appropriately represented the entry level, with exceptionally high completion rates. A noticeable drop in completion appears from task F3 onward, suggesting that this point marked a separation between teams with higher motivation and those less

committed. It also corresponds to a significant increase in task requirements.

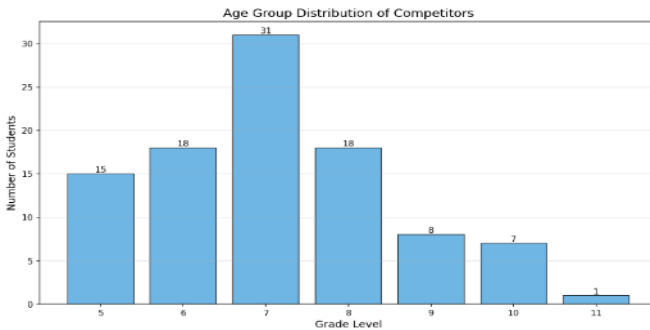


Figure 7: Distribution of participating students by grade level

In the creative task block, clear differences emerged. Task C1 was submitted by 37 teams, a higher number than for F5 and F6, indicating that the first creative task was more motivating. However, a substantial drop occurs between C1 and C2: only 11 teams submitted C2, a sharp decline likely due to the task requiring considerably more time, planning, or preparation.

A correlation matrix of task completion further supports these patterns. The first two fixed tasks (F1 and F2) functioned as entry-level tasks: they show weak or no correlation with the remaining tasks. In contrast, tasks F3–F6 exhibit very strong intercorrelations, indicating that once a team progressed beyond this point, it was highly likely to complete the other tasks of similar difficulty. These tasks thus served as the main differentiators. This is consistent with the task profiles: from F3 onward, more advanced programming solutions were required, including nested-loop matrix traversal, complex sensor-based conditional logic, and operations dependent on runtime.

The creative tasks form a separate cluster. They are moderately correlated with each other; notably, teams that submitted C2 were highly likely to submit C3 as well. Their correlations with the fixed tasks are weaker, confirming that the creative block measured a different set of competencies. Some teams that struggled with F3–F6 nonetheless succeeded in creative tasks, which required design-oriented, documentation-related, and creative production skills. The dual structure of the competition — combining fixed and creative tasks — fully met our expectations, as it allowed the identification and assessment of multiple skill profiles. It may be worth considering an increased emphasis on creative tasks in future competitions.

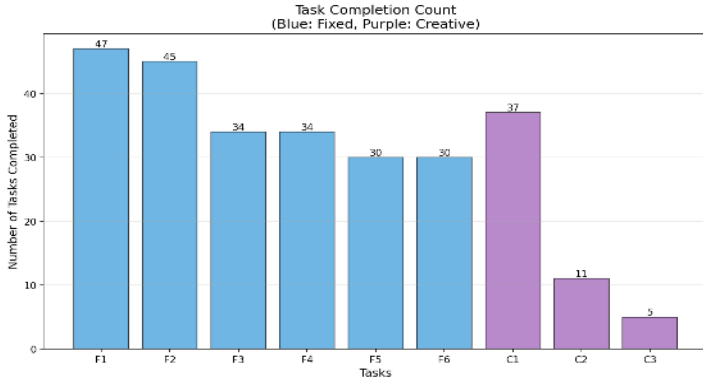


Figure 8: Number of submissions for each task

The distribution of team scores also indicates that the competition was well structured and effective at differentiation. The distribution is strongly right-skewed: the median score (7 points) is notably higher than the mean (5.57), suggesting that most teams performed well and that the participant pool was motivated, active, and well-prepared. The data also show that nearly all teams successfully surpassed the entry level, making the competition a positive experience even for the youngest participants. The peak around 7 points suggests that most teams solved the majority of the fixed tasks and also incorporated the first creative task into their submission.

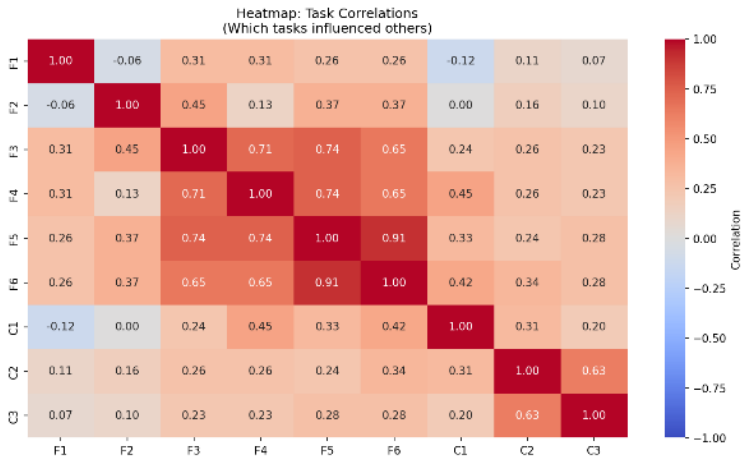


Figure 9: Correlation heatmap of fixed and creative task completion

Examining the influence of age on performance reveals that age had a statistically significant effect on outcomes (Figure 10). These differences particularly affect the 5th–6th grade group, which performed significantly worse ($p < 0.05$) than all other groups. There is also a difference between Years 7–8 and secondary level, but this difference is not statistically significant. These findings suggest that introducing a separate category for the youngest age group may help ensure more equitable competition conditions.

```
=====
AGE GROUP IMPACT ON PERFORMANCE
=====

Grades 5-6: n=15, mean=4.00, std=2.07
Grades 7-8: n=26, mean=5.96, std=2.31
Grades 9-10+: n=8, mean=7.25, std=1.75

One-way ANOVA Test (Age Groups):
  F-statistic: 6.8142
  p-value: 0.0026
  Result: SIGNIFICANT at  $p < 0.05$  [YES - Age group DOES impact performance]

Kruskal-Wallis Test (non-parametric):
  H-statistic: 12.0265
  p-value: 0.0024
  Result: SIGNIFICANT at  $p < 0.05$  [YES]

Pairwise Comparisons (Welch's t-test with Bonferroni correction,  $\alpha=0.05/3=0.0167$ ):
  Grades 5-6 vs 7-8:  $t=-2.8014$ ,  $p=0.0086$  [YES]
  Grades 5-6 vs 9-10+:  $t=-3.9716$ ,  $p=0.0010$  [YES]
  Grades 7-8 vs 9-10+:  $t=-1.6796$ ,  $p=0.1134$  [NO]
```

Figure 10: Statistical analysis of age-group effect on performance

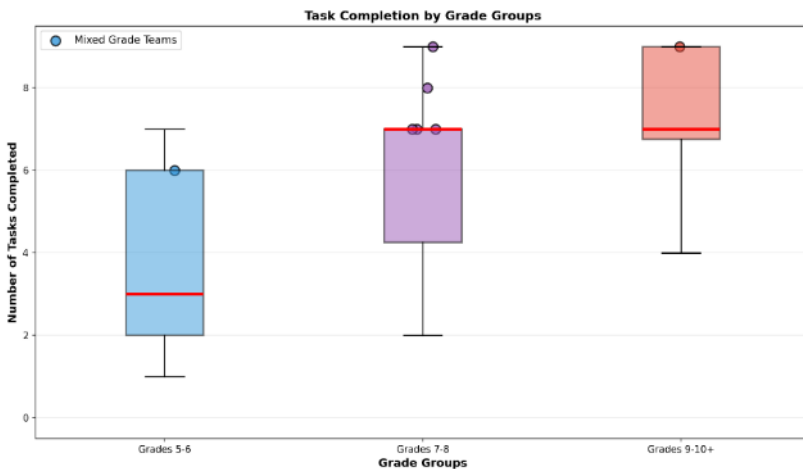


Figure 11: Number of tasks solved by age group

Further analysis of age-group performance (Figure 11) shows that mixed-age teams ($n=7$) consistently achieved better or near-best results. This effect is likely due to peer tutoring: older students could support younger teammates, lowering stress, improving motivation, and allowing problems to be approached from multiple perspectives — all factors that increased team effectiveness. In future competitions, it would be worthwhile to continue monitoring the performance of mixed-age teams to determine whether they consistently outperform homogeneous teams under competitive conditions.

5 The collaboration framework: university instructors, pre-service teachers, mentor teachers, and industry partners

The implementation of the competition was built on a complex, multi-layered collaboration structure that uniquely connected stakeholders across different levels of education. Our earlier research (Abonyi-Tóth & Pluhár, 2019) had already highlighted the key role of teacher professional development, which is strengthened through micro:bit-related innovations. The 2025 competition further deepened this process, particularly through the involvement of pre-service teachers.

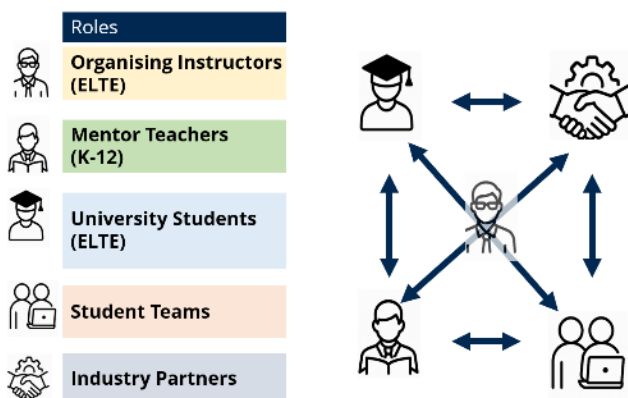


Figure 12: Roles and collaboration pathways within the competition

The pre-service teachers played an active role in managing registration, conducting preliminary evaluations of submitted entries, and even organizing the final event. While the jury was deliberating to determine the final results, our pre-service teachers delivered engaging sessions for the students invited to the finals. This involvement strengthened not only their practical skills but also their professional identity — aligning with

Turcsányi-Szabó's (2012) assertion that the impact of experience-based pedagogical innovation is strongest when students assume real responsibility in authentic educational contexts.

Teachers in public education contributed by mentoring student teams, pre-testing tasks, and preparing their school communities, demonstrating practical forms of STEAM-based collaborative learning. This work was complemented by the support of industry partners, who contributed device donations, professional mentoring, and participation in the jury.

One of the key sources of success for the Micro:bit Programming Competition was the genuine, multi-directional collaboration that emerged among all participants. The competition was not merely an event but a learning ecosystem in which everyone collaborated with everyone else toward a shared goal: creating motivating, experience-based learning opportunities.

6 Pedagogical outcomes, reflection, and future development opportunities

The pedagogical value of the Wandering Kits program and the National Micro:bit Programming Competition is multi-layered, encompassing the development of students, in-service teachers, and pre-service teachers alike. The statistical data collected during the competition clearly demonstrate that the task structure was well suited for differentiated competence assessment: the entry-level tasks provided every team with a sense of achievement, while the F3–F6 block effectively distinguished teams producing more advanced solutions, thereby fulfilling a stable diagnostic function. Performance on the creative tasks was particularly indicative of those student groups who possessed strong design, creative, and documentation skills.

One of the most significant outcomes of the competition was the high level of motivation and perseverance shown by participating students. The AI-generated illustrations associated with creative tasks, the independent formulation of problems, and the video-based documentation all indicate that students worked out of intrinsic interest and personal commitment. The outstanding performance of mixed-age teams is particularly noteworthy: the data suggest the positive effects of peer tutoring and social learning within heterogeneous groups, reinforcing international findings on the benefits of cooperative technologies.

The involvement of pre-service teachers represents another major pedagogical achievement. Their responsibilities — ranging from managing

registration to conducting preliminary evaluations and supporting the organization of the final — provided them with authentic, real-world teaching and learning situations. This experience aligns with the principles of reflective teacher education and clearly strengthened their professional identity, project-management competencies, and digital pedagogical design skills. The active participation of mentor teachers from public education further expanded the dimensions of the professional learning community, while the involvement of industry partners legitimized the program within the broader ecosystem of technological innovation.

Looking ahead, the most prominent development opportunity is the international expansion of the competition. The infrastructure of the Wandering Kits program and its learning model are suitable for export, creating the potential for regional collaborations. Another strategic direction is the introduction of AI-driven competition categories and new forms of documentation requirements, aligned with international expectations for responsible AI pedagogy. In addition, it may be beneficial to introduce a separate category for the youngest age groups and to increase the number of creative tasks, as the statistical results show that these tasks are highly motivating and measure competencies distinct from those assessed through fixed-specification tasks.

7 Conclusion

The Wandering Kits program and the National Micro:bit Programming Competition have together evolved into a nationwide, ecosystem-level model capable of integrating multiple layers of digital culture development — infrastructural, pedagogical, community-building, research-based, and innovation-oriented dimensions — into a single coherent process. Based on the results of the program, it is evident that microcontroller-based learning environments not only enable technological tool use but also foster the complex skills of creative learning, problem-solving, collaboration, and multidisciplinary design.

The key to the competition's success was the exemplary collaboration established among diverse educational stakeholders. The professional leadership of university instructors, the active involvement of pre-service teachers, the mentorship of in-service teachers, and the support of industry partners together created a shared platform that went far beyond the boundaries of a traditional academic competition. As a result, the initiative has become one of the most significant innovation spaces in Hungarian digital pedagogy.

The statistical findings presented in this study confirm that the task structure was well balanced and suitable for differentiation and multidimensional competence assessment. The combination of creative and fixed tasks made it possible to examine technical, design, and documentation skills in parallel. Overall, the program outlines a sustainable model that may serve as a reference not only for the integration of the micro:bit but also for the adoption of other digital tools and project-based learning environments at the national level.

Ultimately, the Wandering Kits program and the competition demonstrated that with appropriate infrastructure, strong professional partnerships, and a pedagogically well-designed task system, it is possible to provide a learning experience that meaningfully shapes the digital competence, confidence, and creative thinking of both students and future educators. The program has become one of the most successful grassroots initiatives in the development of digital culture in Hungary and remains a promising starting point for further pedagogical innovation.

References

1. PAPERT, S. *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books, 1980.
2. DISESSA, A. *Changing minds: Computers, learning, and literacy*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.
3. WING, J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*. Vol. 49, Iss. 3, 2006, p. 33–35.
4. RESNICK, M. Sowing the seeds for a more creative society. *Learning and Leading with Technology*. Vol. 35, Iss. 4, 2007, p. 18–22.
5. JONASSEN, D. H. Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*. Vol. 48, Iss. 4, 2000, p. 63–85.
6. GREIFF, S. – WÜSTENBERG, S. – CSAPÓ, B. – DEMETRIOU, A. – HAUTAMÄKI, J. – GRAESSER, A. C. – MARTIN, R. Domain-general problem-solving skills and education in the 21st century. *Educational Research Review*. Vol. 13, 2014, p. 74–83.
7. SENTANCE, S. – WAITE, J. Teachers' experiences of using BBC micro:bit in primary and secondary schools in England. In *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. New York: ACM, 2018, p. 1–6.
8. TURCSÁNYI-SZABÓ, M. Aiming at sustainable innovation in teacher education – from theory to practice. *Informatics in Education*. Vol. 11, Iss. 1, 2012, p. 115–130.
9. MICRO:BIT EDUCATIONAL FOUNDATION. *Micro:bit Educational Impact Report*. 2023, [on-line] Available at: <https://microbit.org>

10. ABONYI-TÓTH, A. – PLUHÁR, ZS. Wandering microbits in the public education of Hungary. In *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 11913, 2019, p. 189–199.
11. OECD. *21st-century readers: Developing literacy skills in a digital world*. Paris: OECD Publishing, 2021.

Contact address

Doc. Andor Abonyi Tóth, PhD. – Bence GAÁL, PhD.

Eötvös Lorand University, Faculty of Informatics,
Department of Media and Educational Technologies

1/C Pázmány P. sny., Budapest, H-1117

e-mail: abonyita@inf.elte.hu, e-mail: gaalbence@inf.elte.hu

METHODS FOR SOLVING TASK TYPES USING SPREADSHEET AND PROGRAMMING

Péter BERNÁT, Gábor TÖRLEY, HU

Abstract: One of the primary goals of the Information Technology (Computer Science) subject is to develop students' problem-solving thinking. Tasks related to data storage and processing constitute a significant and thoroughly covered topic within the subject, and they are often solvable using both spreadsheet software and programming languages. In our previous articles, we highlighted the theoretical possibilities of linking the teaching of spreadsheets and programming. In this publication, we explore the various possible solutions in spreadsheets and in programming for typical data-processing tasks and problems, as well as their conceptual and methodological connections.

Keywords: spreadsheet, programming, problem solving, algorithmic thinking, teaching methods.

1 Introduction

Within the subject of Information Technology (Computer Science), one of the most straightforward ways to develop problem-solving skills is teaching programming, which is very effective for improving algorithmic thinking and abstraction skills. In contrast, spreadsheets are often seen mainly as an application-focused area, usually connected only to mathematics. Many people think the main link between the two topics appears in macro programming.

In our earlier papers [1] [2], we compared the conceptual systems of spreadsheets and programming on a theoretical level. In this paper, using the case study method, we show the didactic connection between the two areas through solutions to specific tasks at different levels of abstraction. For each task, we first analyze the solution in spreadsheets and then the one that can be created with programming, following the practice of public education, where spreadsheets are taught earlier than programming.

Within both spreadsheets and programming, we present the solutions using specific tools: for spreadsheets, we chose Microsoft Excel, the most used system in Hungarian public education, and for programming, we used the C#

language. We chose C# partly because it can be used in the Hungarian final exam, and partly because it is the language used in the introductory programming courses of the ELTE computer science and computer science teacher training programmes. Next to most of the C# code, we also provide pseudocode, since the programming language itself is only a tool, and its specific features do not affect our basic programming thinking.

2 Literature review

According to Szalayné [3], the tables created in spreadsheet software can be seen as programs that contain data and predefined algorithms. Although students appear to work with tables, they need to understand and create “programs”, meaning solutions with functions. In this way, spreadsheets can be used to teach programming indirectly.

Bíró and Csernoch state [4] that spreadsheet software can be used as a tool for problem-solving, and their Sprego method is suitable for developing students’ computational thinking and algorithmic skills.

Many basic programming concepts have their counterparts in the terminology of spreadsheets. Kankuzi and his colleagues suggest [5] that teaching spreadsheets before introducing programming can be beneficial, because the fundamental programming concepts can be introduced indirectly through spreadsheet-related problems.

According to Warren [6], if students first use spreadsheets and then move on to a chosen programming language, they can reach more complex algorithms more quickly within the curriculum.

3 Task types

In public education, both spreadsheet and programming topics typically involve tasks related to data sets. In spreadsheets, these data sets are almost always one (or more) tables, while in teaching programming, tasks related to one-dimensional data structures (such as arrays) usually come before tasks involving multi-dimensional data structures. At the same time, in both subjects, it is common to group tasks into types based on their solution methods.

For example, let us consider a table as a data set that summarizes the oral and written scores of ten language exam candidates in a Hungarian basic-level language exam. For both parts of the exam, a minimum of 30 points out of the maximum 50 was required to pass (Table 1).

Table 1: The initial table used for the tasks

	Name	Oral	Written
01	Marie Dubois	28	38
02	Luc Moreau	9	17
03	Emily Johnson	15	25
04	Carlos García	32	38
05	Anna Schmidt	24	23
06	Li Wang	28	21
07	Camille Lefèvre	46	27
08	Oliver Smith	31	49
09	Lukas Müller	27	40
10	Wei Zhang	42	50

For this data set, the following task types and specific tasks can be given as examples (Table 2).

Table 2: Possible task types and tasks related to the initial table

Task type	Task
Sorting	Sort the data in descending order by oral exam scores!
Aggregation	What was the average score of the candidates in the oral part?
Filtering	Display only those who passed the oral part!
Conditional Aggregation	What was the average score in the written part for those who passed the oral part?
Counting	How many candidates passed the oral part?
Decision	Is there anyone who passed the oral part?
Selection / Lookup	How many points did the candidate with ID 07 get in the oral part?

In programming, the task types listed above can be associated with type algorithms or combinations of them. The Digital Culture 10 textbook [7], based on the 2022 National Curriculum (NAT), also lists type algorithms: sequence calculation (summation and averaging), decision, selection, search, counting, and finding the maximum or minimum.

In university-level teaching, in our introductory programming course, these type algorithms are called programming theorems, because their correctness can be mathematically proven. Task classes can be assigned to these type algorithms. This classification is useful because understanding the solution method for one task type allows us to solve all tasks in that class. Specific tasks can always be traced back to one of the task types. At the university level, two additional task types are added to the six mentioned above [8]: copying (function calculation) and filtering.

We will demonstrate in detail how different levels of abstraction can be used to solve the same problem in spreadsheets and programming, and what didactic connections can be found and exploited between these solutions, using the counting task type and, as a supplement, the *decision* task type.

4 Counting and its subtypes

Within each task type, different subtypes can also be defined. For example, tasks belonging to the *counting* type can be distinguished based on the type of condition (Table 3)

Table 3: Subtypes of the counting task type and example tasks related to the initial table

Condition type	Task
Simple	How many candidates passed the <i>oral</i> part?
AND condition	How many candidates passed <i>both parts</i> of the exam?
OR condition	How many candidates passed <i>at least one part</i> of the exam?
Calculated	How many candidates scored at least 70 points <i>in total</i> ?

In our study, we will focus on the first subtype within the counting task type. We will explore various ways to answer the question: “*How many candidates passed the oral exam?*” Our focus is not on the different ways of defining conditions, but on the relationship between solutions of different abstraction levels in spreadsheets and programming.

5 Level 1 solution for counting

5.1 Spreadsheets

To work with the initial table in a spreadsheet, we need to place it on a worksheet, for example starting from cell A1 (Table 4). The Excel formulas presented below will refer to the cells in this worksheet.

Table 4: Initial data in Excel

	A	B	C	D
1	ID	Name	Oral	Written
2	01	Marie-Dubois	28	38
3	02	Luc-Moreau	9	17
4	03	Emily-Johnson	15	25
5	04	Carlos-García	32	38
6	05	Anna-Schmidt	24	23
7	06	Li-Wang	28	21
8	07	Camille-Lefèvre	46	27
9	08	Oliver-Smith	31	49
10	09	Lukas-Müller	27	40
11	10	Wei-Zhang	42	50

Spreadsheet applications provide built-in functions for performing counting-type operations. In Excel, the type of condition must be considered when choosing the proper function. In the question *“How many candidates passed the oral exam?”* the condition is simple, as we want to count those who passed the oral exam. In this case, the question can be answered using the COUNTIF function (Listing 1).

=COUNTIF(C2:C11, ">=30")

Listing 1: Level 1 solution for counting in Excel

5.2 Programming

Within the field of programming, creating an algorithm must always be preceded by designing and implementing the appropriate data structure. Unlike spreadsheet applications, we do not have a complex data type that would allow us to reference every cell in a table while also expressing the logical relationship and meaning of data within rows. A matrix as a data

structure could only satisfy the first requirement. Furthermore, it has an additional limitation: by definition, all its elements must be of the same type, which prevents handling different kinds of data together (for example, names and scores).

For this reason, in programming we will use an array whose elements are records. This way, indexing of elements (essentially the rows) is preserved, and the fields of the record will express the logical relationship and meaning of the elements within a row. Note that in our introductory courses we do not introduce type algorithms (schema algorithms, programming theorems) using records, but the concepts described in this article can also be applied to simpler data structures, such as arrays of integers.

Below (Listing 2), you can see the data structure corresponding to the initial table, as well as the array declaration, where the variable *count* represents the number of candidates.

```
struct language_exam
{
    public int id;
    public string name;
    public int oral;
    public int written;
}
language_exam[] exams = new language_exam[count];
```

Listing 2: Data structure of the initial data in C#

In C#, aggregate functions, lambda calculus, and LINQ provide tools that allow us to use built-in functions to solve the task. Similar or identical tools are available in many other programming languages as well.

Using built-in functions, we can answer the question in C# as shown in Listing 3.

```
int passedOralCount = exams.Select(element =>
    element.oral).Count(result => result >= 30);
```

Listing 3: Level 1 solution for counting in C#

Using built-in functions, we can answer the question in C# as shown in Listing 3. From the data, we select the *Oral* column (*Select*) and count (*Count*) the scores that are greater than or equal to 30. The reasoning is the same as in spreadsheets: we count the appropriate elements. The main difference is that while in a spreadsheet we specify the range of data in a formula, in programming we select the appropriate record field (the “column”) by name.

6 Level 2 solution for counting

The direct solution given above can be divided into two sequential steps: first, filter the candidates who passed the oral exam, and then count only them.

6.1 Spreadsheets

An illustrative (but not automatically updating) way to perform these two steps in Excel is to use the filter option and then read the count of the selected data: by applying a “*greater than or equal to*” number filter to the *Oral* column, we can first display only the rows of candidates who passed the oral exam. Then, for example, after selecting the oral scores, we can read the count of the selected data in the status bar at the bottom of the Excel window.

The same two steps can be implemented in a way that automatically updates when the initial data changes, by using the FILTER and COUNT functions consecutively. First, the FILTER function can return the oral scores that are 30 or higher, and then the number of elements in the resulting array can be determined using the COUNT function (Listing 4).

```
=COUNT(FILTER(D2:D11,D2:D11>=30))
```

Listing 4: Level 2 solution for counting in Excel

6.2 Programming

In C#, this level of solution is not typical because a built-in function (Listing 3) exists for counting. However, some languages (such as JavaScript) do not provide such a high-level function that returns the number of elements in a sequence meeting a certain condition.

The second-level solution can also be created using built-in functions in C# (Listing 5).

```
int passedOralCount = exams.Where(element =>  
    element.oral>=30).Select(element =>  
    element.oral).ToArray().Length;
```

Listing 5: Level 2 solution for counting in C#

7 Level 3 solution for counting

7.1 Spreadsheets

A lower-level solution can be created by implementing the FILTER function using simpler functions and a helper column. For the question we are

studying, the following approach can be used. First, fill a helper column to the right of the main table with an IF function so that it contains only the oral scores of candidates who passed the oral exam, leaving the other cells empty (""). Second, count the numbers in this column (Table 5). (Alternatively, we could write 1s and 0s in the helper column for the two cases and then use the SUM function instead of COUNT to determine the number of entries.)

Table 5: Level 3 solution for counting in Excel

	C	D	E	F	
1	Oral	Written			
2	28	38		=IF(C2>=30,C2,"")	
3	9	17		=IF(C3>=30,C3,"")	
4	15	25		=IF(C4>=30,C4,"")	
5	32	38		32	=IF(C5>=30,C5,"")
6	24	23			=IF(C6>=30,C6,"")
7	28	21			=IF(C7>=30,C7,"")
8	46	27		46	=IF(C8>=30,C8,"")
9	31	49		31	=IF(C9>=30,C9,"")
10	27	40			=IF(C10>=30,C10,"")
11	42	50		42	=IF(C11>=30,C11,"")
12					
13				4	=COUNT(F2:F11)

7.2 Programming

The previous reasoning does not appear with static arrays, as it would lead to the selection algorithm, which “implicitly” includes counting (at the end of the algorithm, the number of selected elements appears in an auxiliary variable), making it unnecessary to store the selected elements separately. However, if we implement the selection algorithm using a dynamic array type, the result of the algorithm does not explicitly reveal how many elements were selected: we need to query the size of the resulting dynamic array (Listing 6).

This approach is mainly relevant for languages that do not support static arrays (such as Python).

Algorithm

```
Variable
  i: Integer
passedStudents := []
For i:=1 to count do
  If exams[i].oral >= 30
  then
    insertAtEnd(
      passedStudents,
      exams[i].oral)
End For
passedOralCount :=
passedStudents.size
```

Code

```
int passedOral = 0;
List<int> passedOralResults =
new List<int>();
for (int i = 1; i <= count; i++)
{
  if (exams[i - 1].oral >= 30)
    {passedOralResults.Add
(exams[i - 1].oral);}
}
passedOralCount =
passedOralResults.Count;
```

Listing 6: Algorithm and C# code of the level 3 solution for counting

8 Level 4 solution for counting

The idea for a more efficient algorithm comes from the method of mental calculation. If the table were only available in printed form and we had to determine the number of candidates who passed the oral exam in our heads, we could follow this algorithm: go through the *Oral* column one by one from top to bottom, and each time a value is at least 30, add one to a running count (which starts at 0). After processing the last cell of the column, the running total will be the result. Note that this solution, unlike the one described in the previous section, does not create a separate data structure containing the oral scores that are 30 or higher.

8.1 Spreadsheets

The solution described above can be implemented in Excel as follows (Table 6). The result is shown in cell F12.

Table 6: Level 4 solution for counting in Excel

	C	D	E	F
1				Count
2	Oral	Written		0
3	28	38		0
4	9	17		0
5	15	25		0
6	32	38		1
7	24	23		1
8	28	21		1

=IF(C3>=30,F2+1,F2)
 =IF(C4>=30,F3+1,F3)
 =IF(C5>=30,F4+1,F4)
 =IF(C6>=30,F5+1,F5)
 =IF(C7>=30,F6+1,F6)
 =IF(C8>=30,F7+1,F7)

9	46	27	2	=IF(C9>=30,F8+1,F8)
10	31	49	3	=IF(C10>=30,F9+1,F9)
11	27	40	3	=IF(C11>=30,F10+1,F10)
12	42	50	4	=IF(C12>=30,F11+1,F11)

8.2 Programming

This reasoning leads us to the counting algorithm. We examine each element in turn, and if the current element meets the condition, we increment a variable (initialized to 0) called *passedOralCount* by one (Listing 7).

Algorithm	Code
Variable i: Integer passedOralCount := 0 For i:=1 to count do If exams[i].oral >= 30 then passedOralCount := passedOralCount + 1 End For	<pre>int passedOralCount = 0; for (int i = 1; i <= count; i++) { if (exams[i - 1].oral>=30) { passedOralCount++; } }</pre>

Listing 7: Algorithm and C# code of the level 4 solution for counting

In spreadsheets, the role of the IF function (Table 6) corresponds to the conditional control structure in the algorithm. If the current array element meets the condition, we add 1 to the current count; otherwise, we do nothing.

9 Level 4 solution for decision

After the detailed discussion of the counting task type, we will briefly address the decision task type. For the specific initial table and the previously examined question *“How many passed the oral part?”*, the related decision-type question is: *“Is there anyone who passed the oral part?”* This is a yes-or-no question: the answer only needs to indicate whether someone passed, not how many.

We discuss this task type for two reasons. First, Excel does not provide a single function to solve it directly; instead, one must count the entries and then check whether the result is at least 1. Second, in programming, the same two-step solution is possible, but it is not the most efficient approach and therefore does not represent the task type’s type algorithm.

For this task type, we want to highlight the insight observable at the fourth level, so we will now present only the level-4 solution in detail for both spreadsheets and programming.

9.1 Spreadsheets

The basic idea of the level-4 solution for the decision task type can also be to maintain a running result with an appropriate initial value, updating it as needed. We can realize that the running result should indicate whether there has already been a value meeting the condition up to the current value.

For the specific question *“Is there anyone who passed the oral part?”*, the running result for any candidate should be TRUE if either one of the previous candidates has already passed the oral part, or the current candidate passed it. This solution can be implemented as shown (Table 7). The result can be read in cell F12, although it already appears in cell F6.

Table 7: Level 4 solution for decision in Excel

	C	D	E	F
1				Exists
2	Oral	Written		FALSE
3	28	38		FALSE =OR(F2,C3>=30)
4	9	17		FALSE =OR(F3,C4>=30)
5	15	25		FALSE =OR(F4,C5>=30)
6	32	38		TRUE =OR(F5,C6>=30)
7	24	23		TRUE =OR(F6,C7>=30)
8	28	21		TRUE =OR(F7,C8>=30)
9	46	27		TRUE =OR(F8,C9>=30)
10	31	49		TRUE =OR(F9,C10>=30)
11	27	40		TRUE =OR(F10,C11>=30)
12	42	50		TRUE =OR(F11,C12>=30)

9.2 Programming

The novelty in the fourth-level solution for the decision task type – and this can be observed by comparing it to the spreadsheet solution – is that once the running result changes from FALSE to TRUE, it is unnecessary to process further candidates. The spreadsheet application cannot “think” this way because its functions always process all data, whereas in programming we can terminate processing when appropriate.

When teaching programming fundamentals, we clearly distinguish between task types that use a counting loop and those that use a pre-test loop, and based on the efficiency considerations above, we may conclude that a new

loop type is needed. Nevertheless, many beginner programmers find it more natural to use a loop that processes *all* elements and sets a Boolean variable (initially FALSE) to TRUE when the condition is met for the current element. The spreadsheet example, however, may encourage us to process elements only until the desired condition is satisfied. The pre-test loop and the decision algorithm work exactly this way (Listing 8).

Algorithm

```
Variable
  i: Integer
i := 1
While i <= count and
  exams[i].oral < 30
  i := i + 1
End While
exists := i <= count
```

Code

```
int i = 1;
bool exists;
while (i <= count &&
  exams[i-1].oral < 30)
{
  i++;
}
exists = i <= count;
```

Listing 8: Algorithm and C# code of the level 4 solution for decision

10 Conclusion

In this paper, we primarily aimed to show that in teaching both spreadsheets and programming, it is worthwhile to examine and develop solutions to task types at different levels of abstraction. On the one hand, this is because solutions at different levels often show significant similarities (and sometimes instructive differences) across the two areas, allowing students to transfer knowledge from one area to the other. On the other hand, it demonstrates that typically multiple levels of solution exist for a problem, often with connections between them. Moreover, higher-level solutions can help students understand the essence of a problem, while lower-level solutions can guide them toward more efficient approaches.

We also wanted to show that spreadsheets are not merely an application tool; even before learning programming, students encounter fundamental algorithmic concepts such as conditions, iteration, counting, and selection.

In public education, students usually become familiar with spreadsheets before type algorithms (programming theorems). This provides an opportunity to build teaching programming on existing spreadsheet knowledge and to use spreadsheets consciously during the introduction of programming.

In this paper, we examined the counting and decision task types, but our research plans include applying a similar method to other standard task types as well.

Our final message is that spreadsheets and programming are not two isolated areas but mutually reinforcing tools. Exploring solution paths at different levels of abstraction ultimately enables students to develop comprehensive, flexible, and adaptable problem-solving skills.

References

1. TÖRLEY, G. – ZSAKÓ, L. – BERNÁT, P.: Didactic Connection between Spreadsheet and Teaching Programming. In *Athens Journal of Technology and Engineering*, 9. 2., 2022, pp. 77-94.
2. TÖRLEY, G. – BERNÁT, P.: Spreadsheet As An Algorithm Visualization Tool. In *XXIV. DidMatTech*, Budapest, ELTE Faculty of Informatics, 2021, pp. 15-27.
3. SZALAYNÉ TAHY, ZS.: How To Teach Programming Indirectly – Using Spreadsheet Application. In *Acta Didactica Napocensia*, 9. 1., 2016, pp. 15-22.
4. BÍRÓ, P. – CSERNOCH, M.: Algoritmusok és/vagy táblázatkezelés? In *VII. Oktatásinformatikai Konferencia Tanulmánykötet*, 2015, Budapest, ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar, pp. 97–111.
5. KANKUZI, B. – ISONG, B. – LETLONKANE, L.: Using the spreadsheet paradigm to introduce fundamental concepts of programming to novices. In *Proceedings of SACLA'17*, Potchefstroom, North-West University, 2017, pp. 39-45.
6. WARREN, P.: Learning to program: spreadsheets, scripting and HCI. In *Proceedings of the Sixth Australasian Conference on Computing Education*, vol. 30, Darlinghurst, Australian Computer Society, Inc., 2004, pp. 327–333.
7. PINTÉR, G. (ed.): *Digitális kultúra 10. tankönyv*. Oktatási Hivatal, 2020, ISBN 978-615-6256-39-3 [on-line] https://www.tankonyvkatalogus.hu/storage/pdf/OH-DIG10TA_teljes.pdf
8. SZLÁVI, P. – TÖRLEY, G. – ZSAKÓ, L.: Programming theorems have the same origin. In *Central-European Journal of New Technologies in Research, Education and Practice*, 2019, 1. 1., pp. 1-12.

Contact address

Dr. Péter Bernáth, PhD., Dr.Gábor Törley, PhD.
Eötvös Loránd University, Faculty of Informatics,
Department of Media and Educational Technologies
Pázmány P. stny 1/C, H-1117 Budapest,
bernatp@inf.elte.hu, gabor.torley@inf.elte.hu

HOW MULTIMEDIA CONTENT SHAPES LEARNING PERFORMANCE IN E-LEARNING: A COMPARATIVE STUDY

Miroslava CIMERMANOVÁ, SK

Abstract: E-learning is becoming an integral part of teaching in today's universities. Its effectiveness depends not only on content but also on form. Research by Dykman & Davis (2008) emphasizes the need for well-designed e-learning courses that improve communication between teachers and students and influence the level of understanding of the subject matter. From the perspective of multimodal learning theory (Turek, 1997 In Töröková & Števčík, 2013), multimedia content can significantly support information processing and improve motivation and cognitive processes. The aim of the presented study was to analyze the impact of multimedia content on the performance of university students in the subject Interactive Whiteboard in Education and, at the same time, to examine the relationships between the evaluation of student outputs and the level of their executive functions measured by selected subtests of the Slovak adaptation of D-KEFS. The research was conducted over two academic years. The first group completed the original version of the course without multimedia, while the second group worked with a course supplemented with multimodal content (video tutorials, interactive presentations, Padlet). Student activities were assessed according to seven criteria (K1–K7) focused on technical quality, creativity, content appropriateness, and authorial contribution. The analysis also included measurements of executive functions (cognitive flexibility, inhibition, attention) performed on some of the students, which subsequently enabled a correlation comparison with the assessment of outputs. The results showed that multimedia content had a positive impact on student performance and engagement. The second group achieved higher scores in some evaluation criteria and had a higher level of participation and interaction with the course. Correlation analysis revealed some relationships between D-KEFS scores and evaluation, but these did not reach statistical significance. Stronger links were found between the assessment criteria themselves (e.g., creativity – authorial contribution). The study confirms that multimedia is an effective pedagogical tool that supports motivation, information processing, and the quality of outputs. The limitations of the study relate to the sample size and the specific context of a single subject. Future research should focus on the long-term effects of

multimedia and its relationship to executive functions across different disciplines.

Keywords: E-learning, Multimedia, Higher education, Learning outcomes, Future teachers,

1 Introduction

Education is a fundamental pillar of our lives, so it is only natural that modern technologies are gradually finding their way into it. Their use in teaching has been the subject of research for several decades, both in face-to-face and distance learning. Stauffer (2022) points to the key skills of the 21st century, which include critical thinking, creativity, communication, collaboration, and digital literacy. When preparing future teachers who will be active in the years 2030-2060, it is necessary to consider that their future students will only be active in the years 2045-2075. We can only conclude that technology will advance significantly, and if we want to prepare these teachers (and subsequently their students) for life in the 21st century, their education must reflect current trends and prepare them for the effective implementation of digital tools in teaching practice.

During their studies, university students encounter a combination of face-to-face and distance learning. The COVID-19 pandemic, during which teachers had to adapt to the full implementation of digital tools in a short period of time, taught us an important lesson about the need for effective online education. This sudden shift clearly demonstrated the need to modernize online education at all levels of the school system.

Research by García-Martín et al. (2023), Al-Awidi and Alghazo (2012), and Winter et al. (2021) show that current teachers often do not feel confident enough in using digital tools in teaching, which points to the need for a transformation of undergraduate education and the development of digital competencies. Similar recommendations have been published not only in Slovakia and the Czech Republic (Burgerová, Piskura, Manenová, 2020), but also in an international context (Cuenca, 2010; Alnasib, 2023; Tomczyk et al., 2022; Kwaah et al., 2022).

This study focuses on making distance learning more effective through e-learning courses and the use of multimedia tools. The aim was to examine their impact on the quality of student outcomes in the Interactive Whiteboard course at the Faculty of Education of the University of Prešov. At the same time, we examined whether this approach affects course attendance and investigated correlations between the quality of outputs and the results of tests of students' executive functions.

2 Literature review

According to Dykman and Davis (2008), future teachers should have access to high-quality e-learning and distance learning courses while still studying at university. A well-designed course enables effective interaction between teachers and students and has a significant impact on the learning process and knowledge retention. The Faculty of Education at the University of Prešov has long used digital educational tools, including computer-assisted instruction and the LMS Moodle platform, which has been in operation since 2005 (Burgerová and Piskura, 2021).

LMS Moodle is mainly used to support face-to-face teaching – it allows document sharing, assignment submission, and student testing. This method can be more effective and transparent than the traditional submission process because it reduces the number of emails with submitted assignments. Testing provides immediate feedback, and teachers can monitor student activity, evaluate their work directly in the course, and set security features such as time limits, restrictions on returning to questions already answered, and control of open windows.

A common problem with e-learning courses is overloaded content, which can discourage students. Courses often appear monotonous and uninteresting, which can be improved by adding illustrations, images, or other motivational elements. The lack of multimedia and hypermedia is another weakness that we analyze in this study.

Multimedia content can significantly support student retention and motivation. Turek (1997, in Töröková & Števčík, 2013) states that people remember:

- 10% of what they read;
- 20% of what they hear;
- 30% of what they see;
- 50% of what they see and hear;
- 70% of what they see, hear, and actively do;
- and 90% of what they learn through their own experience.

Multimedia has therefore brought about a significant shift in knowledge retention and, when used correctly, can greatly support the achievement of desired results. However, it is also necessary to take into account external factors that influence learning and the correct dosage of multimedia. Multimedia demonstrations cannot fully replace real-life experiences, such as visiting a museum or conducting an experiment, but in situations where such experiences are unrealistic, they provide valuable support for learning.

The importance of multimedia technologies and their applications in education has been confirmed by several studies (Milovanovic et al., 2013; Aloraini, 2012; Al-Hariri & Al-Hattami, 2017; Barzegar et al., 2012; Chen & Xia, 2012), which have demonstrated improvements in student learning, simplification of abstract content, support for individualized approaches, and coordination of diverse groups.

3 Methodology

The aim of the presented study was to analyze the impact of multimedia content on the performance of university students in the subject Interactive Whiteboard in Education at the Faculty of Education, University of Prešov, and at the same time to examine the relationships between the evaluation of student outputs and the level of their executive functions, measured by selected subtests of the Slovak adaptation of D-KEFS.

To achieve this goal, two research groups participated in the study over two academic years. The first group completed the course in its original form, without multimedia supplements, while the second group worked with a course enriched with multimedia content.

The following subchapters describe the methods of data collection and analysis, the characteristics of the participants, the tools and materials used, as well as the procedure for evaluating student outputs and measuring executive functions.

3.1 Sample

The research sample consisted of two experimental groups of undergraduate students in primary education. The first group included 75 students ($n = 75$) who took the course without multimedia supplements, while the second group consisted of 89 students ($n = 89$) who had access to multimedia course content. The average age of the participants was 22.5 years.

The selection of participants was intentional. Since the number of students in both groups differed, this fact was taken into account in the analysis of the results. Both groups were evaluated under the same conditions and on the same task; the only difference was the course content, specifically the presence of multimedia tools in the second group.

Executive function tests were only performed on a sample from the second group ($n = 66$). During the research, we therefore worked with different samples, which was subsequently considered in the data analysis.

3.2 Methods

The research used a combination of quantitative analysis of student outputs and correlation analysis between performance and the level of executive functions. Student assignments were evaluated based on seven criteria (C1–C7), with each criterion being awarded a maximum number of points:

- K1 Age appropriateness (6 points)
- K2 Versatility for different hardware settings and environments (6 points)
- K3 Author's contribution (6 points)
- K4 Presence of motivational elements (6 points)
- K5 Comprehensibility of the assignment (6 points)
- K6 Appropriate technical difficulty in terms of student independence (5 points)
- K7 Divergence and creativity (5 points)

The maximum number of points for the submitted assignment, which consisted of a proposal for an educational activity on any topic using an interactive whiteboard, was 40 points. The main condition was that the interactive whiteboard had to be used in at least two activities.

The data analysis included a percentage comparison of the results of both groups, taking into account the different number of participants. The second method was a correlation analysis between the level of executive functions and the quality of student outputs, specifically the final scores of selected students. It was assumed that students with higher performance in executive function tests would achieve higher scores on the final assignments.

3.3 Tools and materials

Various tools and materials were used in the research, which made it possible to monitor not only the students' performance, but also the relationship between their cognitive abilities and their ability to work with multimedia content.

- Multimedia course supplements:
 - Video tutorials – available to students in the second group in the e-learning course, showing how to complete tasks for kindergarten and elementary school students using Kahoot, Bookcreator, Lumio, Orgpad, and Padlet.

- Interactive presentations – served as supplementary material for the topics "Usable Software" and "Artificial Intelligence in Teaching."
- Interactive Padlet environment – students had space to share their own suggestions and tips for usable software.
- The K1–K7 evaluation criteria for student outputs were used to quantify the quality of the submitted assignments and are described in detail in the Methods subchapter.
- Subtests from the Slovak adaptation of D-KEFS were used to measure selected executive functions. From the nine available subtests, we chose: Trail Making Test (TMT) – to test attention and cognitive flexibility, Color-Word Interference Test (Stroop test, ST) – to measure the ability to inhibit, i.e., suppress automatic responses.

For the purposes of our research, we focused on two executive functions: cognitive flexibility and inhibition. According to Kovalčíková (et al., 2016), cognitive flexibility is an important indicator of intelligence and represents an individual's ability to adapt to new and unexpected situations, creatively combine existing knowledge, and use it in innovative ways. In the context of our research, this means that students with higher flexibility are able to apply new tools more easily and adapt to the multimedia conditions of the course. The ability to inhibit is related to attention and how effectively students master more demanding software, which can influence their choice of tools and the type of activities they choose. Both functions are reflected in the quality of the submitted assignments and the assessment of points for individual activities.

3.4 Ethical aspects

The research was conducted in accordance with ethical principles. Student participation was voluntary, and anonymity and confidentiality of data were strictly maintained. Before the start of the study, participants were informed about the purpose of the research, the methods of data collection, and the possibility of withdrawing at any time without any consequences.

4 Discussion

In this section, we present the main findings of the research, which are based on an analysis of the quality of student outputs and testing of executive functions. The results are divided into two main areas:

- a comparison of student performance in the original version of the course and in the modified version with multimedia elements
- an analysis of the relationship between the level of executive functions and the quality of submitted assignments.

In the first part of the analysis, we focus on **comparing the final grades of both groups**.

The comparison of the two groups shows that after the course was modified, there was a shift towards higher quality outputs. In the original group, grades A (40-36 points) and B together accounted for 48% of the results (A = 26.67%; B = 21.33%). In the modified version of the course, this proportion increased to 62.15%, with A grades rising to 36.01% and B grades to 26.14%. At the same time, there was a decrease in C, D, and E grades (Table 1). The results thus indicate that students who worked with the multimedia version of the course achieved better results when evaluated according to the same criteria. It is likely that they better understood the requirements for completing the assignment, which was reflected in a more accurate understanding of the task and more consistent use of the available tools. At the same time, students in the second group worked more often with platforms that allowed them to create their own activities. In the original group, tools based on pre-prepared templates (e.g., Alf, LearningApps) were particularly preferred.

Table 1 Overview of grades obtained for the final assignment

Grade	Total before course adjustments	Relative frequency (%)	Cumulative relative frequency (%)	Total after course adjustments	Relative frequency (%)	Cumulative relative frequency (%)
A	20	26,67%	26,67%	32	36,01%	36,01%
B	16	21,33%	48,00%	23	26,14%	62,15%
C	25	33,34%	81,34%	22	25,24%	87,39%
D	10	13,33%	94,67%	9	10,32%	97,71%
E	4	5,33%	100,00%	2	2,29%	100,00%
FX	0	0,00%		0	0,00%	
Σ	75	100,00%		89	100,00%	

However, when interpreting these differences, it is necessary to consider several factors that we consider necessary to mention in this article. First, these are two different groups of students that cannot be considered identical. The first group served primarily to identify the limitations of the

original version of the e-course, and based on its outputs, the requirements for completing the assignment were refined. In the revised version of the course, these requirements were supplemented with specific examples that had previously been communicated mainly verbally.

Secondly, despite the establishment of precise evaluation criteria, subjectivity in the evaluation of individual assignments cannot be completely ruled out. Another factor is the varying degrees of motivation among students, as some of them may have approached the task with greater interest, while others may have been more concerned with meeting the minimum requirements. Finally, differences in previous experience and level of digital skills also play a role. Students who already had experience with the tools used could attempt more complex activities, which was also reflected in the final assessment.

The second part of the analysis of the results **consists of the correlation between the executive function tests and the final assignment submitted**. The analysis of the relationship between the results in the final assignments and the scores in selected executive function tests was performed on a sample of 66 students. The aim was to investigate whether there is a monotonic relationship between the number of points obtained and performance in individual test conditions. Since the data did not show a normal distribution (Shapiro–Wilk $p < 0.001$), the non-parametric Spearman correlation coefficient was used. (Figure 1)

The results did not show statistically significant relationships between the point scores and the individual conditions of the executive function tests. The correlation coefficients ranged around $\rho = 0.05$, indicating very weak to zero relationships. The highest (but still very weak) correlation appeared in the third condition of the Stroop test ($\rho = -0.138$; $p > 0.05$). The same trend was confirmed even after removing extreme values that could distort the results.

These findings suggest that there was no significant monotonic relationship between cognitive flexibility or inhibitory control and task performance. Student performance may have been influenced by several other factors, including motivation, digital skills, prior experience with technology, and level of active engagement during the semester. The results may also have been influenced by methodological aspects, such as group test administration, differences between administrators, or the sample size itself. Another limitation is the subjectivity of the assessment of outcomes, which may have reduced the sensitivity to detect more subtle relationships.

Since the analysis of the overall scores did not reveal any significant correlations, the next step was to examine the relationships between the conditions of the executive function tests and the individual evaluation criteria (K1–K7). Descriptive statistics of the criteria showed that students achieved the highest scores in age appropriateness (C1) and universality of activities for different hardware environments (C2). The lowest scores were recorded for divergent thinking and creativity (K7), suggesting that many students focused on meeting basic requirements rather than on creative task processing. More significant variability in criterion K3 (authorial contribution) points to different approaches to content creation.

Correlation Matrix		Body
Body	Spearman's rho	—
	df	—
	p-value	—
TMT_1_T	Spearman's rho	0.048
	df	64
	p-value	0.704
TMT_4_T	Spearman's rho	−0.050
	df	64
	p-value	0.690
ST_2_T	Spearman's rho	−0.123
	df	64
	p-value	0.325
ST_3_T	Spearman's rho	−0.138
	df	64
	p-value	0.268
ST_4_T	Spearman's rho	−0.023
	df	64
	p-value	0.855

Figure 1 Correlation between points scored and conditions in executive function tests

Correlations between individual criteria confirmed that the most interconnected aspects were those related to creativity. The strong relationship between K3 (authorial contribution) and K7 (divergence and creativity) suggests that students who demonstrated more creativity also made a more significant authorial contribution to their assignments. Significant correlations between K3, K4 (motivational elements), and K7 further show that more creatively processed

assignments often contained more motivational components. The relationship between K1 (age appropriateness) and several qualitative criteria is also interesting, which may mean that precise targeting of the age group is related to the overall quality of the work. (Figure 2)

Correlations (KT_VYS)													
Marked correlations are significant at $p < ,05000$													
N=66 (Casewise deletion of missing data)													
Premenná	TMT_1_T	TMT_4_T	ST_2_T	ST_3_T	ST_4_T	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	
TMT_1_T	1,000												
TMT_4_T	0,310	1,000											
ST_2_T	0,214	-0,101	1,000										
ST_3_T	0,219	0,589	0,234	1,000									
ST_4_T	0,253	0,592	0,172	0,641	1,000								
K1	0,250	-0,030	-0,078	0,001	0,129	1,000							
K2	-0,186	-0,094	0,057	-0,181	-0,138	0,046	1,000						
K3	-0,039	-0,068	-0,069	-0,038	0,067	0,292	-0,011	1,000					
K4	0,027	-0,005	-0,016	0,065	0,094	0,398	0,078	0,415	1,000				
K5	0,019	0,118	-0,103	0,025	0,074	0,303	0,091	0,237	0,222	1,000			
K6	0,171	0,181	0,024	-0,098	-0,090	0,023	-0,005	0,118	0,157	-0,008	1,000		
K7	-0,038	-0,117	-0,030	-0,038	0,060	0,233	0,060	0,660	0,509	0,240	-0,127	1,000	

Figure 2 Correlation matrix between evaluation criteria and individual conditions

5 Conclusion

The results of the research showed that the addition of multimedia elements to the e-learning course had a positive impact on the quality of student output. Students in the innovated version of the course achieved better grades, created more original activities, and demonstrated a better understanding of the assignments. Although it was not possible to demonstrate clear relationships between the level of executive functions and the overall score, the analysis indicated correlations between individual assignment quality criteria, particularly in the areas of creativity and originality.

The findings confirm the importance of the thoughtful use of multimedia in higher education and the need for further research into its impact on student performance and digital competencies.

This work has been supported by the Scientific Grant Agency of the Slovak republic VEGA under the Grant No. 1/0163/25 Systémové riešenia úrovne digitálnych kompetencií v univerzitnom priestore v súlade so štandardami EÚ

References

1. DYKMAN, C. A., DAVIS, C. K., 2008. Online Education Forum: Part Two - Teaching Online Versus Teaching Conventionally. *Journal of Information Systems Education*, 19(2), 157-164. ISSN 1055-3096
2. TÖRÖKOVÁ, A., ŠTEVČÍK, M., 2013. *Tvorba edukačných multimédií*. Bratislava : Metodicko-pedagogické centrum v Bratislave, ISBN 978-80-8052-593-4
3. STAUFFER, B., 2022. Ultimate Guide to Teaching 21st Century Skills in Secondary Schools. *Applied Educational Systems*. [online]. [cit. 02. mája 2024]. Dostupné z: <https://info.aeseducation.com/ultimate-guide-teach-21st-century-skills>
4. GARCÍA-MARTÍN, J., RICO, R., GARCÍA-MARTÍN, S. (2023). The perceived self-efficacy of teachers in the use of digital tools during the COVID-19 pandemic: A comparative study between Spain and the United States. *Behavioral Sciences*, 13(3), 213. <https://doi.org/10.3390/bs13030213>
5. AL-AWIDI, H.M., ALGHAZO, I.M., 2012. The effect of student teaching experience on preservice elementary teachers' self-efficacy beliefs for technology integration in the UAE. *Education Tech Research Dev* 60, 923-941. <https://doi.org/10.1007/s11423-012-9239-4>
6. AL-HARIRI, M., T., AL-HATTAMI, A., 2017. Impact of students' use of technology on their learning achievements in physiology courses at the University of Dammam. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 2017, 12(1), 82-85. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2016.07.004>
7. ALNASIB, B.N.M., 2023. Digital competencies: Are pre-service teachers qualified for digital education?. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 11(1), 96-114. <https://doi.org/10.46328/ijemst.2842>
8. ALORAINI, S., 2012. The impact of using multimedia on students' academic achievement in the College of Education at King Saud University. *Journal of King Saud University - Languages and Translation*, 24(2), 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.jksult.2012.05.002>
9. BARZEGAR, N., FARJAD, S., HOSSEINI, N., 2012. The Effect of Teaching Model Based on Multimedia and Network on the Student Learning (Case Study: Guidance Schools in Iran). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012, 47(12), 1263-1267, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.809>
10. BURGEROVÁ, J., PISKURA, V., MANENOVÁ, M., 2020. ICT as Innovation From The Point of View of Students of Primary School Teaching. *DIVAI 2020*. 47-57. ISBN 978-80-7598-841-6 ISSN 2464-7470
11. BURGEROVÁ, J., PISKURA V., 2021. *Hodnotenie a porovnanie vybraných aspektov dištančného vzdelávania počas pandémie COVID 19*. Hradec Králové : Gaudeamus, ISBN 978-80-7435-845-6
12. CUENCA, A., 2010. Self-Study Research: Surfacing the Art of Pedagogy in Teacher Education. *Journal of Inquiry & Action in Education*, 3(2), 15-29. doi: <https://doi.org/10.55677/ijssers/V03I5Y2023-15>
13. KOVALČÍKOVÁ, I. et al., 2016. *Diagnostika a stimulácia kognitívnych a exekutívnych funkcií žiaka v mladšom školskom veku*. Prešov: Vydavateľstvo Prešovskej univerzity v Prešove, 2016, 264 s., ISBN 978-80-555-1719-3.

14. KWAAH, C. Y., ADU-YEBOAH, C., AMUAH, E., ESSILFIE, G., SOMUAH, B. A., 2022. Exploring preservice teachers' digital skills, stress, and coping strategies during online lessons amid covid-19 pandemic in Ghana. *Cogent Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2022>
15. MILOVANOVIC, M., OBRADOVIC, J., MILAJIC, A., 2013. Application of interactive multimedia tools in teaching mathematics - Examples of lessons from geometry. *Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 12(1), 2013, 19-31. ISSN 2146-7242. Dostupné z: <http://www.tojet.net/articles/v12i1/1213.pdf>
16. TOMCZYK, Ł., et al., 2022. Digital competences of pre-service teachers in Italy and Poland. *Technology, Knowledge and Learning*, 28(2), 651-681. <https://doi.org/10.1007/s10758-022-09626-6>
17. WINTER, E., COSTELLO, A., O'BRIEN, M., HICKEY, G. (2021). Teachers' use of technology and the impact of covid-19. *Irish Educational Studies*, 40(2), 235-246. <https://doi.org/10.1080/03323315.2021.1916559>

Contact address

Mgr. Miroslava Cimermanová, PhD.

University of Presov

17. novembra 15, Prešov, 080 01

e-mail: miroslava.ciemrmanova@unipo.sk

POČÍTAČOVÁ GRAFIKA A JEJ VYUČOVANIE: PRAKTICKÁ UČEBNICA, CVIČEBNICA A VIDEONÁVODY

Simona KUMPANOVÁ, SK

Abstrakt: Cieľom tohto článku je predstavenie komplexného elektronického vzdelávacieho materiálu pre výučbu predmetu Počítačová grafika na základných, stredných a vysokých školách. Ale vďaka svojmu jednoduchému systému je vhodný na širšie využitie. Môže slúžiť ako pomôcka pre všeobecnú Informatiku, pre grafické a technické odbory alebo dokonca ako rýchly tréningový kurz pre firmy, ktoré používajú bezplatné grafické nástroje.

Výsledkom práce je didaktický balík pozostávajúci z elektronickej praktickej učebnice, cvičebnice a série videonávodov, ktoré slúžia na podporu moderného a efektívneho vzdelávania. Materiály sú navrhnuté s cieľom rozvíjať praktické zručnosti študentov prostredníctvom bezplatného softvéru Inkscape.

Keywords: počítačová grafika, Inkscape, vzdelávací materiál, praktická učebnica, cvičebnica, videonávody.

COMPUTER GRAPHICS AND ITS TEACHING: PRACTICAL TEXTBOOK, EXERCISE BOOK AND VIDEO TUTORIALS

Abstract: The aim of this article is to present comprehensive electronic teaching materials for teaching computer graphics at primary, secondary, and higher education institutions. However, thanks to its simple system, it is suitable for wider use. It can serve as an aid for general computer science, for graphic and technical fields, or even as a quick training course for companies that use free graphic tools.

The result of the work is a didactic package consisting of an electronic practical textbook, a workbook, and a series of video tutorials that serve to support modern and effective education. The materials are designed to develop students' practical skills using the free Inkscape software.

Keywords: computer graphics, Inkscape, educational material, practical textbook, exercise book, video tutorials.

1 Úvod

V súčasnosti sa vizuálna komunikácia stala dominantným prostriedkom prenosu informácií, a preto je schopnosť vytvárať, upravovať a kriticky posudzovať digitálny grafický obsah kľúčovou súčasťou digitálnej gramotnosti. Počítačová

grafika zohráva významnú úlohu nielen v informatickom vzdelávaní, ale aj v mnohých profesijných odvetviach a každodennom živote. Jej výučba má rozvíjať technické zručnosti študentov, ich priestorovú predstavivosť aj estetické cítenie.

Napriek dôležitosti tohto predmetu sa školy často stretávajú s viacerými prekážkami:

- Finančná bariéra, keďže výučba sa opiera o drahé komerčné softvéry, ktorých licencie sú pre školy či domácu prípravu nedostupné.
- Didaktická medzera, pretože existujúce materiály bývajú teoreticky preťažené alebo chýba moderná, vizuálne atraktívna a interaktívna metodika podporujúca osvojenie praktických techník.
- Nedostatok ucelenosti, materiály neposkytujú prepojenie teórie, cvičení a vizuálnych návodov.
- Nedostatok kvalifikovaných učiteľov, ktorí by mali dostatočne odborné znalosti aj praktické skúsenosti v oblasti digitálnej a počítačovej grafiky.

Cieľom práce bolo prekonať tieto nedostatky vytvorením uceleného, elektronického prakticky orientovaného vzdelávacieho balíka pre výučbu základov počítačovej, najmä vektorovej grafiky. Výsledný materiál obsahuje teoretickú aj praktickú časť, zahŕňa praktickú učebnicu, cvičebnicu a videonávody a je navrhnutý tak, aby bol využiteľný na rôznych stupňoch škôl. Primárne slúži študentom, no rovnako efektívne ho môžu využívať aj učitelia pri plánovaní a realizácii vyučovania.

2 Inkscape – Bezplatný nástroj pre vektorovú grafiku

Inkscape je bezplatný open-source softvér, ktorý slúži na tvorbu a úpravu vektorovej grafiky. Je ideálny pre široké spektrum používateľov, od začiatočníkov až po pokročilých. K jeho hlavným výhodám patrí:

- **Dostupnosť:** Je bezplatný a kompatibilný s operačnými systémami Windows, macOS a Linux.
- **Kvalita:** Podporuje natívny formát SVG (Scalable Vector Graphics), čo zaručuje zachovanie kvality grafiky pri akejkoľvek zmene veľkosti.
- **Funkčnosť:** Ponúka širokú škálu nástrojov na kreslenie, úpravu tvarov, čiar a textu, čo je nevyhnutné pre výučbu základov grafického dizajnu.

2.1 Didaktický balík

Didaktický balík pozostáva z troch neoddeliteľne prepojených komponentov, ktoré zaisťujú komplexné osvojenie si vedomostí a zručností:

1. **Praktická učebnica:** Pre teoretické ukotvenie a detailné návody.
2. **Cvičebnica:** Pre riadené praktické precvičovanie a aplikáciu techník.

3. **Videonávody:** Pre vizuálnu a dynamickú podporu cvičení.



Obrázok 1: Didaktický balík

3 Praktická učebnica

Elektronická praktická učebnica predstavuje prvú časť vzdelávacieho balíka a je primárne zameraná na základy práce v Inkscape. Poskytuje teoretické základy a detailné návody na používanie nástrojov a funkcií softvéru.

Učebnica je rozdelená do logických blokov, ktoré študentov ale aj učiteľov postupne prevedú od inštalácie softvéru, cez základné pojmy až po pokročilé techniky ovládania Inkscape.

- **Práca s prostredím:** Orientačné body, paleta farieb, stavový riadok a nastavenie dokumentu (stránky).
- **Správa a transformácia objektov:** Práca s vrstvami, zoskupovaním, kombináciami a komplexnou transformáciou objektov.
- **Kľúčové nástroje pre tvorbu:** Práca s Bézierovými krivkami a nástrojom Úprava cesty a práca s uzlami pre presné tvarovanie.
- **Estetická úprava:** Nastavenie výplne, ťahu a práca s farebnými prechodmi pre dosiahnutie hĺbky a realistického vzhľadu objektov.

4.2 Kreatívna výzva: Podpora individuálneho postupu

Po zvládnutí štruktúrovaných cvičení, cvičebnica uzatvára sekciou zameranou na **rozvoj kreativity a samostatného riešenia problémov** (Výzvy na precvičenie). Táto časť je kľúčová pre prechod od riadenej výučby k autonómnej tvorbe.

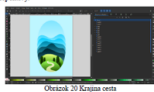
Didakticky je dôležité, aby si študenti uvedomili, že k vytvoreniu vizuálneho výsledku v Inkscape vedie často **množstvo rôznych ciest a postupov**. Každá technika (použitie Bézierovej krivky, transformácia tvarov, či kombinovanie ciest) má svoje alternatívy. Posledná kapitola nabáda študentov, aby si vybrali vlastnú inšpiráciu (napr. z galérie predlôh, ako sú Lienka, Mačka alebo Logo) a pokúsili sa ju vytvoriť s minimálnym vedením.

Tento proces je pre učenie mimoriadne prínosný, pretože:

- Študent si neosvojuje len jeden fixný postup, ale aktívne vyhľadáva najefektívnejšiu cestu, ktorá mu vyhovuje, čo vedie k lepšiemu **osvojeniu si nástrojov**.
- Úloha núti študenta kreatívne myslieť, experimentovať, prekonávať technické prekážky a prispôbovať si naučené zručnosti novým, neznámym vizuálnym výzvam.
- Úspešné nájdenie vlastného riešenia posilňuje sebadôveru a motiváciu k ďalšej digitálnej tvorbe. Podporujeme tak dôležitý prechod od imitácie k inovácii.

Krajina cesta

Pomocou Bézierovej krivky nakreslíme plynulú cestu vedúcu krajinou. Použijeme Cestu -> Otvorí sa cesta a upravíme jej uhol na dosiahnutie požadovaného tvaru, nakreslíme miesto vytvárania zariadenia vlna a nakreslíme robota uľa. Nakreslíme lineárny farebný prechod, čím vytvoríme ďalšiu perspektívu.



Obrázok 20 Krajina cesta

Krajina dom

Nakreslíme dom ako základ domu a trojuholník ako strechu. Podľa potreby použijeme Bézierovu krivku na doplnenie ďalších detailov pre reálnu výhľad. Nakreslíme je na nás či použijeme lin. dom alebo dokreslíme aj okna, pričom všetky objekty budú mať nastavenú lineárnu farebnú prechod. Hotový domček zachytíme a presuneme pod vetvy poľského kopa, aby zapadol do prostredia.



Obrázok 21 Krajina dom

Krajina oblaky

Použijeme nástroj Hvezda/Polypita a nastavíme roty: 4, hvezdic: 6,788, zoslabenie: 6,599 a náhodnosť: 0. Nakreslíme Cestu -> Otvorí sa cesta, zmeníme všetky vnútorné uhly a zmeníme ich na roty. Odstránime polovicu hviezdy, aby sme získali základný tvar oblaku.

VÝZVY NA PRECVIČENIE



Táto kapitola ponúka sériu inšpirácií a výziev na ďalšie precvičenie techník, ktoré ste sa naučili v predchádzajúcich cvičeniach. Cieľom je podporiť vaše kreativitu a zručnosti pri práci s vektorovou grafikou v Inkscape.

Výberte si ilustráciu z galérie predlôh a pokúste sa ju vytvoriť vlastným postupom. Skúste kombinovať rôzne nástroje, vetvy, cesty, prechody a transformácie. Nechajte sa inšpirovať, ale nebojte sa experimentovať a pridávať vlastné úpravy.



Obrázok 30 Lev



Obrázok 31 Lienka



Obrázok 32 Bowlingová kulečka

Obrázok 3: Ukážka cvičebnice

5 Videonávody

Tretie časť, séria videonávodov, má špecifickú funkciu – poskytovať **dynamickú a vizuálnu demonštráciu** postupov, ktoré sú náročné na pochopenie zo statického textu v učebnici a cvičebnici.

Kľúčová didaktická hodnota videonávodov:

- **Prekonanie abstrakcie:** Dynamicke procesy, ako je presné posúvanie uzlov na krivkách, aplikácia zložitých prechodov alebo transformácia objektov, sú vizuálne omnoho ľahšie pochopiteľné.
- **Podpora samostatného učenia:** Študenti si môžu pozastaviť video, vrátiť sa k nejasným krokom a pracovať vlastným tempom, čím sa zvyšuje efektívnosť samostatného štúdia.
- **Zníženie frustrácie:** Vizuálne vedenie minimalizuje chyby pri práci a zvyšuje sebadôveru študentov pri zložitejších úlohách. Každé video je priamo prepojené s konkrétnym cvičením, čím tvorí ucelený didaktický celok.

VIDEONÁVOD – BILIARDOVÁ GUĽA

V tomto videonávode si ukážeme kroky, ako vytvoriť realistickú biliardovú guľu. Video vás prevedie celým procesom – od základného vytvorenia kruhu, cez aplikáciu farebných prechodov, až po pridanie čísla a odleskov pre dosiahnutie realistického efektu.

Tento návod je ideálny na precvičenie práce s prechodmi, úpravou tvarov a textových prvkov. Sledujte video a skúste si vytvoriť vlastnú biliardovú guľu podľa postupu.



<https://youtu.be/wX2qKl15bwU>

Obrázok 4: Ukážka videonávodov

6 Výskumný záver

Pre komplexné overenie didaktickej efektivity a praktickej využiteľnosti materiálov bol spustený rozsiahly **dotazníkový prieskum**. Prieskum je distribuovaný medzi tri hlavné cieľové skupiny: **pedagógov (ZŠ/SŠ/VŠ), študentov učiteľstva a odborníkov na počítačovú grafiku**.

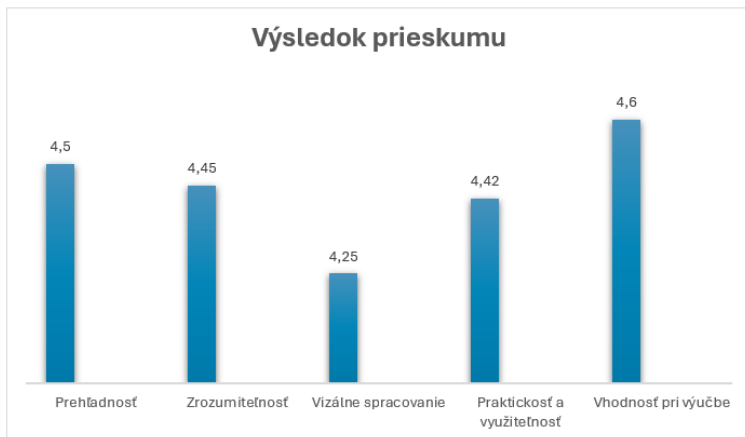
Cieľom prieskumu je získať **kvantitatívnu a kvalitatívnu spätnú väzbu** zameranú na kľúčové aspekty:

1. **Analýza existujúcich kompetencií:** Zistenie, aké softvéry pre vektorovú (Inkscape, CorelDRAW, Adobe Illustrator) a rastrovú grafiku (Adobe Photoshop, GIMP) respondenti poznajú a aká je ich úroveň skúsenosti so softvérom Inkscape.
2. **Hodnotenie didaktických materiálov:** Posúdenie praktickej učebnice a cvičebnice na škále od 1 do 5 z hľadiska **prehľadnosti, zrozumiteľnosti, vizuálneho spracovania a celkovej praktickosti/využiteľnosti pri výučbe**.
3. **Metodická pripravenosť:** Zistenie, či by respondenti dokázali podľa materiálov viesť vyučovaciu hodinu, a či sú materiály vhodné pre výučbu na školách.
4. **Identifikácia potrieb učiteľov:** Kľúčová je otázka **potreby metodického materiálu/sylabu** pre učiteľov, a ak áno, aký konkrétny obsah by mal zahŕňať (napr. presný plán hodín, návrhy na hodnotenie žiakov, návody pre nešpecializovaných učiteľov).
5. **Kvalitatívna spätná väzba:** Zber konkrétnych návrhov na doplnenie, úpravu a identifikáciu najprínosnejších častí oboch dokumentov.

6.1 Vyhodnotenie

Na základe predložených výsledkov a kvalitatívnej spätnej väzby, ktoré boli spracované z dotazníkového prieskumu, sa potvrdila vysoká didaktická hodnota a použiteľnosť vytvorených materiálov.

Odpovede respondentov na otázky týkajúce sa materiálov boli vysoko **konzistentné a pozitívne**. Celkové hodnotenie prehľadnosti, zrozumiteľnosti a praktickej využiteľnosti materiálov je nadpriemerné, čo indikuje, že štruktúra cvičení a vizuálna podpora videonávodov sú navrhnuté efektívne. Respondenti potvrdili, že cvičebnica je vhodná pre vyučovanie a umožňuje bezproblémové vedenie hodiny.



Obrázok 5: Výsledok prieskumu

7 Záver

Vytvorenie tohto komplexného balíka didaktických materiálov predstavuje významný príspevok k modernému vyučovaniu počítačovej grafiky v školách. Zámerom bolo poskytnúť niečo, čo je dostupné pre každého a zároveň je to silne zamerané na prax, čo sa podarilo dosiahnuť vďaka voľbe bezplatného softvéru **Inkscape**. Balík stojí na troch vzájomne prepojených častiach: **Praktická učebnica** slúži ako pevný základ pre pochopenie teórie a kľúčových nástrojov vektorovej grafiky, zatiaľ čo **Cvičebnica** a **Videonávody** premieňajú tieto poznatky na skutočné zručnosti. Cvičebnica je špeciálne navrhnutá tak, aby študentov viedla nielen k osvojeniu konkrétnych techník, ale aj k hľadaniu vlastných postupov pri riešení úloh, čím sa rozvíja ich tvorivosť a schopnosť samostatne riešiť problémy. Prebiehajúci prieskum potvrdil, že materiály sú vysoko hodnotené pre ich prehľadnosť a praktickosť, čo z nich robí ideálnu pomôcku na vyučovanie. Veríme, že tento komplexný a ucelený prístup prispeje k rozvoju digitálnych a kreatívnych kompetencií študentov, ktoré sú v dnešnom vizuálnom svete kľúčové.

Bibliografia

1. KUMPANOVÁ, S. – Tvorba elektronického vzdelávacieho materiálu pre predmet Počítačová grafika. Bakalárska práca. Trnava: Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, Katedra matematiky a informatiky, 2025.
2. LEVKOVA, I. – Počítačová grafika na základní škole. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra technické a informační výchovy. [on-line] (https://is.muni.cz/th/kemx7/Ivana_Levkova-DP_qcywdyvi.pdf).

3. PŠENÁKOVÁ, I. – Tvorba interaktívnych aplikácií. Trnava: Typi Universitatis tyrnaviensis. ISBN: 978-80-8082-941-4.
4. ŠTRBO, M., HORVÁTH, R. - *Multimédiá a internet – teória, 1. časť*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, Katedra matematiky a informatiky, 2015. ISBN 978-80-8082-941-4.
5. ŠTRBO, Milan a HORVÁTH, Roman. *Multimédiá a internet – teória, 2. časť*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, Katedra matematiky a informatiky, 2016. ISBN 978-80-568-0014-0
6. ŠTRBO, Milan a HORVÁTH, Roman. *Multimédiá a internet – teória, 3. časť*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, Katedra matematiky a informatiky, 2017. ISBN 978-80-568-0020-1
7. VARGA, Mário. *Didaktika informatiky na ZŠ*. Bratislava, 2011. [on-line] https://www.statpedu.sk/files/sk/o-organizacii/projekty/projekt-dvui/publikacie/didaktika_informatiky_na_zs.pdf.
8. VOTÁPKOVÁ, Michala. *Učební opory pro předmět počítačová grafika*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra informačních technologií a technické výchovy, 2017. [online] <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/98046/130223066.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Contact address

Bc. Simona Kumpanová
Pedagogická fakulta, Katedra matematiky a informatiky,
Trnavská univerzita v Trnave
Priemyselná 4, 918 43 Trnava
e-mail: kumpanovas@gmail.com

STUDENTS CHEATING DURING ONLINE TESTING

Milan ŠTRBO, SK

Abstract: Internet learning together with distance learning make up an online education, therefore this paper provide short introduction to online education, shows advantages and disadvantages. This study examines the impact on academics such as primary schools and universities, and shows effects towards online education. The research about whether students cheat more during online classes or live classes was conducted and data was analysed. In this work the questionnaire method was used. The studies found that students rather cheat during live classes in comparison to the online, distant classes.

Keywords: distance learning, cheating, online education,

1 Introduction

Education is a powerful tool, which differs humans from animals. Education or learning is a life-long process, starting at the moment when a new-born for the first-time breaths in the oxygen. It is a powerful weapon, and the view on it has changed several times over the years. In late 2019 there was an immense change in education caused by a coronavirus, The major change in education was a shift from in-line learning to online, distant learning through electronic devices such as laptops, computers, mobile phones, tablets, etc. Educators and students, naturally, had to adapt to a new system of learning and leave the old traditional academic education. Through the internet, students can now obtain instructions from professors to learn with ease at home by simply clicking a few buttons on the computer to listen, speak up, to interact with teachers without having to be physically in the classroom. It is important to mention, discuss this topic because, nowadays, technologies play a huge part in human life.

1.1 What is education?

The term education originated from Latin word e-ducere meaning to raise and to cultivate. It is any activity where humans may teach or learn something. Since education is not a state but a process it is called an educational process and its environment is called an educational environment. Education plays a vital role in human life, because people study or educate themselves in order to obtain a deeper knowledge and understanding of a variety of subject that may be applied in daily life. In case

of education, it is not limited by books or by the age, because all people should be educated for humanity.

Online education

In the last 20 years of the 21st century, the internet has grown from being non-existent to the largest and most accessible database of information ever created. Nowadays people cannot imagine not being connected to the internet. It has change how people communicate, interact with each other, socialize, shop, do business, or how they educate themselves. Online education is a form or a variety of education where professors and students instead of attending educational institutions, stay at home, and use their own electronic devices such as laptops, computers, mobile phones. Online education is happening at this very moment around everybody. It is an effective way for several non-traditional students, who want to continue working full time or raising families, because online learning may provide online graduations and courses which have become popular in the past decade.

„Online learning is rapidly becoming one of the most cost-effective ways to educate the world’s rapidly expanding workforce.”

Significant Growth

Over the past decade, the use of online learning has continued to expand, particularly in higher education. „In 2009, 30% of higher education students took at least one online course, an increase of 21% over 2008 enrollments, the largest year-to-year increase to date. In the same year, traditional enrollments grew by less than 2%.” (Allen & Seaman, 2010).

1.2 Definitions

For better understanding, this part of the paper defines terms, which associate with the online education.

Traditional learning

Traditional teaching is concerned with the teacher being the controller of the learning environment. Power and responsibility are held by the teacher and they play the role of the instructor (in the form of lectures) and decision-maker (in regards to curriculum content and specific outcomes). „They regard students as having ‘knowledge holes’ that need to be filled with information. The traditional teacher views that it is the teacher that causes learning to occur. “(Novak, 1998). Learning is associated with a classroom

filled with students. The most common seating arrangement used by the traditionalists is rows.

Distance learning

Distance learning, also called distance education, e-learning, and online learning, a form of education in which the main elements include physical separation of teachers and students during instruction and the use of various technologies to facilitate student-teacher and student-student communication. Distance learning traditionally has focused on non-traditional students, such as full-time workers, military personnel, and nonresidents or individuals in remote regions who are unable to attend classroom lectures. However, distance learning has become an established part of the educational world, with trends pointing to ongoing growth. (Britannica, 2021)

Characteristics of distance learning

There are various terms that may describe the phenomenon of distant learning. Distant learning which is student's activity and distance teaching which is the professor's activity make up distant learning. Four characteristics distinguish distant learning:

Firstly, distance learning is carried out through institutions; it is not self-study or a non-academic learning environment. The educational institutions may offer traditional classrooms.

Secondly, geographic separation is inherent in distance learning, and time separates students and teachers. Advantages such as accessibility and convenience are important for this type of education. Well-designed programs can also bridge intellectual, cultural, and social differences between students.

Thirdly, individual students and teachers connect through interactive telecommunications. electronic communications, such as e-mail, are used, as well as the postal system. The connections of teachers and students become less dependent on physical proximity as communications systems become more sophisticated and widely available. the Internet, mobile phones, and e-mail have contributed to the rapid growth in distance learning.

Last but not least, distance education, established a learning group named learning community. It is composed of students, a teacher, and instructional resources for instance the books, audio, video, and graphic displays. These tools allow the student to access the content of instruction. In the distance learning setting, network sites enable students to not feel isolated and lonely. (Britanica, 2021)

Modern teaching Method

The increased use of computers and computer programs in accounting courses seems to have a positive impact in terms of valuable time savings, the simplification of instruction and the enhancement of the learning process; in addition, it helps the development of certain skills including writing, communication, interaction, collaborative, critical thinking and consciousness (Boyce, 1999), while offering students the necessary knowledge and practical experience required by the market (Thomas, 1994).

Critical thinking

Critical thinking is the intellectually disciplined process of actively and skilfully conceptualizing, applying, analysing, synthesizing, and/or evaluating information gathered from, or generated by, observation, experience, reflection, reasoning, or communication, as a guide to belief and action. In its exemplary form, it is based on universal intellectual values that transcend subject matter divisions: clarity, accuracy, precision, consistency, relevance, sound evidence, good reasons, depth, breadth, and fairness. (Scriven, Paul, 1987).

Critical thinking has two components:

- 1) a set of information and belief generating and processing skills,
- 2) the habit, based on intellectual commitment, of using those skills to guide behaviour.

Critical thinking of any kind is never universal in any individual; everyone is subject to episodes of undisciplined or irrational thought. Its quality is therefore typically a matter of degree and dependent on, among other things, the quality and depth of experience in a given domain of thinking or with respect to a particular class of questions. (Paul, 1987)

Interactive learning materials

Interactive learning materials are interactive resources designed to teach a specific learning outcome. They may comprise of a single or multiple pages, that can contain any combination of text, images, audio, video - including screencasts, animations, self-test questions, and other interactive activities. They are usually aimed for self-study and delivered via Blackboard, but can also be made available online on different platforms.

Interactive learning materials can be provided as supplementary resources or as an integral part of core activity, e.g. a prerequisite to attending a timetabled seminar. Because of the benefits they offer, they are becoming

commonplace within both programs of learning and on a number of support service websites.

Technology Packages

Most distance education programs use Course Management Systems (CMS) to deliver their courses. However, the growing popularity, flexibility, and versatility of social media platforms make them plausible alternatives to CMS.

A Course Management System is “a software application that automates the administration, tracking, and reporting of training events” (Ellis, 2009, p1). There are many competing corporate products as well as open-source alternatives. Most CMS used in higher education provides teachers and students with communications tools: e-mail, chat, discussion board, virtual whiteboard, and an instant messaging application; a file-sharing system to allow teachers and students to exchange documents in a secure environment; a student tracking system, rosters and a grade book.

Social media refers to the second generation of web-based user-centred social networking tools that have become mainstream in the past five years (Web 2.0). They include blogs, photo sharing, video, instant messaging, and other platforms such as Facebook or Youtube.

2 The impact

The Academics

In the following sub-capitol it is discussed the impact on educational institutions such as universities and primary schools.

Universities

At the beginning of the 21st century Chinese universities have launched online education reforms to form an open education network-based on information and network technologies.

Primary schools

It is a massive and immense shift for primary schools too. The movement from classical academic education to online and distant one made a great impact not only on students but on teachers too.

In general, a complete online course requires an elaborate lesson plan design, teaching materials such as audio and video contents, as well as technology support teams. Math classes, for instance, require video content and audio in order to explain the content of the actual topic.

Students

Online learning is often as new to students as it is to teachers. Students need to make adjustments to their studying habits in order for them to be successful online learners. Faculty have reported the lack of student discipline as the main barrier to online learning (Seaman, 2009; Wasilik & Bolliger, 2009).

“Often, they have been educated through years of skills and drills where an emphasis was placed on memorization and testing of knowledge. After many years of working with this transmission model of teaching, students, become comfortable with the process. They understand what is expected of them as passive learners, and they developed skills for effectively mastering the content. Cognitive psychologists refer to this process as the automation of procedural knowledge” (Dawley, 2007, p5).

However, teaching online is a time-consuming endeavour, especially given that the majority of online courses remain predominantly text-based (Gudea & Ryan, 2008; Garrison & Anderson, 2003).

3 Arguments and considerations

The following chapter is divided into two sub-capitols. The first sub-capitol discuss the positives of the online education, whereas the second sub-capitol mention the negatives of online education.

3.1 Advantages

As the popularity of online education continues to rise, many educational institutions such as universities, colleges, primary schools are interested in how to best deliver course content for online learners.

Capability and efficiency

Online education offers professors an efficient way to provide lessons to students. The great advantage of online learning is a wide range of tools such as PDFs, videos, Podcasts, which teachers may use. Teachers are becoming more efficient educators by extending the lessons with online resources.

Accessibility of time and place

Another positive of online education is that students can attend classes from any location of their choice. Online lectures can be recorded, archived, and shared for future reference. This allows students to access the educational materials at any time.

Affordability

Online learning reduces financial costs. It is more affordable as compared to physical learning because during online learning there is no cost of student transportation, accommodations, or student meals. Additionally, learning materials are available online, which is beneficial for the environment because no paper is being used.

Increased student attendance

Online classes can be taken from any location where is access to the internet. There are fewer chances of students missing out on lessons.

A Variety of learning styles

Each student has a different learning style; thus, one prefers visual learning, other prefer audio learning. Similarly, some students thrive in the classroom, and other students are solo learners who get distracted by large groups.

Multiple ways to communicate with your professor

In addition to advantages, there is flexibility about how to communicate with your professor. A number of students are timid when it comes to face-to-face conversation. With online learning, there is a possibility to write an email, chat, or have a call through the application.

A flexible schedule

Another benefit of online education is a flexible schedule. Students can manage time in order to get an online degree. Online learning saves time, unlike traditional learning where students and professors have to commute to educational institutions.

Online learning is eco-friendly

While having traditional courses in-line, teachers have to provide paper material. In the case of online learning, there is no waste with paper. Students do not have to use public transport or a vehicle to commute to college or university to complete a degree.

Review course materials repeatedly

Moreover, online education provides students great access to course materials such as podcasts, videos, PDFs. Students are able to flip through screens, use the "find" function to quickly zero in on relevant paragraphs quickly, and take online notes to help understand the class materials.

Student's own pace

Within traditional learning, students had to keep up with other students in order to understand the class content. With online learning this environment is limited. Students are in control of their own progress. Learners may slow down and take more time with specific and difficult classes on the other hand they can speed up with easily understandable courses.

3.2 Disadvantages

It is crucial to mention disadvantages professors and students face providing a better understanding of distance and online education. Online learning has several characteristics that can have an impact on faculty and course progress. The rapid rate of changes in education increase impact on higher and more effective learning and more recent research indicates trends for the importance of incorporating social media into the classroom (Tess 2013).

Technical issues

Failing technological aspects of online courses can be especially frustrating for students and have a negative impact on their overall perception of the course (Pollack and Wilson 2002). This can lead to a negative attitude towards learning in such way.

Lack of communicational skill development

Furthermore, it can be difficult for instructors to adapt certain activities such as assessments, tests without losing the interaction among teachers and students. In addition to is an issue of cheating which limits the knowledge of student mind and comprehension, which may peak in the problematic learning process.

Strong self-motivation and time management skills

Furthermore, students may need additional motivation, organization, and self-discipline to be successful in their online learning endeavours (Jacob and Radhai 2016). Students who have trouble with procrastination and time management will have difficulties completing their work and avoiding distractions. Virtual schools also lack the structure found in traditional schools (Illinois Online Network, 2010).

Limited feedback

A disadvantage is the student's inability to read and follow directions. OR they seem to have reading comprehension issues or agendas where they want things done their way and not follow established criteria.

Unpreparedness

Students enrolled in virtual schools are unprepared to meet the challenges of collegiate life. They often lack the social and academic skills to succeed at the next level. Many have trouble adapting to the structure of brick-and-mortar schools. They also have difficulties adapting to paper and pencil tests and assignments (Illinois Online Network, 2010).

Cheating prevention

Teachers identified a number of approaches to addressing the problem of cheating: education, technology, assessment design, sanctions, policy, and surveillance. With the assistance of the Internet and related technologies, students today have many more ways to be academically dishonest than students a generation ago.

4 Do students cheat more during online courses?

In the following chapters, the survey whether students cheat more during online classes is discussed and analyzed. Results were collected and discussed and therefore, a short introduction, purpose, method, sample and instrument are mentioned as well.

Nowadays students have many more ways to be academically dishonest than students a generation ago. With the rise of this new method of course delivery, some researchers have raised concerns about academic dishonesty. While many studies have been completed related to cheating in live classes, only a few studies have been conducted on cheating in on-line courses. This study intends to expand the body of research on academic dishonesty regarding online courses. There was conducted a research about students, whether they cheat more or less during online classes.

The purpose of this study was to determine whether students cheat more using online courses than in traditional live classes.

5 Research method used

The study examined the level of academic dishonesty prevalent in both live and online courses. The data presented here were collected from a student

response survey given to 135 undergraduate and graduate students attending in Trnava University. The study used a quantitative design featuring a one-time survey to gauge the level and type of academic dishonesty occurring in face-to-face and online courses.

6 Results

The survey instrument was given to 135 undergraduate and graduate students, of which 102 were females, 33 males, with 9 who did not identify their gender. The students were from pedagogical faculty. For responding students, 32.1% admitted to having cheated in a live class, and 32.7% admitted to cheating in an online class.

Table 2 Survey: Cheating during tests

Survey Statement	Live classes Percentage	Online classes Percentage
1. I have cheated on an assignment, quiz, or a test.	32.59% (44)	34,81% (47)
2. I have been caught cheating.	11.11% (15)	2.22% (3)
3. I have submitted others' work as my own.	6.67% (9)	25.19% (34)
4. I have had someone give me answers during a class quiz or test.	14.81% (20)	23.70% (32)
5. I have received answers to a quiz or test from someone who has already taken it.	33.33% (45)	19.26% (26)
6. I have used instant messaging through a cell phone or handheld device during a quiz or exam.	3.7% (5)	8,15% (11)
7. I have copied another student's work without their permission and submitted it as my own.	2.96% (4)	1.48% (2)
8. I have knowingly copied passages from an article or book directly into a paper without citing it as someone else's work.	16.3% (22)	9.63%(13)
9. I have used a term paper writing service to complete an assignment.	5.93% (8)	11.85% (16)

.Second question was, if they were caught cheating and 4.9% admitted that they were caught during live classes and 2.1% during online classes. 6.5% during live classes admitted that submitted others work as their own and 4.4% during online classes. Students reported that they have had someone give me answers during a class quiz or test during live classes it was 18.1% and during online classes 23.3%. To question: I have received answers to a quiz or test from someone who has already taken it the result for live classes was 33.2% and for online classes 20.3%.

To the sixth question the answers was 3.0% during live classes and 4.2% during online classes. As for the question seven students answered 4.2% for live classes and only 1.8% for online classes. In eighth question: I have knowingly copied passages from an article or book directly into a paper without citing it as someone else's work, students answered 13.2% for live classes and 5.0% for online classes. In the last question: 9. I have used a term paper writing service to complete an assignment, students answered 5.3% for live classes and 2.1% for online classes.

The most important finding from this analysis was that there were no significant differences in the students' admission of cheating for live and on-line courses. All but one of the specific behaviours of academic dishonesty found to be significantly different were higher for live classes than on-line, with the receiving answers from someone during an online test or quiz significantly different with a higher mean for online classes. For better understanding a graph was created.

7 Discussion

The focus of this study was on whether students cheat more in on-line or live courses, and, surprisingly, the results showed higher rates of academic dishonesty in live courses. One possible explanation is that classroom social interaction in live classes plays some part in whether students decide to cheat.

The data showed that students were more likely to obtain answers from others during an on-line test or quiz. Course developers should take extra precautions with regards to on-line tests or quizzes, either through having a test proctor, changing the type of assessment, or lowering the assessment's value in relation to other course assignments.

These results have implications for both the college professor and university administrators. Students are already orientated to specific ethical behaviour prior to entering college. Since the college environment, either

on-line or in the traditional classroom, is not an idealized environment, it is important to address the need of moral or ethical development. Given this behaviour, professors and university administrators need to ensure that students who are caught cheating have to pay a consequence.

8 Conclusion

Education is fundamentally a valuable asset for humans. It is one of the primary factors in one's life that helps them to face most of the challenges.

Nowadays with the pandemic, there was an immense shift from traditional education to online education. Therefore, online education provides professors and students more sufficient ways of how to learn more effectively or how to teach and explain the content of various classes with several tools which were established online.

Results from the survey, with the question whether students during online education cheat more or less, showed that students tend to cheat less during online classes in comparison to live classes.

Despite many challenges that people face and a great number of disadvantages that online education is causing, there are potential opportunities and positive advantages that may provide a better lifestyle, greater knowledge, and cooperation among professors and students. Online education is suitable for students who cannot visit or obtain traditional education.

Several teachers have resigned from continuing education because of the bad influence of the public, even though the truth about the teaching profession is different. This is the time of awareness and importance of collaborative work. Now parents and students are aware of how difficult and a complex profession is to be a teacher and now is the time to thank and to give appreciation to all educators for their patience and useful wide range of teaching methods that they provide.

Not only teachers themselves, but also students should be interested in becoming more perfect, or at least partially approach that perfection to make education and learning more effective during this hard time.

References

1. ALLEN, E. I. & SEAMAN, J. : Learning on Demand - Online Education in the United States. Needham, MA: Sloan Center for Online Education. (2009)

2. ALLEN, E. I. & SEAMAN, J.: Class Differences - Online Education in the United States. Needham, MA: Sloan Center for Online Education. (2010)
3. DAWLEY, L.: The Tools for successful online teaching. Hershey: Igi Global. (2007)
4. GARRISSON, D.R. & ANDERSON, T. : E-Learning in the 21st Century: A Framework for research and practice. New York: RoutledgeFalmer. (2003)
5. GUDEA, S.: Expectations and demands in online teaching: Practical experiences. Hershey, PA: IGI Global. (2008)
6. PRIYANKA GAUTAM,; Advantages and disadvantages of online learning, eLearning industry, 2020, available on:
<https://www.google.com/amp/s/elearningindustry.com/advantages-and-disadvantages-online-learning/amp> [cit. 14. 3. 2021].
7. STOFFOVÁ, V. & ÁKOS, V.: Ako znemožniť študentom podvádzanie pri preverovaní vedomostí z informatiky. In: 27. DIDMATTECH 2014 = XXVII. DIDMATTECH 2014 : new methods and technologies in education and practice : Pedagogical Faculty of Palacky university in Olomouc, Olomouc : Gevak, 2014. - ISBN 978-80-86768-96-0. - S. 73-84
8. Innovative teaching methods and strategies, WordPress, 2021, available on: <https://innovativeteachingmethods.wordpress.com/about/traditional-teaching-methods/> [cit.15. 3. 2021].
9. Online learning- What it is And how does it work?, Educations.com, 2020, available on: <https://www.educations.com/study-guides/study-online/> [cit. 15. 3. 2021].
10. Collaborative learning, Center for teaching innovation, 2019, available on: <https://teaching.cornell.edu/teaching-resources/engaging-students/collaborative-learning> [cit.18. 3. 2021].

Contact address

Ing. Milan ŠTRBO, PhD.

Trnava university in Trnava

Priemyselná 4, 918 43 Trnava

e-mail: milan.strbo@truni.sk

**Programming didactics and
development of algorithmic,
programming and computational
thinking**

**Didaktika programovania a rozvoj
algoritmickeho, programatorskeho a
poctacoveho myslenia**

GONDOLATOK A SZÉLSŐÉRTÉK TÍPUSFELADATOK SPECIFIKÁCIÓJÁRÓL

Zsuzsanna Szalayné Tahy, Győző Horváth HU

Absztrakt: A felsőoktatás kezdő programozáskurzusain a módszeres feladatmegoldás első lépése a feladat specifikálása, amely a feladat deklaratív absztrakciója, a megoldó algoritmus tervezésének az alapja. A specifikálást fejben vagy papíron végezve, illetve ezek digitalizált eredménye sokszor hiányos vagy hibás. A specifikáció helyességének ellenőrzésére fejlesztett Specification editor hatékonyan támogatja a specifikálás teljes folyamatát, kiváltja a papírra lejegyzést is. A Specification editor használatának általánossá válása során láthatóvá vált, hogy az elméletben megadott megoldások nyitva hagynak a gyakorlatban felmerülő olyan kérdéseket, amelyekre fel kell készíteni az eszközt. A szélsőértékkel kapcsolatos feladatok specifikálásának módja, helyessége és teljessége is kérdéseket vet fel, melyekre több szempontból kell válaszolni: szakemberként, oktatóként és specifikációkészítést támogató eszköz készítőjeként. A cikkben bemutatjuk a szélsőérték típusfeladat specifikálásának alternatív lehetőségeit, ezek kapcsolatát, illetve a rangot meghatározó reláció definiálásának szempontjait.

Kulcsszavak: szélsőérték- maximum- minimum-keresés -kigyűjtés - kiválasztás, deklaratív, specifikáció, oktatásmódszertan, validáció, kritikai gondolkodás, reláció, komparátor.

THOUGHTS ON EXTREME VALUE TYPE TASKS SPECIFICATIONS

Abstract: In introductory programming courses in higher education, the first step in systematic problem solving is the specification of the problem, which is the declarative abstraction of the problem and the basis for designing the solution algorithm. Whether the specification is done in the head, on paper, or their digitized results, it is often incomplete or incorrect. The Specification editor, developed to check the correctness of the specification, effectively supports the entire process of specification, replacing its writing on paper. With the increasingly widespread use of the Specification editor, it turned out that the solutions given in theory leave open questions that arise in practice, for which the tool must be prepared. The method, correctness and completeness of specifying tasks related to

extreme values also raise questions that need to be answered from several perspectives: as a specialist, as an educator and as a creator of a tool supporting specification creation. In this article, we present alternative options for specifying extreme value type problems, their relationship, and aspects of defining the relation determining the rank.

Keywords: extreme/maximum/minimum value search/filter/select, declarative, specification, cognitive patterns, educational methodology, validation, critical thinking.

1 Bevezető: a specifikáció szerepe a programozás során

„A software-termékekkel szemben támasztott elsődleges követelményünk a helyesség. A helyesség a programnak az a tulajdonsága, hogy specifikációjának megfelelően működik [...] Minden egyéb követelmény, illetve tulajdonság csak másodlagos, és értelmét veszti, ha ez az első nem teljesül.” Ez az idézet a strukturált programozásról szóló összefoglaló műben jelent meg 1979-ben, és üzenete mind a mai napig érvényes [1/209. o.].

Az alap- és a középfokú programozásoktatásban elsődleges célunk az algoritmikus gondolkodás fejlesztése, de a felsőfokon történő szakmai programozóképzésben a feladatok elemibb lépésekre bontásán túl sokkal erőteljesebben kell megjelenennie olyan módszereknek, amelyek a fenti idézetnek megfelelően, a helyességet teszik meg elsődleges tényezőnek, és ezt figyelembe véve oktatják a számítógépes feladatmegoldást, azaz a programozás többi elemét. A strukturáltság alapvetően arra irányul, hogy olyan megoldásokat, módszereket adjon, amelyekkel jól skálázható, megbízható, helyes programokat lehet készíteni. Ennek úttörője Dijkstra volt [2, 3], aki több tanulmányon keresztül mutatta meg, hogyan biztosíthatjuk egy program helyességét egy matematikai logikára épülő formális módszerrel.

„A strukturált program helyességének formális bizonyítása (verifikációja) lényegileg azt jelenti, hogy a program készítésének minden szintjén formális eszközökkel a program szövegére támaszkodva igazoljuk, hogy a program a specifikációban előírt módon fog működni” [1/210. o.]. Ezt a fajta formális bizonyítást azonban nem várhatjuk el egy, a képzése elején járó hallgatótól, mert nincs meg az eszközkészlete rá, ráadásul maga Dijkstra is látja az elmélet és gyakorlat között húzódó mély szakadékokat:

„Magától értetődően [...] gondolni sem mernék arra, hogy megkívánjam a programozótól, mellékeljen minden egyes egyszerű ciklus programjához egy hasonló bizonyítást” [2/19. o.]. (A hasonló bizonyítás egy kétoldalas, teljes indukcióra épülő gondolatmenet volt.) Ehelyett maga javasolja olyan

sablonok, „tételek” használatát, amelynek helyességéről a programozó egyszer már meggyőződött, és már elég neki csak rutinszerűen használnia. Programozásoktatásunkban ezt a megközelítést, az ún. analóg algoritmikus gondolkodást követjük, ennek is azt a fajtáját, amelyet visszavezetésnek nevezünk [4, 5, 6]. Ennek során a konkrét feladat specifikációját megfeleltetjük egy általános feladat specifikációjának, és a felismert különbségeket alkalmazzuk az általános feladat bizonyítottan helyes megoldó algoritmusára, így biztosítva a konkrét feladat helyes lépésekre bontását. Formális bizonyításra ilyen módon nincs szükségünk, mégis eredeti célunk, a program helyessége garantálható.

2 Specifikáció készítést támogató eszköz

2.1. Specification Editor

Mivel a specifikáció szerepe ebben a megközelítésben kulcsfontosságú, szükséges, hogy a hallgatók (és oktatók) által megadott formális leírások ellenőrizhetők és számonkérhetők legyenek.

Az alapvetően halmaz- és logikai jelölésekkel operáló specifikációs nyelvet sokáig papíron, táblán kézzel adtuk meg, azonban ez túl nagy szabadságot és hibalehetőséget eredményezett mind a hallgató, mind az oktató részéről. Ennek érdekében definiáltunk egy szigorú szabályrendszerre épülő formális nyelvet, illetve elkészítettünk egy hozzá tartozó online alkalmazást, a **Specification editor**-t [16], (**SpEd**) amely a szintaktikai vizsgálatok mellett a specifikáció helyességét is képes ellenőrizni (feketedoboz teszteléssel), továbbá vizualizálni tudja a specifikáció kiértékelési lépéseit is, támpontot adva a megértéshez [7, 8, 16].

A SpEd-ban használt formális nyelv nagymértékben követi a matematikai logikai és a halmazelméleti szabályokat, de jelöléseiben – néhány, gyorsbillentyűvel és gombra kattintással is megadható jel kivételével – billentyűzetten könnyen írható, beszélt nyelvi megoldásokat is megenged. Így például ismeri a ‘minden’, a ‘létezik’, az ‘eleme’, az ‘és’, a ‘vagy’, a ‘nem’ kifejezéseket és angol megfelelőiket kiírva is. A specifikáció szerkesztését segíti a lineáris írásmód, az alsó-/felsőindex helyettesítése szelektorrall: $\square$, illetve a függvény jellegű írásmód: $SZUM(i=1..n,...)$.

A kifejezések kiértékelése a matematikai logika szabályait – azaz nem az informatikában szokásos lusta kiértékelést – alkalmazza a konjunkcióra és a diszjunkcióra: ezek a műveletek kommutatívák és asszociatívák is, ami lehetővé teszi az összetett feltételek minden ágának ellenőrzését. Azonban az implikáció ($\rightarrow$) hamis predikátuma esetén a posztulátumot nem értékeli ki, vizsgálat nélkül ad a teljes kifejezésre igaz értéket. Ezzel a specifikáció

ellenőrzésében elkerülhetők a nem definiált kifejezések – például a nullával osztás, a túlindexelés – kiértékelése. A kétféle értelmezés alkalmazása következtében az $A \rightarrow B$ és $\neg A \vee B$ kifejezések kiértékelése az alkalmazásban nem ekvivalens.

Az informatikai értelmezésű implikáció érvényesül a nem definiált értékek vizsgálatára is: $(a, b) = (a,)$ azonosan igaz, ahol b tetszőleges érték lehet, mivel a kiértékelés előfeltétele, hogy az összehasonlítható értékek létezzenek. Külön figyelmet érdemel a kvantorok kiértékelése: A 'minden' ($\forall$) és 'létezik' ($\exists$) kvantorokkal egy paramétert helyettesítünk be egy tartomány értékeibe, vizsgálva a megadott kifejezés logikai értékét. A paraméter sorban veszi fel az értékeket, az 'és' és a 'vagy' kommutativitása nem használható ki, ezért lusta kiértékeléssel adnak eredményt.

A SpEd egyik, talán legfontosabb módszertani előnye, hogy azonnali visszajelzést ad a hallgatónak a specifikációírás során, így annak elkészítése igazi alkotó folyamattá válik, a lépésenként kiértékelés pedig a deklaratív szabályok értelmezését segíti. Emellett az analóg algoritmikus gondolkodást támogatja azzal, hogy a közismert, az adatsorozathoz értéket rendelő típusfeladatok specifikációjához úgynevezett „rövid alak”-ot lehet használni, melyben a kimenet a bemenet feladat-specifikus függvényeként adható meg. A leírónyelv beszédes, az önkifejezést támogatja és a specifikáció olvashatóságát növeli, hogy ugyanarra több néven lehet hivatkozni. Például: az ELDÖNT, a LÉTEZIK, a VAN és az EXISTS egy rövid alaknak a szinonimái.

A „rövid alak”, a megoldás részeredményeit ellenőrző segédadatok használata és a részeredmények kiszámítását lehetővé tevő egyedi függvények definiálása a bonyolult, egymásba ágyazott kifejezések helyett az összetett feladatok funkcionális dekompozícióját, az áttekinthető leírást helyezi előtérbe.

2.2. Korábbi specifikációs nyelvek, megoldások

2.2.1 ELTE, informatika tanárképzés

A programozók képzése az ELTE-n kezdetben a Természettudományi Karon folyt. A programozás matematikai alapú tervezési része volt hangsúlyos és ez napjainkig kiható. A számítástechnikatanárok képzésében a programtervező szakma „kivonata” a *μ*lógia jegyzetsorozatban [10, 11, 12-13] jelent meg. A maximumkiválasztás specifikációját (1. ábra [11/25. o]) mondatszerű algoritmusleírás nyelvén adja, deklarált változókat, majd halmazelméleti jelöléssel definiálja az állapotteret, fogalmaz meg elő- és utófeltételt.

Változók	
N: Egész	[a feldolgozandó sorozat elemei száma]
X: Tömb(1..N:Elemtípus)	[a feldolgozandó sorozat elemei]
MAX: Egész	[a maximális értékű elem sorszáma]

$N \in \mathbb{N}_0, X \in H^N, H$ rendezett halmaz ($\exists <, \leq$ relációk), $MAX \in \mathbb{N}$. ef: $N \geq 1$. uf: $1 \leq MAX \leq N$ és $\forall i (1 \leq i \leq N): X_{MAX} \geq X_i$.

1. ábra: Maximumkeresés specifikációja
az 1990-es évek ELTE-s jegyzeteiben [11] műlógia 19. 25 oldal

A specifikációban nem jelenik meg, hogy melyek a bemenet, illetve a kimenet adatai, ezt a feladat leírásából tudjuk meg. A specifikáció épp csak jelzi, hogy mi a típusfeladat jellemzője, a lényeg a rögtön ezt követő algoritmus. A specifikációnak nincs meghatározó szerepe a megoldásban, de összekapcsolja a közoktatásban matematikából ismert és a megoldások elméleti bizonyításához használt halmazelméleti és logikai fogalmakat az algoritmus leírásához használt fogalmakkal. A specifikáció egyik érdekessége, hogy az adatsorozat eltárolt tömb, bár a felhasználás során számított függvényérték is lehetett. Továbbá külön jelzi, hogy szükséges reláció az adatok között, nem is egy, hanem kettő: ' $<$ ' és ' $\leq$ ', de ennek nincs matematikai részletezése és kérdéses, hogy a maximumkiválasztásához miért nem a ' $>$ ' reláció társul. Másrészt erre hivatkozva, az algoritmus leírása után közvetlenül a minimum-kiválasztás olvasható.

Tíz évvel későbbi, 6. kiadással [12/22. o] összehasonlítva, érzékelhető a programozás módszertanának fejlődése.

Bemenet :	$N \in \mathbb{N}_0, X \in H^N, H$ rendezett halmaz ($\exists <, \leq$ reláció)
Kimenet :	$MAX \in \mathbb{N}$
ef :	$N \geq 1$
uf :	$1 \leq MAX \leq N$ és $\forall i (1 \leq i \leq N): X_{MAX} \geq X_i$

Az algoritmus:

Változók:	
N :	Egész [a feldolgozandó sorozat elemei száma]
X :	Tömb (1..N:Elemtípus)[a feldolgozandó sorozat elemei]
MAX:	Egész [a maximális értékű elem sorszáma]

2. ábra: Maximumkeresés specifikációja
az 2000-es évek ELTE-s jegyzeteiben [11] műlógia 19. 22 oldal

Nem az algoritmus készítésének része a specifikáció, hanem megelőzi azt. Ugyanakkor az állapotter leírásában jelzi, melyek a bemenet, illetve a kimenet adatai, azaz specifikálja az adatot. Figyelemre méltó, hogy továbbra is egyben látjuk az állapotteret, alatta az algoritmusban előre deklarált minden változó.

A SpEd ezzel a szemléletmóddal készült, az elméleti „állapotter” az adatok specifikálásával a Data ablakban válik konkrét esetté. A megadott adatokat behelyettesítve ellenőrizhető, hogy az adatok léteznek-e, ellenőrzi az előfeltételt és ennek teljesülése esetén az utófeltételt.

2.2.2 ELTE, első formális specifikáció és levezetés

Fóthi Ákos dolgozta ki a programozás formális leírását Dijkstra és Hoare munkáira alapozva [4]. Munkássága 1970-től meghatározó volt a programozás elmélete területén. Munkásságának oktatásra alkalmas transzformációja tananyag volt. Összefoglaló művében megtalálható a maximumkeresés specifikációja [4/136. o.] (lásd: 3. ábra).

12.1.3. Maximumkeresés

Legyen $\mathcal{H}$ egy tetszőleges rendezett halmaz és $f : \mathbb{Z} \rightarrow \mathcal{H}$ egy adott függvény. I adatunk az, hogy egy adott $[m..n] \subset \mathbb{Z}$ intervallumban keressük meg az f függv maximumát és egy olyan helyét, ahol ezt a maximumértéket felveszi.

$$A = \underset{m}{\mathbb{Z}} \times \underset{n}{\mathbb{Z}} \times \underset{i}{\mathbb{Z}} \times \underset{max}{\mathcal{H}}$$

$$B = \underset{m'}{\mathbb{Z}} \times \underset{n'}{\mathbb{Z}}$$

$$Q : (m = m' \wedge n = n' \wedge m \leq n)$$

$$R : (Q \wedge i \in [m..n] \wedge max = f(i) \wedge \forall j \in [m..n] : f(j) \leq f(i))$$

3. ábra: Maximumkeresés specifikációja

Fóthi Ákos: *Bevezetés a programozásba könyvében* [4]

Az oktatásban használt jegyzethez képest (1. ábra) láthatóan összetettebb a jelölésrendszer, a specifikáció „aprólékos”. Ugyanakkor nem kiválasztás, hanem keresés – pontatlanabb a megnevezés –, és semmi sem utal arra, hogy szükség lenne az adatok között valamiféle metrikára, relációra. A reláció alapértelmezetten létezik.

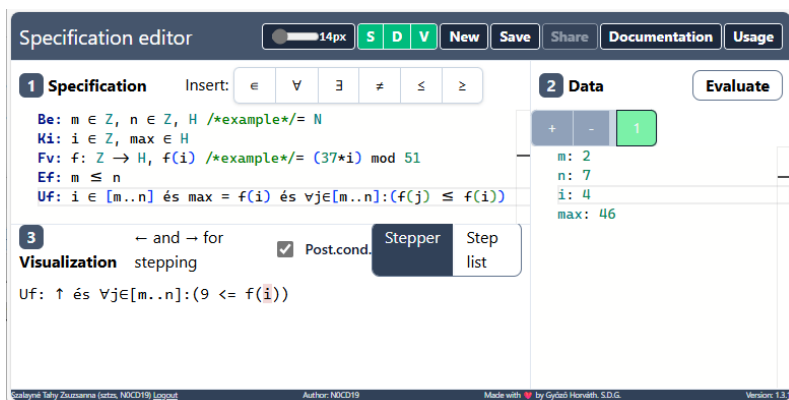
A SpEd a specifikáció kiértékelésekor a minta adatokat helyettesíti be a kifejezésekbe, ezek nem változhatnak a feladat elvégzése során. Azonban a Fóthi-féle vesszős jelölés (3. ábra) is formálisan használható, ha a megoldásban az adatot tároló változó értékének módosulását szeretnénk jelezni. Ez csak szintaktikai kapcsolat két adat között, ami azt jelezi, hogy az

algoritmusban majd egy megfelelő változó kezdeti értéke a program végére megváltozhat. A specifikáció során nem változókat adunk meg, hanem adatokat, irreleváns, hogy a majd elkészülő program a kimenettel felülírja-e a bemenetet (m') vagy másik változóban tárolja az eredményt. Amennyiben a specifikálás során egy változó módosulását szeretnénk jelezni, ezt segédadatokkal adhatjuk meg. Míg az állapotterben a címkéhez változó érték tartozik, az adatspecifikáció esetén a „tér” különböző pontjait jelölik a különböző címkek.

A SpEd-ban – a formális nyelv implementálásának következményeként – az adatok a specifikáció kiértékelése során nem módosulnak, ezért a 'Q' előfeltételek között és az 'R' utófeltételek között sem tüntetjük fel, és a 'B' állapotter csak abból a szempontból érdemel figyelmet, hogy a „nem változó” adatok felsorolásával kijelöli az 'A' állapotteréből a bemenet adatait.

Az 'A' állapotter direktszorzatának tényezői a bemenet és kimenet halmazai. A specifikációra „kívülről nézve” a megoldásnak a direktszorzat az állapottere, de a SpEd-ban „belülről” a direktszorzatot és a hatványhalmazt az összetett adattípusok képzéséhez használjuk, amelyeknek megadását jelentősen bonyolítaná, ha a teljes bemenet terét is direktszorzattal adnánk meg.

A fentiek figyelembevételével a maximumkeresés Fóthi-féle specifikációja a SpEd-ban – a tesztelhetőség érdekében egy példával aktualizálva – megadható (4. ábra), implementálható az alkalmazásban.



4. ábra: Maximumkeresés specifikációja
Fóthi-féle specifikáció átírt példával Specification editorban.

Az egyszerűbb, olvashatóbb szintaktika mellett – a specifikálásnak megfelelően – a kiértékelés nyelve matematikai alapú deklaratív nyelv, amely a mintaadatokra kiértékeli a logikai kifejezéseket; nem ismeri a változó fogalmát. A lépésenként kiértékelés során a Visualization ablakban látható, ahogy az 'i', illetve a 'j' adatok felveszik az $[m..n]$ tartomány egész értékeit, látható az állapotváltozás. Ugyanez a Step list módban kilistázva jelenik meg, segítve az elemzést.

2.2.3 ELTE, analóg programozás

Gregorics Tibor a Fóthi-féle specifikációt „olvashatóbb” formára írta át és a típusfeladatok utófeltételének leírásához zárt képletet adott. [5/75. o.] Ez a specifikáció a SpEd szintaktikai leírásának alapja.

Feladat: Adott az egész számok egy $[m..n]$ intervalluma és egy $f:[m..n] \rightarrow H$ függvény. A H halmaz elemein értelmezett egy teljes rendezési reláció. Határozzuk meg, hogy az f függvény hol veszi fel az $[m..n]$ nem üres intervallumon a legnagyobb értéket, és mondjuk meg, mekkora ez a maximális érték!

Specifikáció:

$$A = (m:\mathbb{Z}, n:\mathbb{Z}, ind:\mathbb{Z}, max:H)$$

$$Ef = (m=m' \wedge n=n' \wedge n \geq m)$$

$$Uf = (Ef \wedge ind \in [m..n] \wedge max = f(ind) \wedge \forall i \in [m..n]: max \geq f(i)) =$$

másképpen jelölve, illetve rövidített jelölést használva:

$$= (Ef \wedge ind \in [m..n] \wedge max = f(ind) = \max_{i=m}^n f(i))$$

$$= (Ef \wedge \max_{i=m}^n f(i) = max, ind = \arg\max_{i=m}^n f(i))$$

5. ábra: Maximumkiválasztás specifikációja

Gregorics Tibor: Programozás I. kötet Tervezés jegyzetben [5]

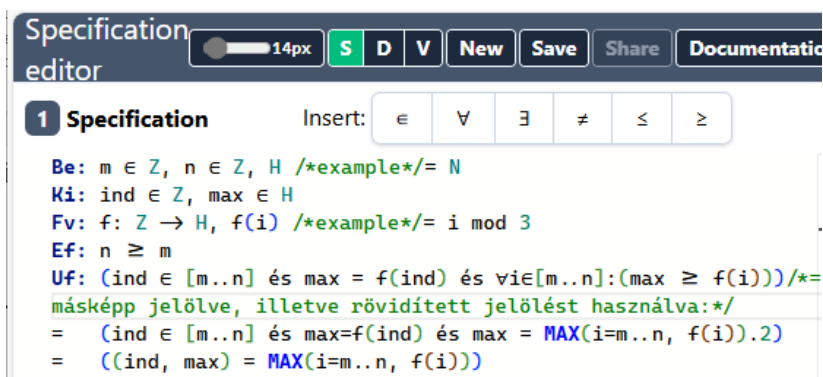
Gregorics-féle specifikáció a Fóthi-féle szintaktikánál hallgatóbarátabb, de igyekezik megtartani az egzakt megfogalmazást. Az állapottér megadásának egyszerűsítése az algoritmikus leírási formát tükrözi, az adatokat nem halmaz elemeként, hanem típusként deklarálja. Ebből a szempontból a SpEd a matematikai szemléletet jobban tükrözi, az adatspecifikációval hangsúlyosabb, hogy nem változókra, hanem adatokra, értékekre írunk feltételeket.

Ez a specifikáció a 2.2.1-ben vizsgált leíráshoz két fontos szempontból hasonlít: ez is kiválasztás és megemlíti, hogy szükséges a H halmazon értelmezett rendezési reláció. Azonban itt sem tudunk meg ennél többet. A

teljes jegyzetben a 'reláció' fogalom ötször jelenik meg, a maximum-kiválasztásnál, a feltételes maximumkeresésnél, a logaritmikus keresésnél és a minimumkiválasztásnál; a minimum esetén a reláció jel fordul meg vagy az adatok -1 -szeresét kell venni.

Az utófeltétel rövid alakja úgy néz ki, mint egy függvény, amelynek a maximumérték és -index a visszaadott értéke. Bár nincs feltüntetve a Fóthi féle megoldásban látható 'B' állapottér, kiemelve szerepel, hogy a bemenetként deklarált adatok nem változnak meg. A SpEd-ban az adat a kiértékelés során nem változhat, ezért felesleges ennek külön megadása.

Az utófeltétel rövid alakja papírra írva jelentősen megkönnyíti a feladat specifikálását, de tipográfiai szempontból is helyes digitalizálása nehézkes (lásd: 5. ábra „= max” megjelenése). Tudjuk, megfelelő zárójelezéssel, matematikai leíró nyelvvel megadható helyesen bármilyen emeletes kifejezés, de egy feladat specifikálásának nem ez a lényege. Ezért a függvény jelleg megtartásával, az emeletes kifejezés átiratában – a megjelenítési szinteket paraméterekbe foglalva – könnyen írható/szerkeszthető formában adható meg a rövid alak (lásd: 6. ábra).

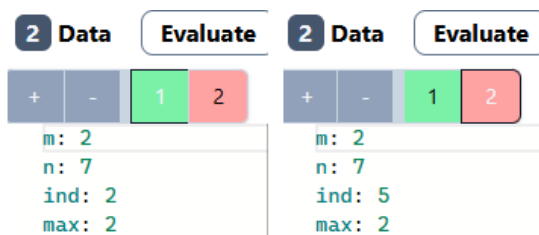


6. ábra: Maximumkeresés specifikációja
Gregorics-féle specifikáció átirata Specification editor-ban.

A 6. ábra az 5. ábra – lehetőségekhez mérten pontos – átirata. Az utófeltétel kiértékelése, a megoldás többféle felírása rámutat arra, hogy a maximumkiválasztás utófeltétele felírásának többféle módja van és az alternatív feltételek ekvivalenciáját vizsgálni kellene.

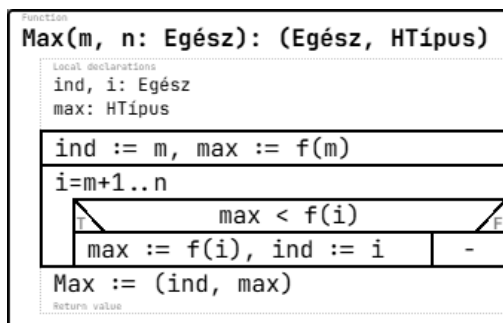
A konkrét feladatpélda a hárommal vett osztási maradékok közül választja ki a legnagyobbat. (6. ábra: „ $i \bmod 3$ ”). Két mintával ellenőrizzük az eredményt, a 7. ábra mutatja a mintabemeneteket és a helyességet

(zöld/piros) jelzést: 'ind' értéke 2 esetén az állítás igaz, 5 esetén hamis. Egyenként vizsgálva az utófeltétel sorait, csak a rövidített alaknak nem felel meg a 2. mintaadat.



7. ábra: A specifikáció (lásd 6. ábra) kiértékelése két mintával

Mondhatnánk, hogy ez így rendben van, hiszen mindig is úgy gondoljuk, hogy ha több indexnél fordul elő ugyanaz a maximumérték, akkor az elsőt adjuk meg. A specifikációból levezetett algoritmus Gregorics jegyzetében [5/75. o] ezt a szemléletet követi: az algoritmus a maximumértékhez tartozó első indexet adja meg, ami lényegében a ma használt sablonnak – 8. ábra – felel meg.



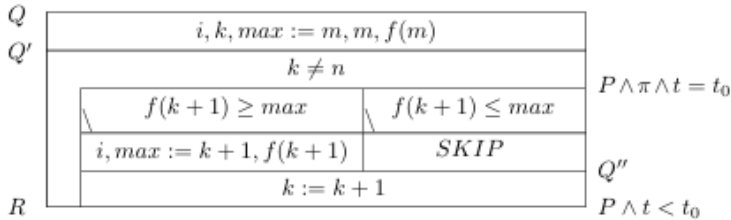
8. ábra: A maximumkiválasztás algoritmusának sablonja

A SpEd-ban lépésenként kiértékeléssel látható, hogy csak a harmadik megadási mód eredménye false, az első két utófeltétellel jó lenne az ind: 5 minta is. Mivel a Gregorics-féle specifikáció csak papíron érhető el, nem tudjuk, hogyan értelmezte pontosan a max-aggregációt, a specifikálás vagy az algoritmus levezetése során szűkült-e le a megoldáshalmaz az első találatra.

Az eredeti megfogalmazás alapján az utófeltételben bármelyik maximumhely megadása megfelelő, ezért figyelemre méltó Fóthi algoritmus [4/136. o] (lásd: 9. ábra), ahol az eredmény azon múlik, hogy a

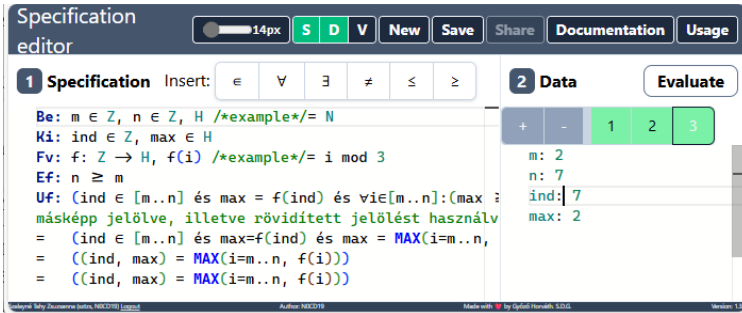
többágú elágazást: $(f(k+1) \geq \max \mid f(k+1) \leq \max)$ hogyan értékeli ki a processzor, vagy a programozó milyen módon kódolja az algoritmust.

Tétel: Az alábbi, struktogram formában megadott program megoldása a fent specifikált feladatnak:



9. ábra: Maximumkeresés algoritmus Fóthi Ákos könyvében

Jelen esetben látható, hogy a három utófeltétel nem ekvivalens, de egy jelentéktelennek tűnő módosítással – a hibát okozó feltétel ismétlésével (lásd: 10. ábra) –, az is nyilvánvalóvá válik, hogy az ekvivalencia akkor sem lenne igazolható, ha „minden” tesztre azonos eredményt kapnánk.



10. ábra: A specifikáció (lásd: 6. ábra) kiegészítése az utolsó kifejezés duplikálásával és 3. mintaadattal

Az eddigiek alapján tudjuk, hogy a 2. mintaadatra a 3. utófeltétel hibás, az $A = B = C$ kifejezés $true = true = false$ részeredményekkel adott $false$ végeredményt.

A 3. utófeltétel megismétlésével $true = true = false = false$ a kiértékelendő állítás, amiben a két $false$ eredmény kioltja egymást, így már helyesnek látszik a 2. mintaadattal is az utófeltétel. A megismételt feltétel csak az addig egyetlen $false$ értéket oltja ki; az első két feltétel ekvivalens,

de azt nem tudjuk ellenőrizni, hogy helyesek-e a maximumkiválasztáshoz. A 3. mintaadat általánosítható: bármilyen egész értékekkel ($m \leq n$ megkötéssel) helyes eredményt mutat: az ekvivalens – 1. és 2. – kifejezések egyformán hamisak, emiatt az egyenlőségük igaz.

Bár pontosan értjük, hogy a jegyzetben [5/75. o] (5. ábra) hogyan kell érteni az egyenlőséget, a SpEd-ban pontosabban kell megfogalmazni az ekvivalenciára vonatkozó állításokat.

2.3 Specifikációk ekvivalenciája, kapcsolata az algoritmussal

A specifikáció a programozási feladat matematikai formalizmussal megadott pontos leírása, deklaratív kifejezést ad a program működésére vonatkozóan. Egyes típusfeladatokra a specifikációból elméleti úton levezethető az algoritmus, de ennek matematikai apparátusa meghaladja a kezdő programozó szintjét; megfelelő szakirányon MSc-n tanulják a programtervezők. Kezdő programozók csak a levezetés két végét, mint „megoldóképletet” használják.

Amennyiben a specifikáció módosul, meg kell vizsgálni, hogy az új specifikáció ekvivalens-e a korábbival, a változás befolyásolja-e – és ha igen, hogyan, – a levezetés menetét, a típusfeladat specifikációjához rendelt algoritmus sablont. Formálisan így biztosítható, hogy bizonyítás nélkül – gyakorlati érzék alapján – elfogadott megoldási sémák helyesek legyenek.

A vizsgált jegyzetekben megadott specifikációk nehezen olvashatók, még nehezebben reprodukálhatók. Összetett problémák megoldása során a logikai kifejezések bonyolultsága tovább nő. Az egyszerűsített forma olvashatóbb, de reprodukciója továbbra is nehézkes. Mindkét formára és a specifikációból levezetett algoritmus sablonokra is jellemző, hogy nem intuíción múlik, hogy egy adott helyzetben „egy” vagy „az első” maximum helyét várjuk-e eredményként, az ekvivalenciát hogyan értelmezzük.

A specifikáció formális leírásának számítógépes megvalósításával az intuitív értelmezés hibaként jelentkezik, ezért szükséges a pontosítás.

Egy feladat a rendelkezésre álló, formálisan igazoltan helyes specifikációs nyelven többféle módon specifikálható. A különböző specifikációk helyességét egyenként kell ellenőrizni, az ekvivalenciájukat páronként kell igazolni.

Típusfeladatok esetén – ilyen a szélsőérték kiválasztása is – a specifikációhoz rendelkezésre áll megoldási séma, algoritmus-sablonnal. Ha egy típusfeladatra az eredetitől eltérő módon írjuk fel a specifikációt, akkor meg kell vizsgálni, hogy ez mennyiben befolyásolja a séma alkalmazását, hogyan hat az algoritmus-sablon használatára.

A SpEd a specifikációt feketedoboz-módszerrel ellenőrzi, a megadott mintákra a false kiértékelési eredmény szignifikáns, jelzi, hogy a specifikációt javítani szükséges. Egy mintára kapott true eredmény bár megnyugtató, de nem bizonyító erejű, a helyességet több mintával, negatív tesztesetekkel és elméleti megfontolásokkal kell alátámasztani.

A következő fejezetekben a fenti megfontolások mentén vizsgáljuk a szélsőértékkel kapcsolatos feladatok specifikálási lehetőségeit. A feladattípus specifikációját több, többféle adattípussal aktualizált mintán teszteljük, az egyes specifikációk helyességét egyenként vizsgálva, az ekvivalenciát egy megoldáson belül konjunkcióval (és kapcsolattal) vizsgáljuk: Minden mintára mindegyik megoldás helyes, hibajelzés esetén mindegyik megoldás hibás. Nem ekvivalens megoldásoknál az eltérést megjegyzésben rögzítjük.

A feladattípus megoldási sémájában a specifikációból származtatható az algoritmus, ezért megvizsgáljuk, hogy az egyes specifikációk hogyan feleltethetők meg a séma szerinti algoritmusnak, eltérés esetén ekvivalensek-e az algoritmusok.

3 Szélsőérték és indexének keresése

A SpEd szintaktikai és nyelvi szabályokkal segíti a feladatok specifikációját. A nyelv a gondolat kifejezésének eszköze, a használata során derül ki, hogy ugyanannak a típusfeladatnak – az eltérő gondolkodásmódok leképezéseként – többféle specifikációja lehetséges.

Összetett feladatok megoldása részekre bontva lehetséges, ahol a kapcsolatot az egyes részek állapottereinek metszete adja. A bemenet és kimenet közötti részmegoldások állapottereinek hiányzó tényezőit segédadatként deklaráljuk. A specifikációban az adatokat függvényértékként adjuk meg, ami gyakran egy adatsorozat megfelelő sorszámú adatát jelenti. Ezzel azonos szintaktikával segédadatként minden indexhez megadhatók az elejétől addig vett intervallumra kiszámított eredmény. Így az eredmény kiszámítását a segédadatok iteratív ellenőrzésével nyomon követhetjük, ami megfelel az algoritmusbeli ciklus lépésenkénti specifikációjának.

A szélsőérték keresését intervallumon értelmezett $f(i)$ függvényértékek adatsorozatára specifikáljuk. Az $f(i)$ tetszőleges, matematikailag értelmezhető függvény lehet. Ennek megfelelően a SpEd-ban megadható alternatív értékadással, sőt rekurzív számítási szabállyal is a függvényérték. Amennyiben az algoritmus átírható rekurzív algoritmusra, a specifikációban

ez a megoldás érvényes lesz. A sorozathoz értéket rendelő típusalgoritmusok felírhatók általános összegzés, azaz aggregáció formájában. Az aggregáció megadható rekurzív algoritmusként [13, 14], ami implementálható rekurzív függvényként a specifikációban. A specifikációban megírt függvények és adatsorozatok értékeinek összehasonlítása az értelmezési tartomány minden értékére elvégezhető. A szélsőérték és helyének keresése típusfeladat specifikációját négyféle módon adjuk meg:

A Specification editor szintaktikai és nyelvi szabályokkal segíti a feladatok specifikációját. A nyelv a gondolat kifejezésének eszköze, a használata során derül ki, hogy ugyanannak a típusfeladatnak – az eltérő gondolkodásmódok leképezéseként – többféle specifikációja lehetséges.

Összetett feladatok megoldása részekre bontva lehetséges, ahol a kapcsolatot az egyes részek állapottereinek metszete adja. A bemenet és kimenet közötti részmegoldások állapottereinek hiányzó tényezőit segédadatként deklaráljuk. A specifikációban az adatokat függvényértékként adjuk meg, ami gyakran egy adatsorozat megfelelő sorszámú adatát jelenti. Ezzel azonos szintaktikával segédadatként minden indexhez megadhatók az elejétől addig vett intervallumra kiszámított eredmény. Ezzel az eredmény kiszámítását a segédadatok iteratív ellenőrzésével nyomon követhetjük, ami megfelel az algoritmus ciklusának lépésenkénti specifikációjának.

A szélsőérték keresését intervallumon értelmezett $f(i)$ függvényértékek adatsorozatára specifikáljuk. Az $f(i)$ tetszőleges, matematikailag értelmezhető függvény lehet. Ennek megfelelően a Specification editor-ban megadható alternatív értékadással, sőt rekurzív számítási szabállyal is a függvényérték. Amennyiben az algoritmus átírható rekurzív algoritmusra, a specifikációban ez a megoldás érvényes lesz. A sorozathoz értéket rendelő típusalgoritmusok felírhatók általános összegzés, azaz aggregáció formájában. Az aggregáció megadható rekurzív algoritmusként [13, 14], ami implementálható rekurzív függvényként a specifikációban. A specifikációban megírt függvények és adatsorozatok értékeinek összehasonlítása az értelmezési tartomány minden értékére elvégezhető.

A szélsőérték és helyének keresése típusfeladat specifikációját négyféle módon adjuk meg:

- a feladat elemi logikai specifikálásával;
- rövid alakkal, a feladattípus és paraméterek specifikálásával;
- iteratív, lépésenként ellenőrzött specifikációval;

- rekurzív függvényben specifikálva.

A specifikáció helyességét példákon ellenőrizzük, amelyben a H halmazra, az $f(i)$ számítási szabályra és a relációra is többféle példa, ezen belül több mintaadattal tesztelünk.

A megoldást angol kifejezésekkel adjuk meg, kivéve a bemenet határait. A papíralapú specifikációkban látható 'm' és 'n' más értelmezésben is használhatók ezért az értelmezési tartomány első és utolsó értékét 'e' és 'u'-val jelöljük. (Az angol megfelelő f és l a függvény jelölés és betűalak miatt nem praktikus: $f(f)$, $f(l)$.)

Az egyes megoldások közös része:

In: $a \in H[]$,
 $e \in Z$, $u \in Z$, $H=/*sample*/Z$
Aux: $vit \in H[1..]$, $iit \in Z[1..]$
Out: $value \in H$, $ind \in Z$
Def: $f: Z \rightarrow H$, $f(i) = a[i]$
Pre: $e \leq u$

A 11. ábra a maximumkiválasztás specifikációkhoz ad néhány adatot. A megjegyzésekben látható, mit kell módosítani a specifikáción a paraméterek aktualizálásához.

<pre>#max H=Z > a: [2, 3, 2, 3, 0] e: 1 u: 5 iit: [1, 2, 2, 2, 2] vit: [2, 3, 3, 3, 3] ind: 2 value: 3</pre>	<pre>#max H=K > a: ['P', 'I', '=', ' ', '3', '.', '1', '4', ''] e: 1 u: 3 iit: [1, 1, 1] vit: ['P', 'P', 'P'] ind: 1 value: 'P'</pre>
<pre>#max H=R > a: [1.8, 1.1, 2.2, 3.3, 0.5] e: 2 u: 4 iit: [2, 3, 4] vit: [1.1, 2.2, 3.3] ind: 4 value: 3.3</pre>	<pre>#max a ∈ S H=K > a: "PI= 3.x4" e: 1 u: 7 iit: [1, 1, 1, 1, 1, 1, 7] vit: ['P', 'P', 'P', 'P', 'P', 'P', 'x'] ind: 7 value: 'x'</pre>

11. ábra: Különböző típusú mintaadatok

3.1 Egy vagy első találat kiválasztása

A legnagyobb érték meghatározása egyértelmű, de az index meghatározásakor a feladat sokszor indirekt utasításai alapján kell eldönteni, hogy több egyforma szélsőérték közül melyiknek az indexét adjuk meg. Az algoritmus alapján, ha bármelyik eredmény megfelelő, akkor az

elsőt választjuk ki. Ezt a döntést már a specifikáció során meghozhatjuk, így a rövid alak és a logikai specifikáció egymással ekvivalens lesz.

A kiegészítés a maximumértékhez kiválasztott indexre fogalmaz meg plusz feltételt: nála kisebb indexek mindegyikére a függvényérték kisebb a maximumértéknél.

Post: $\text{ind} \in [e..u]$ and $\text{value} = f(\text{ind})$ and
 $\forall i \in [e..u]: (f(i) \leq \text{value})$ and
 $\forall i \in [e..\text{ind}-1]: (f(i) < \text{value})$
 and $(\text{ind}, \text{value}) = \text{MAX}(i=e..u, f(i))$

Az iteratív megoldáshoz a 'vit' adatsorozat tartalmazza az aktuálisan legnagyobb értéket, az 'iit' a hozzá tartozó indexet, 1-től $u-e+1$ -ig indexelve, az i -edik adathoz az $[e..u]$ tartományon belül az $i+e-1$ index tartozik. A 2. adattól kezdve az $iit[i]$ értékét az előző iit érték és az aktuális indexnek megfelelő érték határozza meg:

Post: $iit[1] = e$ and $vit[1] = f(e)$ and
 $\forall i \in [2..u-e+1]: (iit[i] = \text{swap}(iit[i-1], i+e-1))$ and
 $vit[i] = f(iit[i])$

A swap függvényben a paraméterben megadott két $[e..u]$ intervallumból választott indexhez tartozó értékek alapján adjuk meg az aktuális segédadat értékét.

Def: $\text{swap}: Z \times Z \rightarrow Z$,
 $\text{swap}(\text{akt}, \text{new}) = \{$
 $\quad \text{new, if } f(\text{new}) > f(\text{akt});$
 $\quad \text{akt otherwise}$
 $\}$

Az iit értékeinek specifikálása $[e..u]$ tartományon iteráló i -vel is megadható, csak a pontos intervallumtranszformációra kell figyelni. A swap függvényhez hasonló vit értékeire is írható, annak $H \times H \rightarrow H$ lenne az állapottere.

Az iteratív megoldásban az első értéket külön kell megadni (ahogy az algoritmusban is). A rekurzív megoldás során ez abban nyilvánul meg, hogy a rekurzív hívások sorozatának leállítása nem egy neutrális érték, hanem az első index-érték pár. a többi hívásnál az index-érték pár az előző és aktuális érték nagyságától függően alakul:

Def: $\text{rekmax}: Z \times Z \rightarrow Z \times H$,
 $\text{rekmax}(\text{first}, \text{akt}) = \{$
 $\quad (\text{first}, f(\text{first})), \text{ if } \text{akt} = \text{first};$
 $\quad (\text{akt}, f(\text{akt})), \text{ if } f(\text{akt}) > \text{rekmax}(\text{first}, \text{akt} - 1).2;$
 $\quad \text{rekmax}(\text{first}, \text{akt}-1) \text{ otherwise}$
 $\}$

}

Az utófeltételben a függvényt e és u paraméterekkel hívjuk meg.

Post: (ind, value) = rekmax(e , u)

Az első helyett az utolsó érték meghatározása ugyanolyan jó megoldás a „bármely maximumhely” helyett. A specifikációkat tekintve:

- a logikai kifejezésben az utolsó feltételben [$e..ind-1$] helyett az [$ind+1..u$] tartományt kell vizsgálni;
- a rövid alakban $f(i)$ helyett $f(u+1-i)$ értéket kell vizsgálni és ennek megfelelően a kimenetet hátulról számított eredményt ad, ezért a bal oldal ($u+1-ind$, value);
- az iteratív és rekurzív esetekben – mivel index alapúak a függvények és megfelelnek az algoritmusnak – csak a „nagyobb” reláció helyett kell a „nagyobb vagy egyenlő” relációt vizsgálni.

A legnagyobb helyett a legkisebb érték és helyének meghatározása minden megoldásban a reláció megfordításának felel meg. A reláció általánosan is megadható.

Def: rel: $H \times H \rightarrow L$, rel(lhs, rhs) = lhs /*pl:*/ > rhs

A függvényben beállított reláció a paraméterek sorrendjétől függően két érték közötti '<' vagy '>' viszonyt vizsgál, a tagadása a '≥' és '≤' relációkat helyettesíti.

A módosított megoldások:

- a logikai kifejezésben:
ind ∈ [$e..u$] and value = $f(ind)$ and
∀ $i \in [e..u]$: (nem rel($f(i)$, value)) and
∀ $i \in [e..ind-1]$: (rel(value, $f(i)$))
- a swap függvényben:
new, if rel($f(new)$, $f(akt)$);
- rekmax függvényben:
(akt, $f(akt)$), if rel($f(akt)$, rekmax(first, akt - 1).2);

A rövid alak a relációval nem módosítható, mert nem adható meg paraméterként. Bizonyos esetekben – de szövegeknél például nem – $-f(i)$ -vel lehet maximum helyett minimumot megadni, de a MIN() függvény alkalmazása jelenti a többivel ekvivalens megoldást.

A specifikációk ekvivalenciáját a példaadatokkal nem lehet igazolni, az igazolás alapja, hogy ugyanazt az algoritmust lehet a specifikációkból levezetni és a levezetés minden pontján ekvivalens állítások szerepelnek. A logikai megfogalmazással definíció szerint egyenértékű a rövidalak, a hozzájuk tartozó, bizonyítottan helyes típusalgoritmus állapotonkénti

leírása az iteratív és rekurzív formában megadott utófeltétel. Az ekvivalencia igazolásában a szélsőérték hely fogalmának határozatlansága kulcsszerepet játszik. Jelen esetben a specifikációban és az algoritmusban a „bármely” megfelelőjeként következetesen az „első találat” szerepel, de egyes SQL nyelvekben a TOP 1 a „minden megfelelő” értelmezést használja, más nyelvekben a LIMIT 1 csak az első találatot adja.

1. specifikáció: „első szélsőérték” típusfeladat specifikációi

```

In:  $e \in Z, u \in Z, H =$ 
Aux:  $vit \in H[1..], iit \in Z[1..]$ 
Out:  $value \in H, ind \in Z$ 
Def:  $f: Z \rightarrow H, f(i) =$ 
Def:  $rel: H \times H \rightarrow L,$ 
        $rel(lhs, rhs) = lhs <?> rhs$ 
Def:  $swap: Z \times Z \rightarrow Z,$ 
        $swap(cur, new) = \{$ 
            $new, \text{ if } rel(f(new), f(cur));$ 
            $cur \text{ otherwise}$ 
        $\}$ 

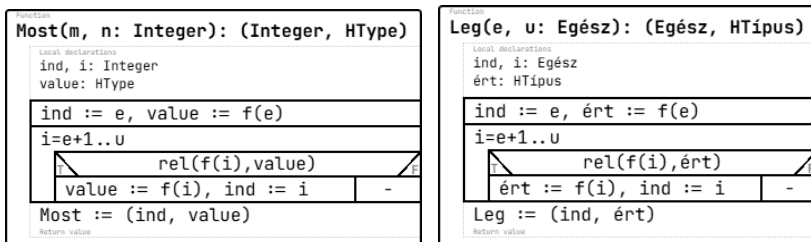
Def:  $mostrek: Z \times Z \rightarrow Z \times H,$ 
        $mostrek(first, cur) = \{$ 
            $(first, f(first)),$ 
            $\text{ if } cur = first;$ 
            $(cur, f(cur)),$ 
            $\text{ if } rel(f(cur), mostrek(first, cur - 1).2);$ 
            $mostrek(first, cur-1) \text{ otherwise}$ 
        $\}$ 

Pre:  $e \leq u$ 
Post:  $ind \in [e..u] \text{ and } value = f(ind) \text{ and}$ 
        $\forall i \in [e..u]: (\text{not } rel(f(i), value)) \text{ and}$ 
        $\forall i \in [e..ind-1]: (rel(value, f(i)))$ 
       and  $((ind, value) = \text{MAX}(i=e..u, f(i))$ 
       or  $(ind, value) = \text{MIN}(i=e..u, f(i))$ 
       and  $iit[1] = e \text{ and } vit[1] = f(e) \text{ and}$ 
        $\forall i \in [2..u-e+1]: (iit[i] = swap(iit[i-1], e+i-1)$ 
            $\text{ and } vit[i] = f(iit[i]))$ 
       and  $(ind, value) = mostrek(e, u)$ 

```

Megfontolandó a LEG() MOST() specifikációs rövidalakok implementálása, amelyben paraméterként megadható a rel() függvény.

1. algoritmus: „első szélsőérték” típusfeladat algoritmus (en, hu)



3.2 Szélsőérték keresése – Mi van, ha nincs?

A 2.2. fejezetben bemutattuk, hogy nem minden esetben különböztetik meg megnevezésben a szélsőérték keresést és szélsőérték kiválasztást. Ugyanakkor minden esetben előfeltétel, hogy legyen legalább egy adat. Ez a – csak szélsőérték típusfeladatra jellemző – kikötés neuralgikus pontnak tűnik, a feltételelesszélsőérték-keresés feladattípus a Fóthi [4] és Gregorics [5] jegyzetben is rögtön a maximumkeresés/-kiválasztás után szerepel és napjaink tanmenete is ezt követi. A 19. jegyzetben [11/76. o] ezzel szemben a legutolsó feladattípus a tételek egymásra építése fejezetben, a kiválogatással összeépítés példajaként.

A szélsőérték-kiválasztás előfeltétele specifikációban és az algoritmusban is kiváltható egy implikációval, illetve elágazással. De a gyakorlatban több problémát okoznak azok az esetek, amikor hiányzik az adat. Például táblázatkezelésben a kijelölt tartomány nem mindegyik adata azonos típusú vagy hiányoznak értékek. Ugyanígy, a folyamatos feldolgozás esetén – például eddigi legnagyobb érték – is kell valamilyen megoldás. Emiatt sokszor szélsőérték-kiválasztás helyett is a keresés javasolt, az eredmény kiírása előtt eldöntendő, hogy van-e mit kiírni. A specifikációban ezért 3 kimenet lesz:

Out: ok $\in L$, value $\in H$, ind $\in N$

A (feltételes) szélsőérték-keresés specifikációjában az f(i) adatok mellett megjelenik egy tulajdonság is, T(i) – érvényes-e az i-edik adat –, cserébe nem szükséges előfeltételt megadni. Ez a tulajdonság a specifikáció minden részén megjelenik.

Def: t: Z $\rightarrow$ L, t(i) = /*sample*/f(i) < 3

A kiválogatás és a maximumkiválasztás sémák összeépítéséhez a kiválasztáshoz képest szükséges legalább egy segédadattömb, amiben az érvényes értékek indexét eltároljuk:

Aux: $ct \in \mathbb{N}$, $tind \in \mathbb{Z}[1..]$,

Az elemi sémákból építkező maximumkeresés a kiválogatással és a maximumkiválasztással így adható meg:

Post: $(ct, tind) = \text{MIS}(i=e..u, t(i), i)$ and
 $ct > 0 \rightarrow (\text{ok and}$
 $\exists j \in [1..ct]: (ind = tind[j] \text{ and}$
 $(j, value) = \text{MAX}(i=1..ct, f(tind[i])))$
and $ct = 0 \rightarrow (\text{not ok})$

A két rövid alak egyenként, más módszerrel is specifikálható, így nagyon sokféleképpen lehet specifikálni a feladatot. De most nem ezeket elemezzük, hanem a közvetlen, egyetlen sémát alkalmazó megoldást. A SpEd-ban erre használhatunk rövid alakot: FELTMAX, MAXHA, vagy MAXIF néven. Ez, ha van megoldás, akkor a feltételeknek megfelelők közül a legnagyobb értéket és ennek első előfordulási helyét adja meg:

Post: $(\text{ok}, ind, value) = \text{MAXIF}(i=e..u, f(i), t(i))$

Ahogy a MAX esetén, itt sem tudjuk módosítani a relációt, de van párja, FELTMIN, MINHA, MINIF néven.

Ezekhez a specifikációkhoz tartozó megoldási sémában az algoritmus sablonja:

2. algoritmus: Feltételelesszélsőérték-keresés algoritmus sablonja

MostIf (e, u : Integer): : (Boolean, Integer, HType)		
<i>Local declarations</i> i, ind : Integer ok: Boolean value: HType		
ok := false		
i=e..u		
not ok and T(i)	ok and T(i)	
ok := true	rel(f(i), value)	-
ind := i		-
value := f(i)	value := f(i)	-
MostIf := (ok, ind, value)		

LegHa (e, u : Egész) : (Logikai, Egész, HTípus)		
<i>Local declarations</i> i, ind : Egész van : Logikai ért : HTípus		
van := false		
i=e..u		
nem van és T(i)	van és T(i)	
van := true	rel(f(i), ért)	-
ind := i		-
ért := f(i)	ért := f(i)	-
LegHa := (van, ind, ért)		

A logikai kifejezéssel iteratíván, illetve rekurzíván megadott specifikációkban a relációt általánosan megadhatjuk.

Def: $rel: H \times H \rightarrow L$,
 $rel(lhs, rhs) = lhs \text{ <?> } rhs$

A szélsőérték-kiválasztás algoritmusának alapján a $t(i)$ implikálja a szélsőérték vizsgálatát:

Post: $ok = \exists i \in [e..u]: (t(i))$ and
 $ok \rightarrow (t(ind))$ and $value = f(ind)$ and
 $\forall i \in [e..u]: (t(i) \rightarrow \text{not } rel(f(i), value))$ and
 $\forall i \in [e..ind-1]: (t(i) \rightarrow rel(value, f(i)))$

Az iteratív megoldásban segédadatként tároljuk a feltételnek megfelelő indexeket 'tind', az adott indexeknél érvényes szélsőértékek helyét 'iit' és értékét 'vit'. Az indexek tárolása a megoldás során biztosítja, hogy pontosan a következő megfelelő indexet vegyük sorra.

Post: $ok = \exists i \in [e..u]: (t(i))$ and $ok \rightarrow$
 $\exists i \in [e..u]:$
 $t(i)$ and $tind[1]=i$ and $iit[1]=i$ and $vit[1]=f(i)$ and
 $\forall j \in [2..ct]:$
 $\exists k \in [tind[j-1]+1..u]:$
 $t(k)$ and $tind[j]=k$ and $iit[j]=\text{swap}(iit[j-1],k)$
and $vit[j]=f(iit[j]))$
and $value = vit[ct]$ and $ind = iit[ct])$

A megoldásban a swap függvény nem módosul. A rekurzív megoldás ezzel szemben az utófeltételében alig módosul, a lényeg a függvényhíváson belül van. A megoldás leképezi a sablont, de nagyon kell figyelni, hogy lehetséges-e a kezdeti false mellett üres érték a másik két paraméter helyén, lehet-e null a Z, illetve H halmaz eleme helyén.

Def: mostrek: $Z \times Z \rightarrow L \times Z \times H$,
mostrek(first, akt) = {
(false, ,), if $akt < first$;
(true, akt, f(akt)),
if $t(akt)$ and mostrek(first, akt-1).1 = false;
(true, akt, f(akt)),
if $t(akt)$ and (mostrek(first, akt-1).1 = true $\rightarrow$
rel(f(akt), mostrek(first, akt-1).3));
mostrek(first, akt-1) otherwise
}

Használata:

Post: (ok, ind, value) = mostrek(e, u)

3.3 Szélsőértékek kiválogatása – Mi van, ha több van?

A szélsőérték-kiválasztás specifikációjának ekvivalenciája azon múlik, hogy hogyan kezeljük a többszörös szélsőértékeket, ha csak egynek a helyét kell

megadni. Ekkor egységesen az első találat lett a kijelölt megoldás. De – a feladat kiírójával egyeztetve – lehetne megoldás az összes lehetséges válasz megadása is, a felhasználóra bízva, hogy mit kezd ezekkel. Ha a felhasználó tudja, hogy több eredményt is kaphat, de neki csak egyre van szüksége, könnyebben megoldja a problémát, mint fordítva, ha minden előfordulás helyett csak egyet kap.

Ha minden, adott reláció szerinti szélsőérték előfordulási helyét szeretnénk megkapni, akkor a szélsőérték kiválasztását követően kiválogatjuk a helyeket. Ugyanez elmondható a szélsőérték keresése esetén is, azzal a kitéttel, hogy a kiválogatást csak akkor végezzük el, ha van a megadott feltételeknek megfelelő szélsőérték.

A kiválogatásnál egyenlőséget kell vizsgálni, amihez nehézkes lenne a reláció függvényt használni: akkor is kiírandó az index, ha a $\text{nem}(\text{rel}(f(i), \text{value}))$ is és a $\text{nem}(\text{rel}(\text{value}, f(i)))$ is igaz rá. Ha két adat összehasonlítása során három lehetséges eredményt várunk, akkor célszerű összehasonlító, komparátor függvényt írni. Ez az eddig használt reláció függvényt felhasználva így adható meg:

```
Def: cmp: H x H -> Z,  
      cmp(lhs, rhs)={  
        1, if rel(lhs, rhs);  
       -1, if rel(rhs, lhs);  
        0 egyébként  
      }
```

A két részfeladat specifikációja és algoritmusának elkészítése az eddigiek alapján mindkét részre háromféleképpen is elvégezhető. A kiválogatás rekurzív megadása okozhat problémát, mivel ahhoz, hogy aggregálásnak tekinthessük, az eredményt – az adatsorozatot – egy adatnak kell tekinteni; ehhez – mint a szöveg esetében – hozzáfűzhetők az újabb értékek. Alapértelmezésként ezt nem várjuk el a specifikációtól.

A rövidalakok összeépítése a specifikációban áttekinthető kódot eredményez, de a konkrét feladat esetén el kell döntenünk, hogy a min vagy a max függvényt használjuk:

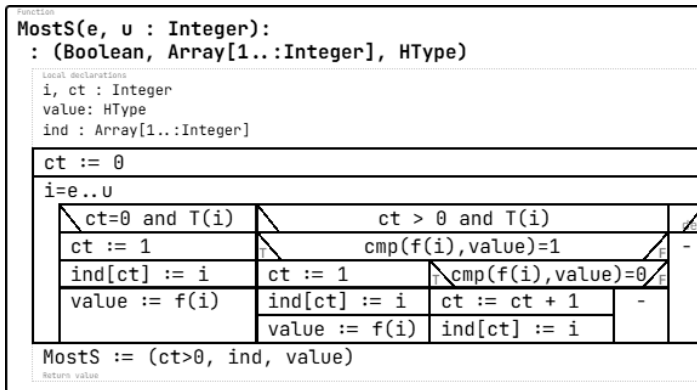
```
Post: ((ok, , value) = MAXIF(i=e..u, f(i), t(i))  
      or (ok, , value) = MINIF(i=e..u, f(i), t(i)))  
      and (ct, ind) = MIS(i=e..u, t(i) and cmp(f(i), value)=0, i)
```

A több részfeladatból álló megoldás esetén érdemes a sablonok alapján elkészített algoritmusokat megvizsgálni, ha lehet, algoritmus-transzformációval hatékonyabbá írni. Az adott értékűek indexének a kiválogatása összevonható az érték keresésével. A szélsőérték-keresés

módosításának a lényege: ha az aktuális értéknél a vizsgált nem jobb, de egyenlő vele, akkor növeljük a számlálót és kiírjuk az indexet egy listába.

A rövidalakokhoz rendelt algoritmusok összevonásával, algoritmus-transzformációs lépésekkel hatékonyabbra írt megoldást mutatja a 3. algoritmus.

3. algoritmus: maximumok keresése algoritmus



Logikai alapú specifikációban a korábbi specifikáció az első eredményt ind[1]-et adja meg, az azt követő adatok között található a többi eredmény.

Post: //ind[] not empty
 ok=∃i∈[e..u]:(t(i))
 and //ind[1] is an index of a solution
 ok → (t(ind[1]) and value=f(ind[1]))
 and //the value is extreme value
 ∀i∈[e..u]: (t(i)→(cmp(value,f(i))>-1))
 and //ind[1] is the first solution
 ∀i∈[e..ind[1]-1]:(t(i)→(cmp(value,f(i))=1))
 and //ind[ct] is the last solution
 ∀i∈[ind[ct]+1..u]:(t(i)→(cmp(value,f(i))=1))
 and //other solutions listed
 ∀i∈[2..ct]:(t(ind[i]) and cmp(value,f(ind[i]))=0 and
 //are different ind-s
 ind[i-1]<ind[i] and
 //and no more solutions
 ∀k∈[ind[i-1]+1..ind[i]-1]:(t(k)-
 >(cmp(value,f(k))=1))
))

Iteratív specifikációt a feladat más szemléletű megoldásával is adhatunk. A részeredmények ellenőrzését szem előtt tartva, megadhatjuk a releváns indexek adatsorozatait. Például, egy sorozatban a $T(i)$ tulajdonságúakat, majd csak ezeket tekintve a monoton növekvő részsorozat indexeit és értékeit „következő jó vagy jobb” kereséssel, végül ebből leválasztjuk az utolsó, azonos értékű sorozat indexeit. Az egyes lépéseknél lehet, hogy inkább rövidalakot használva „gyorsíthatunk” a megoldáson...

Mivel a két rövidalakból visszavezetett algoritmust összevontuk, az iteratív megoldásban az algoritmus egyes állapotait specifikáljuk, elemenként megadva a lehetséges teendőket:

```

Post: ctit[e-1]=0 and
    ∀i∈[e..u]:
    ( not t(i) -> ctit[i]=ctit[i-1]
      and (t(i) and ctit[i-1] = 0) ->
        (ctit[i]=1 and iit[i]=i and vit[i] = f(i))    //base
      and (t(i) and ctit[i-1] > 0) ->                //next
        ( cmp(f(i),vit[i-1])= 1 -
    >
        //better
        (iit[i]=i and vit[i]=f(i) and ctit[i]=1)
      and cmp(f(i),vit[i-1])= 0 ->                    //same
        (iit[i]=i and vit[i]=f(i) and ctit[i]=ctit[i-1]+1)
      and cmp(f(i),vit[i-1])=-1 ->                  //worst
        (iit[i]=iit[i-1] and vit[i]=vit[i-1] and
          ctit[i]=ctit[i-1])
    ) ) and
    ct = ctit[u] and
    ct = 0 -> (not ok and ind=[]) and                //no result
    ct > 0 -> ( value=vit[u] and                    //value and last result
      hossz(ind)=ct and ind[ct]=iit[u] and
      ∀b∈[1..ct-1]:(                                //prev. results
        ∃j∈[e..ind[ct-b+1]-1]:(
          ctit[j]=ct-b and ind[ct-b]=iit[j]))
    )

```

A megoldás két részre bontható. 1. Az intervallum minden elemére megadjuk az aktuális darabszámot (ctit), az aktuális indexet (iit) és az aktuális értéket (vit). 2. A lépésenkénti eredményekből meghatározzuk a végeredményt: a ct, a value és az utolsó eredmény az adatsorozatok utolsó értéke, az indexsorozat további értékeit visszakeressük.

Az iteratív megoldás „kiforgatásával” megkapjuk a rekurzív megoldást:

```
Def: mreka: N x N -> N x Z[] x H,  
  mreka(first, i) = {  
    (0, , ), if i<first;  
    (0, f(first)), if not t(i) and i=first;  
    /*mreka(first,i-1), if not t(i);*/  
    (1, add([],i), f(i)),  
      if t(i) and mreka(first,i-1).1 = 0;  
    (1, add([],i), f(i)),  
      if t(i) and mreka(first,i-1).1 > 0  
          and cmp(f(i), mreka(first,i-1).3) = 1;  
    (mreka(first,i-1).1 + 1, add(mreka(first,i-1).2,i), f(i)),  
      if t(i) and mreka(first,i-1).1 > 0  
          and cmp(f(i), mreka(first,i-1).3) = 0;  
    /*mreka(first, i-1),  
      if t(i) and mreka(first, i-1).1 > 0  
          and cmp(f(i), mreka(first, i-1).3) = -1;*/  
    mreka(first, i-1) egyébként  
  }  
}
```

A rekurzív specifikációban jobban látható az algoritmus két üres ága, ezek kommentben szerepelnek, helyette az „egyébként” ág érvényesül. A rekurzív hívások során, a tárolt adat hiánya miatt két extra problémát kell megoldani:

- Ha rekurzív hívás történik, akkor mindenképpen kell visszatérési érték, az aggregálás neutrális adata. Ezért, ha van adat, de nem megfelelő, akkor – amellet, hogy nincs megoldás, az első (e=u esetén egyetlen) adat lesz a 'value' értéke. Ha u<e, akkor bármilyen megoldás elfogadott. Az általános megoldás az adattípus neutrális, amit minden tesztnél egyedileg kellene megadni (0, "", 0.0...)
- A listaképzéshez az add(array, item) függvényt, illetve az eredmény f(i) értékeit külön meg kell írni:

```
Def: act: Z[] x Z x Z -> Z, act(old, i, item) =  
  {item, if length(old) < i;old[i] otherwise}  
Def: add: Z[] x Z -> Z[], add(array, item) =  
  COPY(i=1..hossz(array)+1, act(array, i, item))
```

A négyféle megoldás a tesztek alapján közel ekvivalens. Kivétel a MIN/MAX választás kényszere és a kezdőértékkadás eltérő megoldása. De ezeken túlmenően is lehetnek eltérések, a tesztelés nem bizonyíték, csak tapasztalat.

3.3 Szélsőérték feladatok sablonja

A szélsőértékek kiválogatására adott megoldás a maximum-kiválasztásra és maximumkeresésre is megoldást ad, általános megoldásként, sémaként lehetne használni. A fenti levezetés akkor tekinthető bizonyításnak, ha az eredeti bizonyításból levezethető a Specification editor formulája; a specifikációból következő algoritmus levezetésében minden lépés megfordítható, az algoritmus-transzformációk egyenként ekvivalens átalakításokat jelentenek. A Specification editor oktatási segédeszköz, validálni kellene ahhoz, hogy elméleti, általános érvényű bizonyításhoz lehessen használni. Ez alapja lehetne annak, hogy különböző (hallgatói) megoldásokat ekvivalensnek tekintsünk, szűrni tudjuk az ettől eltérő megoldásokat.

Amennyiben sablonnak tekintjük a 3. algoritmust, akkor oktatási szempontból megfontolandó, hogy hol lenne helye a tanmenetben, milyen előismeretek szükségesek hozzá.

A feltételes szélsőérték keresése és az általános megoldás a probléma összetettsége szempontjából közelebb áll egymáshoz, mint a szélsőérték kiválasztása és keresése. A szélsőérték kiválasztása egyszerű aggregáció, bár ezek közül a legösszetettebb. A halmazos

- az összegzés, a szorzás, az összefűzés, eldöntés esetén

$$s := s \oplus f(i)$$

alakú,

- a megszámlálás, a kiválogatás, a feltételes összegzés esetén

$$s := s \oplus (t(i) ? f(i) : 'ne')$$

alakú, ahol a 'ne' a $\oplus$ művelet neutrális egységeleme.

- a szélsőérték kiválasztásakor a művelet a pillanatnyi kumulált értéktől is függ:

$$s := \text{rel}(f(i), \text{act}(s)) ? f(i) : \text{act}(s)$$

Amennyiben csak ezt a szempontot nézzük, felmerül a kérdés, miért tekintjük – mindhárom jegyzet és mai gyakorlat szerint is – könnyebb feladatnak a szélsőérték-kiválasztás feladattípust az eldöntésnél.

Ráadásként – szintén hagyományosan – a szélsőérték-keresés a kiválasztáshoz kapcsolódik, megelőzve a kiválasztás és keresés típusfeladatokat, míg az általános megoldás sémája nem tananyag, csak

példákon keresztüli, összetett séma alkalmazása a feladat a tanulmányok végén.

Ezért a szélsőérték-feladatok vizsgálata a sorozathoz értéket rendelő tételek között utolsóként kellene szerepeljen, esetleg a kiválogatást követően, attól függően, hogy a sorozathoz sorozatot rendelő feladattípusok – egyéb tantárgyi szempontok szerint – keveredhetnek-e a sorozathoz értéket rendelő típusokkal.

A szélsőérték feladatok sémájának sötét foltja a rendezési reláció specifikációja. A *µ*lógia 19 jegyzetben [11/25. o.] a specifikáció jelzi a létét, de nincs specifikációja a „ $\exists <, \leq$ relációk” megjegyzésnek. Főthi nem említi [4/136. o.] a specifikálás szükségességét, Gregorics nem specifikálja a „H halmazon értelmezett teljes rendezési” relációt. Az általános megoldás során ennek hiánya okozza, hogy két rövidalakot használunk, de további problémákat jelez a két alak közötti váltásra adott „érték esetén a $-f(i)$ ” megoldás, mivel nincs minden adattípusra ellentett (például karakterekre sincs).

4 Összetett reláció

A szélsőérték-feladatok nemcsak a megoldás számossága miatt okozhatnak kihívást. A relációs jel szerinti diszkutálása a feladatnak (MIN/MAX) már jelzi a problémát, de a feladatmegoldást sokszor az összetett adatok, többkulcsos kiválasztási szempont figyelembevétele tovább nehezíti.

Az előző fejezetben külön kellett kezelni a rövid alakkal megoldást, mert a két függvényben a reláció nem paraméter. Lehetne a MAX és a MIN helyett egyetlen MOST, esetleg BEST nevű, magyarul LEG függvény, ha megadjuk a relációs jelet paraméterként?

4.1 Reláció megfordítása

Mindhárom vizsgált oktatási anyag maximum-keresésről szól, a minimum-kereséshez az érték -1 -szerese a megoldás. De mi van a természetes számokkal, a karakterrel, a szöveggel?

Természetes számok esetén az értékek megengedett tartománya adja a megoldás lehetőségét. Az $\mathbb{N}$ végtelen, de a programunkban csak véges értékek tárolhatók, ezért elvárható, hogy a specifikáció előfeltételként tartalmazza a megengedett értéktartományt. A `maxValue` konstansként jelenik meg a programban és így a specifikációban is, ezért az ellentétes véglet megadásához használható a `maxValue-f(i)` érték.

Ez a számítási mód nemcsak a természetes számokra használható, hanem bármilyen számhalmazra. A számítás során az összehasonlítandó értékek

korlátozhatók a $[0, 1]$ intervallumra, ha a legkisebb lehetséges érték: minValue is ismert, ami szintén elvárható:

$$f': [\text{minValue}, \text{maxValue}] \rightarrow [0, 1], f(i) = \frac{\text{maxValue} - f(i)}{\text{maxValue} - \text{minValue} + 1} \quad (1)$$

A $[0, 255]$ ASCII-kódú karakterek esetén is használható ez az összefüggés, de UTF-8 kódolás esetén a felsorolási sorrendet nemzeti szabványok és egyéb szempontok is befolyásolják, a rendezési reláció nem teljes. Például, ha a reláció case insensitive, akkor az 'E'='e'; ha a magyar szabályzatot vesszük figyelembe, akkor 'e'='é'. A reláció nem teljes rendezési reláció.

Szövegre értelmezett rendezési reláció – névsorban első, névsorban utolsó meghatározásához – szintén nyelvtől függő, de – ahogy azt különböző alkalmazásokban a névsorok bizonyítják – sokféle. Például, magyar ábécé szerinti rendezéssel haj-háj-hal-hál a helyes sorrend, azaz fontosabb, a 'j'<'l', mert 'a'='á', de ha más eltérés nincs akkor mégis inkább 'a'<'á'. Ha binárisan nézzük, akkor a haj-hal-háj-hál sorrendet kapjuk.

Programozás oktatása során a sokféle szabály helyett jellemzően angol ábécére szűkített, case-insensitive karakterkészlettel számolunk, ezen belül, karakterenkénti összehasonlítást végzünk. Az 's1' szöveg megelőzi 's2' szöveget, ha a két karaktersorozat összehasonlítása során az első eltérés helyén 's1'[i]<'s2'[i] vagy s[1] rövidebb. Vázlatos specifikációja:

```
rel: S x S -> L,
rel(s1, s2) = {
    s1[SELECT(i>=1, i<h(s1,s2)->(s1[i] != s2[i]))]
    <s2[SELECT(i>=1, i<h(s1,s2)->(s1[i] != s2[i]))],
    if length(s1)<length(s2)->EXISTS(i=1..h(s1,s2),s1[i] !=
s2[i]);
    EVERY(i=1..length(s1), s1[i]=s2[i]), if length(s1) <
length(s2);
    false otherwise
}
```

A feladat bonyolultsága messze túlmutat a kezdő programozók szintjén. Szinte hallható a megkönnyebbülés, amikor kiderül, a Specification editorban használhatók az infix relációs operátorok.

A fenti specifikáció alapján a relációsjel „megfordítása” két szöveg között, nemcsak egy fordítás a specifikáció belsejében. Célszerűbbnek tűnik comparátort használni a karakterekre és az eredményre, mert az $\{-1, 0, 1\}$ eredmény esetén a '<' és a '>' jelek a kiértékelés eredményének -1-gyel való szorzásával felcserélhető.

Az értékek -1 -gyel szorzása azt jelenti, hogy az algoritmusban $f(i) > f(j)$ helyett a $-f(i) > -f(j)$ relációt alkalmazzuk, ha komparátorral írjuk fel, akkor $\text{cmp}(f(i), f(j)) = 1$ helyett a $-\text{cmp}(f(i), f(j)) = 1$ vagy $\text{cmp}(f(i), f(j)) = -1$ a megfelelő összefüggés.

Bármelyik formát választjuk, kérdéses, hogy hogyan tudjuk jelezni a relációt a rövidalak paramétereként:

`(ind, value)=BEST(i=e..u, f(i), ???)`

Minden összehasonlításnak két bemenete van, de az összehasonlítandóknak azonos típusúaknak kell lennie. A rövidalakban megadott reláció egyik oldalán egy i -től függő adat, a másik oldalon az aggregáció aktuális értéke szerepel, de az aggregáció aktuális értékére nem tudunk hivatkozni. Ezért, az $f(i) > \text{'value'}$ összehasonlítás így értelmes lehet:

`(ind, value)=BEST(i=e..u, f(i), >)`

Gyakori eset, hogy más az összehasonlítandó, mint a kiírandó érték. (Ki a legjobb? kérdésben nem a nevek „maximumára” vagyunk kíváncsiak.) ezért praktikus külön jelezni a kiírt érték forrását és a relációban használt értéket. MAX helyett valahogy így:

`(ind, value)=BEST(i=e..u, f(i), (>r(i)))`

Ezzel – remélhetőleg – a rendezési relációval rendelkező $r(i)$ adatokra egységesíthető a MIN és MAX függvény.

4.2 Reláció függvény

A maximum kiválasztásához meg kell adni egy értéksorozatot, minden adathoz $r(i)$ -t. Ez lehet az adatsorozat értéke, ha az alaphalmaz elemi adat, lehet egy projekció, ha az adatsorozat elemtípusa rekord vagy többdimenziós tömb. Ha a szélsőérték meghatározásához egy adathból több adattag szükséges, akkor megoldást jelenthet, ha az adattagok értékeihez rendezéstartó szabállyal egy értéket rendelünk.

Például: (óra, perc, mp) adathármasokkal megadott időpontok közül a legkorábbi kiválasztásához másodpercekre váltás lehet alkalmas. Ez alkalmazható más mértékegységekre is, de az (év, hónap, nap) speciális megfontolást igényel, mert a napokká alakítása – különösen szökőéveket is figyelembe véve – sokkal összetettebb. Jellemző, hogy az algoritmus írásakor az adat lecserélésének feltétele, az $f(i) > f(\text{max})$ aktuális formája:

`(ev(i)>ev(max))` vagy

`(ev(i)=ev(max) és ho(i)>ho(max))` vagy

`(ev(i)=ev(max) és ho(i)=ho(max) és nap(i)> nap(max))`

A logikai kifejezést lehetne tovább bővíteni. Amikor az a kérdés, hogy ki az idősebb, az ikreknél néha 5 perc is számít...

Jellemző, hogy a kifejezést érdemes tördelni, mert hosszú, könnyű elrontani helytelen zárójelezéssel, elírással. Ráadásul, a sémának sem felel meg, mivel abban egy értéket hasonlítunk össze egy tárolt értékkel. Ezért a specifikációban nem tudjuk így megadni.

A megoldást a rendezéstartó súlyozás adja. A hónap számát 31-gyel szorozva, az évet $366 \cdot 31$ -gyel szorozva, az összeg megad egy értéket:

$$r(i) = ev(i) * 12 * 31 + ho(i) * 31 + nap(i)$$

$r(i)$ -ből maradékos osztással egyértelműen vissza tudjuk fejteti az eredeti értékeket, megadhatók azok az értéktartományok, amelyek egy évhez vagy egy éven belül egy adott hónaphoz tartoznak. Így ez a leképezés rendezéstartó, a nap sorszámának kiszámításától annyiban különbözik, hogy lesznek olyan értékek, amelyekhez nem tartozik valós nap. Bár tudjuk, hogy melyik nap van előbb, azt nem tudjuk $r(i)$ -ből megmondani, hogy hány nap van a két dátum között.

Amennyiben a legjobb érték meghatározásához figyelembe vehető adatok számok (érték típusúak) és az egyes értékeknek ismert az értéktartománya, akkor ebből meghatározható az $r(i)$ általános képlete:

Minden értékhez megadjuk a (zárt) értéktartomány hosszát:

$$L(adat) = \maxValue(adat) - \minValue(adat) + 1$$

A fontosság szerinti sorrendben megszorozzuk az adatnál előbbre lévő értékeket az értéktartomány hosszával:

$$r(i) = a(i) * L(b) * L(c) * \dots + b(i) * L(c) * \dots + c(i) * \dots$$

Ennek a megoldásnak egy egyszerűbb változata a helyiértékes megoldás. Ekkor nem az értéktartomány hosszát vesszük alapul, hanem a használt (jellemzően 10-es) számrendszerben felírt érték lehetséges számjegyeinek a számát. Ez napok és hónapok esetén is 2. ebből következik, hogy

$$r(i) = ev(i) * 10000 + ho(i) * 100 + nap(i)$$

megjelenésében az év, hónap és nap értékek egymásután láthatók. Ehhez hasonlóan, tetszőleges, természetes számokból álló tuple átalakítható egy értékke.

A számítási szabály alkalmazása során a negatív értékek nem okoznak problémát, de ha váltogatjuk a legkisebb/legnagyobb szempontokat, akkor a helyes rendezéshez az alaphoz képest a fordított szempontban `value` helyett `maxValue-value` értékkel kell számolni.

A helyiérték alapú értékszámítás adja az ötletet a szöveges megoldáshoz. Egy dátumot `éééé.hh.nn` formátumban, tetszőleges elválasztó karakterrel

vagy anélkül, szöveges formában megadva, a korábbi későbbi viszony a szövegek közötti relációnak felel meg. Ezt általánosítva: ha nem negatív értékeket azonos hosszon – vezető nullákkal és valós érték esetén tizedesjegyekkel – azonos hosszúságú szöveggént adunk meg, akkor az összefűzött szövegre a komparátor teljes rendezési reláció.

Szöveggé alakítás esetén a negatív értékek jele is elrontja az értékképzést, de problémát okoz az is, hogy utána az érték abszolútértéke pont fordított relációhoz lenne alkalmas.

A jelenlegi MIN és MAX rövid alakokban az $f(i)$ paraméterben adhatjuk meg azt az értéket, amit a ' $<$ ' és a ' $>$ ' értékek bal oldalára behelyettesítve, jobb oldalon azonos szabállyal számolva az aktuális értéket, megadhatjuk az intervallumon belüli legkisebb, legnagyobb értéket és indexét. Ha a feladat megoldását nem az algoritmussal, hanem – az oktatásmódszertani megfontolásnak megfelelően – a specifikációval kezdjük, akkor ezt az értéket ki kell számolni.

Kérdés, hogy ezután az algoritmusban a kiszámított – praktikusán külön függvényben megírt – értéket adjuk meg a feltételben, vagy az adatokat egyenként behelyettesítve az összetett logikai kifejezést írjuk meg, esetleg a logikai kifejezés alternatív részeit elágazások hamis-ágában egyenként fejtjük ki.

Kérdés, hogy az algoritmusba beírjuk-e a logikai kifejezést, illetve az egymásba ágyazott elágazásokat, vagy külön függvényben adjuk meg a cseréről való döntés feltételét. Ha a külön megadott feltétel lesz általános, akkor a sablon algoritmusokban is a $rel(adat(i), value)$ lenne a megfelelő jelölés. Kérdés, hogy az általános szélsőérték rövid alakjában a javasolt jelölést alkalmazva:

$(ind, value) = BEST(i = e..u, f(i), (>r(i)))$

hogyan jeleníthető meg a $rel()$ függvény.

4.3 WSM, döntési függvény, rangsor

A WSM (Weighted Sum Model), súlyozott összeg számítás csak értékekre használható. A (1) egyenletben bemutatott $[0,1]$ intervallumra projektált érték minden értéktartományra megvalósítható. Ha több ilyen, lényegében százalékos megfelelést mutató érték együtt jelenti a megfelelést, akkor ezek súlyozásával, adhatunk meg arányos relevancia értéket.

$$r(i) = \alpha * fa^{(i)} + \beta * fb^{(i)} + \gamma * fc^{(i)} + \dots, \\ ahol \quad \alpha + \beta + \gamma + \dots = 1$$

Informatikai szemmel nézve, azért a programozónak lehet ellenérzése ezzel a képlettel. A projekció a $[0,1]$ intervallumra binárisan pontatlan, a további

valós értékkel szorzás szintén... Mindenesetre az eredmény „bármilyen összetett számítás esetén” egyetlen szám, ami alkalmas a reláció eldöntésére.

Az egyes szempontok szerinti $[0,1]$ intervallumra történő projekciót helyettesíthetjük rangsorral. Ebben jellemzően az egyforma értékek azonos rangúak lesznek, eljárástól függően holtverseny esetén a következő rang érték(ek) kimaradhatnak. Minden szempont szerint elkészített rangsorokat súlyozottan összegezve kaphatunk összesített rangsort, ami lehet a relációban használt függvény.

A relációfüggvényhez és a logikai kifejezéshez képest ezekkel a számításokkal az egyes szempontoknak nincs elhatárolt értéktartománya, nem feltétel, hogy az eredményben az első szempont teljesen meghatározó legyen, a következő szempontok csak akkor érvényesüljenek, amikor az előbbre levők alapján holtverseny alakulna ki. Algoritmust tekintve, biztos, hogy számítással adjuk meg a két értéket, nem képezünk összetett logikai kifejezést vagy elágazásokat a szempontok külön megjelenítése érdekében.

4.4 Tuple

A számított érték bármilyen formájában az érték típusú adatokhoz köthető, szöveg típusú adatokra közvetlenül nem értelmes. Az eddigi megoldások akkor is csődöt mondanak, ha a relevancia csak részben függ szöveg típusú adattól.

Például, az eddigiek nem adnak megoldást a legjobb tanuló megszólításához. A legjobb tanulót az érettségi átlaga alapján szeretnénk kiválasztani, ezen belül azt, aki több tantárgyból érte el az átlagot és ha ilyenből is több van, akkor a névsorban elsőt szeretnénk megszólítani. Mondhatunk még néhány szempontot, ha egy osztály fele kitűnő.

Az ilyen vegyes típusú szempontrendszer leképezése egyetlen függvénybe lehetséges rangsorolással, ahol a szöveges adatok értéktartománya az adatok száma, de általában egyszerűbb, ha az egyes szempontok szerinti részeredményekből adunk eredményt, ahogy azt a relációs adatbázisoknál láthatjuk. A megoldást gyorsíthatja, ha a szöveges adatokhoz indexet készítünk – azaz megadjuk mindegyiknek a rangját, de a megoldás lényege, hogy két adat összehasonlításakor a felsorolt szempontok szerinti sorrendben melyik lesz az első eltérő és az eltérés helyen a reláció megfelelő vagy sem.

Algoritmusban a $\text{cmp}(f(i), \text{act})$ értéknél az egyenlőséget 0 jelzi, keresni kell az első nem nulla értéket. A kiértékelés $\{1, -1\}$ és a reláció jelet jelző érték $>: 1, <: -1$ szorzata megadja, hogy a reláció lecseréli-e az aktuális értéket:

- legnagyobb keresésekor 1 a reláció értéke és cserélünk, ha 1 az összehasonlítás eredménye;
- legkisebb keresésekor -1 a reláció értéke és cserélünk, ha -1 az összehasonlítás eredménye.

Azaz, akkor lesz új értéke a keresésnek, ha a reláció értékének és hasonlítás értékének a szorzata 1.

Ebben a szabályban már nem számít, hogy érték vagy szöveg az adott szempont típusa, tetszőleges összetett típusra megírva a reláció operátorokat az használható a döntésben.

A reláció kiszámításához – az SQL-hez hasonlóan – meg kell adni adattagok és ezekre érvényes reláció párokból álló paramétersorozatot. Például az alábbi szintaktikával:

```
(ind, value)=BEST(i=e..u, f(i), (>f(i).2, <f(i).4, >f(i).1)  
vagy
```

```
(ind, value)=BEST(i=e..u, f(i), (+f(i).2, -f(i).4, +f(i).1)
```

Ezzel a jelöléssel és értelmezéssel megadhatók az „egyformák esetén az első”, illetve „egyformák esetén az utolsó” érték is utolsó szempontként:

```
(first, value)=BEST(i=e..u, f(i), (>f(i).2, <f(i).4, <i)
```

illetve

```
(last, value)=BEST(i=e..u, f(i), (>f(i).2, <f(i).4, >i)
```

A fentebb vizsgált relevanciaérték-számításos módszerek ezzel a formával teljes mértékben összehangolhatók, $f(i)$ adattagja helyén bármilyen, a konkrét indexhez kötődő számított érték is lehet.

5 Összefoglalás

A szélsőérték-kiválasztás hagyományosan egyike az elemi programozási tételeknek, azonban a feladattípus bővebb értelmezést igényel, egyrészt a keresés, másrészt a kiválogatás irányában. Az elemi programozási tételek közül ez az egyetlen, amelyben a „létezik”, „egy adat” és „eredményhalmaz” típusú eredmény is jellemző, így nem indokolt a többi programozási tétel előtti részletes elemzése, a kiválasztás korai tanítása a kiadható feladatok alapos szűrését igényli.

Megvizsgáltuk a szélsőértékkel kapcsolatos alapfeladatok specifikálásának lehetőségeit: a logikai szabály, a rövid alak, az iteratív és a rekurzív specifikálási módokat. Az egyes módszerekkel valószínűleg ekvivalens megoldások adhatók, kivéve a kiválasztás logikai specifikációját, mely több

lehetőséget ad a helyes kimenetre, továbbá a rövid alak, amelyben jelenleg két külön eszköz van a két szélsőértékre (maximumra, illetve minimumra). Megállapítottuk, hogy a vizsgált korábbi tankönyvek és jegyzetek a maximum specifikációjával és algoritmusával foglalkoznak részletesen, a minimum meghatározása – ha egyáltalán említik – csak vázlatosan szerepel, nem adnak általános megoldást. További hiányosság tapasztalható a nem érték alapú, például szövegre értelmezett reláció terén, valamint a gyakorlatban nagyon jellemző több feltételnek eleget tevő, többkulcosos, illetve súlyozott feltétel specifikációja és algoritmusban megvalósítása témában. Ezek a hiányosságok a SpEd használata során nehézséget okoznak, körülményessé teszik a konkrét feladat specifikálását, a sémára visszavezetést. Ezért a lehetőségeket áttekintve a specifikációs nyelv bővítését tervezzük.

Mivel a SpEd a specifikáció formális nyelve alapján ellenőriz, megfontolandónak tartjuk a tételek bizonyításának számítógépes validálásában az eszköz használatát. Ebben az algoritmus állapotonkénti specifikációja akár iteratív, akár rekurzív módon elvégezhető, majd ezeknek és a logikai specifikációnak az ekvivalenciáját kell formálisan is igazolni.

References

1. Aszalós János, Erki Irén. (1980). *Bevezetés a strukturált programozásba*. KSH Nemzetközi Számítástechnikai Oktató és Tájékoztató Központ, Bp.
2. Dahl, O. J., Dijkstra, E. W., & Hoare, C. A. R. (1978). *Strukturált programozás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. eredeti: *Structured programming*. Academic Press Ltd (1972).
3. Dijkstra, E. W. (2001). *Go to statement considered harmful*. In *Pioneers and Their Contributions to Software Engineering* (pp. 297-300). Springer Berlin Heidelberg. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-48354-7_12 (megtekintve: 2025.10.27)
4. Fóthi Ákos (2012): *Bevezetés a programozáshoz. Harmadik javított kiadás*. <https://bzsr.web.elte.hu/progmod/konyv.pdf> (megtekintve: 2025.10.27.)
5. Gregorics Tibor (2013): *Programozás 1. kötet Tervezés*. Budapest, Magyarország: ELTE Eötvös Kiadó
6. Gregorics, Tibor, Sike Sándor (2008). *Generic algorithm patterns*. In: Zoltan Istenes (ed): *Proceedings of Formal Methods in Computer Science Education FORMED 2008*, (pp. 141–150).
7. Horváth, Győző (2024): *Teaching Task Specification Efficiently in Introductory Programming Courses in Higher Education*. In *International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives* (pp. 111–122). Cham: Springer Nature Switzerland. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-73474-8_9

8. Horváth, Győző (2024): *A specifikáció hatékonyabb tanítása a felsőoktatás bevezető programozás kurzusain.* In: Dr Szlávi Péter, Dr Zsakó László † (szerk): INFODIDACT'2023 (pp. 65–74). Webdidaktika Alapítvány. ISBN 978-615-80608-7-5
<http://konferenciak.inf.elte.hu/infodidact/InfoDidact23/Infodidact2023.pdf>
(megtekintve: 2025.10.27.)
9. Bende Imre, Horváth Győző (2025). *MI-alapú eszközök alkalmazása a specifikációs feladatok oktatásában.* In Dr. Abonyi-Tóth Andor (Szerk.), InfoDidact konferencia 2025 – Tanulmánykötet (pp. 30–41). ELTE Informatikai Kar. ISBN: 978-963-489-851-1
<https://infodidact.elte.hu/infodidact2025/tanulmanykotet/>
10. Szlávi Péter, Zsakó László (1993, 2004): *Módszeres programozás: Programozási bevezető.* In: *µlógia (Mikrológia)* vol. 18, ISSN: 0238-3470
1. kiadás ELTE TTK Általános Számítástudományi Tanszék, 1993. 8., javított kiadás. ELTE Informatikai Kar. 2004
11. Szlávi Péter, Zsakó László (1994, 2004): *Módszeres programozás: Programozási tételek.* In: *µlógia (Mikrológia)* vol. 19. ISSN: 0238-3470
1. kiadás. ELTE TTK Általános Számítástudományi Tanszék. 1994
12. Szlávi Péter, Zsakó László (1994, 2004): *Módszeres programozás: Programozási tételek.* In: *µlógia (Mikrológia)* vol. 19. ISSN: 0238-3470
6., bővített kiadás. ELTE Informatikai Kar, 2004
13. Pintér László (1989, 1993): *Programozási tételek rekurzív megvalósítása.* In: *µlógia (Mikrológia)* vol. 10, ISSN: 0238-3470, Szakdolgozat: ELTE Számítástechnika kiegészítő tanári szak 1989, Témavezető: Zsakó L., ELTE TTK Általános Számítástudományi Tanszék. 2. kiadás. ELTE TTK Általános Számítástudományi Tanszék. 1993
14. Zsakó László, Szlávi Péter, Heizlerné Bakonyi Viktória, Horváth Győző, Menyhárt László, Pap Gáborné, Papp-Varga Zsuzsanna, Gregorics Tibor (2012): *Programozási alapismeretek.* ELTE Informatikai Kar (2012)
<https://progalap.elte.hu/downloads/seged/eTananyag/> (megtekintve: 2025.10.27.)
15. Bryan Ford (2004): *Parsing Expression Grammars: A Recognition-Based Syntactic Foundation.* ACM SIGPLAN Notices, Volume 39, Issue 1 (2004)
16. Horváth Győző: *Specification editor.* Version: 1.3.1.
<https://progalap.elte.hu/specifikacio/> (megtekintve: 2025.10.27.)

Registered title:

Szélsőérték Típusfeladatok Specifikációjának Specifikációja
(Specification of Extreme Value Type Tasks Specification)

Contact address

Dr. Zsuzsanna SZALAYNÉ TAHY, PhD.
Eötvös Loránd University, Faculty of Informatics
H-1117 Budapest, Pázmány P. stny 1/C
e-mail: sztzs@inf.elte.hu

doc. Dr. Győző HORVÁTH, PhD.
Eötvös Loránd University, Faculty of Informatics
H-1117 Budapest, Pázmány P. stny 1/C
e-mail: horvath.gyozo@inf.elte.hu

AUTOMATIC FEEDBACK IN PROGRAMMING EDUCATION: A COMPREHENSIVE REVIEW

Dávid DEMETER, Ladislav VÉGH, SK

Abstract: The growing availability of generative large language models (LLMs) has introduced new opportunities for enhancing programming education, particularly through automated feedback systems. Such systems can support learners by providing timely, scalable, and context-aware explanations; however, they also raise challenges related to data privacy, overreliance, and alignment with course content. Locally deployable LLMs, including models such as DeepSeek Coder and WizardCoder, offer a promising alternative to cloud-based solutions, enabling fine-tuning, domain adaptation, and privacy-preserving operation. This paper presents a comprehensive overview of automatic feedback approaches in programming education, with a focused comparative analysis of selected locally deployable generative models. We examine the pedagogical background of effective feedback and analyze the capabilities of two state-of-the-art code-oriented models. Our analysis highlights key pedagogical differences between the two models.

Keywords: automatic feedback, programming education, computer-assisted learning, intelligent tutoring systems, code analysis.

1 Introduction

As a result of the COVID-19 pandemic, learning habits have undergone a significant transformation. At the same time, various generative artificial intelligence tools have emerged, with ChatGPT becoming the driving force and the most influential example among them. From a pedagogical perspective, such tools offer valuable support. During seminars, it is often difficult for instructors to provide individual explanations to every student. Automated feedback systems can increase the efficiency of the learning process and contribute to improved student outcomes [1].

However, a notable drawback is the risk that students will become overly reliant on these systems. From a data privacy standpoint, another limitation is that these models typically run in the cloud. As they are pre-trained, they cannot be further customized or fine-tuned to specific learning needs.

In contrast, locally deployable generative language models provide a potential solution to these issues. These models can be adapted for specific tasks, such as code generation tailored to a course, or, in our case, generating

automated feedback that supports the correction of programming errors. This study aims to explore how such feedback can be implemented effectively and to illustrate the possibilities through selected language models.

Rather than providing a systematic review of all existing approaches, this study focuses on representative, locally deployable code-oriented language models to illustrate current possibilities and limitations.

2 Automatic Feedback

Feedback is a fundamental component of the learning process, and its importance extends beyond primary and secondary education to the university level as well. One of the main challenges is that although teachers must invest significant time and effort in providing feedback, students do not always recognize its value. As a result, it is not uncommon for learners to either ignore the feedback or misunderstand it. Research has shown that students are often unable to make effective use of the feedback they receive because it may arrive at the wrong time, lack clarity, or lead to confusion [2]. Several studies have explored how different strategies might improve the effectiveness of feedback. These include using reference points or forward-looking guidance to ensure that students not only learn from past mistakes but also improve their future performance by receiving clear, timely information. Automated feedback systems should build on these strengths when being developed. At the same time, it is essential to ensure that feedback remains scalable and consistent. Attention must also be paid to providing explanations, contextual relevance, and alignment with pedagogical goals. Ultimately, feedback is most effective when students can interpret and apply the knowledge they gain from it in a meaningful way [3].

3 Locally Deployable LLM

Large language models such as ChatGPT [4] and various Llama-based models [5] offer useful solutions in many areas of education, software development, and research.

One of the main advantages of the Llama models is that they can be run locally, without requiring an internet connection. They can also be fine-tuned to meet the needs of a specific course or application domain. However, this approach has technical requirements. Running such models locally typically requires a suitable GPU, especially when multiple users (such as an entire class) are expected to use the system simultaneously. This setup contrasts with cloud-based models like ChatGPT, where the provider

manages computational resources, and user data must be sent to external servers.

Llama models, developed by Meta, can be deployed easily through Ollama [6], an open-source platform that allows users to run various language models locally on their machines. With Ollama, models like Llama can be used effectively for research, teaching, and development. These models are well-suited for tasks such as adaptive task generation or feedback creation, and they can be fine-tuned for the specific goals of a given course [7].

3.1 DeepSeek Coder

The DeepSeek Coder model family [8] consists of open-source large language models specifically trained for coding-related tasks. Compared to the general-purpose DeepSeek model [9], this version is much more suitable for programming education.

Model sizes range from 1.3 billion to 33 billion parameters, and each version is available in both base and instruction-following variants. The models were trained on 2 trillion tokens drawn from 87 different programming languages, resulting in broad syntactic and linguistic competence across a wide range of coding paradigms.

Notably, the pretraining process goes beyond standard next-token prediction by incorporating the Fill-in-the-Middle (FIM) objective. This allows the model to complete missing parts in the middle of code snippets, rather than being limited to completions at the beginning or end. The structure of the training dataset is also noteworthy: data were processed at the repository level, enabling the models to learn complex code structures and cross-file logic.

In addition, these models support an extended context window of 16,000 tokens, allowing them to handle longer and more complex code – a significant advantage for large projects or tasks involving multiple modules. The performance of DeepSeek Coder has been evaluated using several public coding benchmarks. The 33b Base model has consistently achieved strong results, and the Instruct version has, in many cases, even outperformed OpenAI's GPT-3.5 Turbo. Remarkably, the smaller 7b model also performs competitively against models up to five times larger, indicating that DeepSeek Coder's effectiveness is due not only to size but also to optimized training strategies.

These features make the models particularly suitable for educational environments, where they can be used for code analysis, automatic task generation, or personalized feedback. Their open-source nature allows for

seamless integration into local platforms such as Ollama, offering a privacy-preserving alternative to cloud-based systems [10].

3.2 WizardCoder

The WizardCoder model [11] is an open-source large language model specifically optimized for code-based tasks and instruction following. Compared to the Code Llama model [12], it is significantly more suitable for programming education due to its fine-tuning on a unique data generation method called Evol-Instruct.

WizardCoder is based on the Code Llama 13b architecture, but its instruction-following capabilities are considerably more advanced. The model contains 13 billion parameters and was fine-tuned using a large number of coding instructions of varying difficulty across several languages, including Python, Java, C++, and TypeScript.

Although WizardCoder is built on Meta's Code Llama, it is not only capable of generating code but also explaining, analyzing, detecting, and correcting errors. This makes it well-suited for evaluating student submissions and providing automated feedback.

Unlike models such as DeepSeek Coder, it does not apply repository-level preprocessing. However, through the Evol-Instruct method, it can respond to multi-step, education-oriented prompts such as "explain and then correct" or "generate beginner, intermediate, and advanced versions." The default context window is 4k tokens, but quantized variants compatible with Ollama can support 8k or even 16k tokens [13].

WizardCoder has been evaluated using several coding benchmarks, most notably HumanEval and MBPP. On the HumanEval benchmark, the 13b version achieved a performance score of 75.9%, which is close to that of OpenAI's GPT-4, while remaining fully open-source and free to use. This demonstrates that WizardCoder is optimized not only in model size but also in fine-tuning strategies for code-based LLM tasks [13].

These characteristics make it especially suitable for use in educational environments, where it can support exercise generation, error correction, and personalized feedback. It can also be deployed easily on local platforms, such as through the Ollama runtime, making it a privacy-conscious alternative to cloud-based models [13].

3.3 Comparison of Real-World Scenarios

We compared the outputs of the two discussed models, DeepSeek Coder and WizardCoder, using a prompt (Figure 1) that asked them to explain the errors in a given C source code.

```
--- C ERROR CHECK ---  
Here is my C code or compiler error. Please explain it at a  
level 1 beginner level:  
  
#include <stdio.h>  
  
int main() {  
int number;  
printf("Enter a number: ");  
scanf("%d", number); // ← ERROR: missing & before  
variable  
printf("You entered: %d\n", number // ← ERROR: missing  
closing parenthesis  
return 0;  
}
```

REQUEST:

- Explain simply what the error is.
- Explain why it happens.
- Show how to fix it.
- If possible, provide a short corrected code snippet.

That's all.

Figure 1: Prompt used for automatic feedback generation

Both models were evaluated using identical prompts and default inference settings. The comparison focused on the level of explanation detail, pedagogical usefulness, and code correctness.

The models' outputs are shown in Figures 2 and 3. WizardCoder provides much more detailed explanations, which are far more beneficial for learning, while DeepSeek Coder is better suited for producing accurate and brief feedback. The former tends to prefer verbose, elaborate descriptions, whereas the latter offers only concise explanations, which can sometimes be problematic when detailed feedback is needed. DeepSeek Coder is also capable of generating more optimized code.

4 Conclusion

As we have seen, feedback mechanisms can already operate effectively with the help of generative artificial intelligence. WizardCoder proved more suitable for explanatory, pedagogically rich feedback, while DeepSeek Coder excelled at generating concise feedback. These systems are highly scalable, provided that the underlying model and prompt design are well constructed.

Across different courses, these models can be further refined by training on feedback from specific instructors, enabling consistent alignment with each educator's individual teaching style. By restricting prompts, it is also feasible to control the system's responses to ensure that it only explains material up to the point covered in the curriculum. This prevents the model from advancing too far ahead, thereby maintaining adaptivity and relevance to the learner's current progress.

```
--- C ERROR CHECK — EXPLANATION ---

The errors in your program are as follows:

1. scanf function is missing the & character before the variable name which tells the compiler that you intend to input value into a memory location where this variable is stored, not just declare it again. This is known as passing an argument by reference.

2. printf function is also missing its closing parenthesis.

Here's how you can fix these errors:

1. Add the & character before your 'number' variable in scanf function like this: scanf("%d", &number); This tells compiler to store user input at memory location where number is stored not just declare it again.

2. Close the printf statement with a closing parenthesis, so line should be: printf("You entered: %d\n", number);

Corrected Code Snippet:

c
#include <stdio.h>
int main() {
    int number;
    printf("Enter a number: ");
    scanf("%d", &number); // Correction: add '&' before variable name
    printf("You entered: %d\n", number); // Correction: close printf statement with parenthesis
    return <| begin_of_sentence |>0<e>; // In C, 'return 0;' is a correct way to end
}
```

Figure 2: Feedback generated by DeepSeek Coder

However, the broader question naturally arises: to what extent can such systems be applied across different domains or subjects? While the technological foundations are promising, the challenges are not only technical but also pedagogical. Ultimately, the effectiveness of these tools will depend on how thoughtfully they are integrated into the learning process. Their use must aim to unlock new opportunities and benefits for students, without compromising learning outcomes or displacing the

essential role of human educators. With careful application, generative AI can enhance, not replace, teachers' work.

The errors in this C code are related to the use of `scanf()` function and `printf()` function. The following is a brief explanation of the error:

1. `scanf("%d", number);` - In this line, you have missed the `&` symbol before the variable `number`. This means that the value entered by the user will not be stored in `number` variable and it remains uninitialized, which is a common cause of segmentation faults. To fix this error, add an ampersand (`&`) before `number`:

```
c
scanf("%d", &number);
```

2. `printf("You entered: %d\n", number)` - In this line, you have missed a closing parenthesis for the `printf()` function, which means that it will not print anything. To fix this error, add the closing parenthesis:

```
c
printf("You entered: %d\n", number);
```

Here is the corrected code snippet with both errors fixed:

```
c
#include <stdio.h>

int main() {
    int number;
    printf("Enter a number: ");
    scanf("%d", &number); // Adding ampersand to store user input in the variable 'number'
    printf("You entered: %d\n", number); // Adding closing parenthesis for 'printf()' functi
    return 0;
}
```

Figure 3: Feedback generated by WizardCoder

While this review does not aim to cover all existing models exhaustively, it highlights key pedagogical differences between representative locally deployable approaches relevant to programming education.

This work has been supported by the Scientific Grant Agency of the Slovak republic VEGA under the Grant No. 014TTU-4/2024 - Inteligentné animačno-simulačné modely, prostriedky a prostredia pre deep learning.

References

1. GARCIA, Manuel. Teaching and Learning Computer Programming Using ChatGPT: A Rapid Review of Literature Amid the Rise of Generative AI Technologies. Online. 2025. SSRN. [Accessed 2 September 2025].
2. HATTEM, Anne van. Using LLMs to Generate Automatic Feedback on Object-Oriented Programs with Multiple Classes. Online. Master Thesis. 2025. [Accessed 12 December 2025]. Available from: <https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/50332>
3. PRICE, Margaret, HANDLEY, Karen, MILLAR, Jill and O'DONOVAN, Berry. Feedback: all that effort, but what is the effect? Assessment & Evaluation in Higher Education. May 2010. Vol. 35, no. 3, p. 277–289. DOI 10.1080/02602930903541007.
4. ChatGPT | AI Chatbot to Discover, Learn & Create. Online. [Accessed 11 December 2025]. Available from: <https://chatgpt.com/overview/>
5. Industry Leading, Open-Source AI | Llama. Industry Leading, Open-Source AI | Llama. Online. [Accessed 11 December 2025]. Available from: <https://www.llama.com/>
6. Ollama. Online. [Accessed 11 December 2025]. Available from: <https://ollama.com>
7. SUN, Fuze, LI, Lingyu, MENG, Shixiangyue, TENG, Xiaoming, PAYNE, Terry R. and CRAIG, Paul. Integrating emotional intelligence, memory architecture, and gestures to achieve empathetic humanoid robot interaction in an educational setting. Frontiers in Robotics and AI. 4 September 2025. Vol. 12, p. 1635419. DOI 10.3389/frobt.2025.1635419.
8. DeepSeek Coder. Online. [Accessed 11 December 2025]. Available from: <https://deepseekcoder.github.io/>
9. DeepSeek. Online. [Accessed 11 December 2025]. Available from: <https://www.deepseek.com/>
10. GUO, Daya, ZHU, Qihao, YANG, Dejian, XIE, Zhenda, DONG, Kai, ZHANG, Wentao, CHEN, Guanting, BI, Xiao, WU, Y., LI, Y. K., LUO, Fuli, XIONG, Yingfei and LIANG, Wenfeng. DeepSeek-Coder: When the Large Language Model Meets Programming -- The Rise of Code Intelligence. Online. 26 January 2024. arXiv. arXiv:2401.14196. [Accessed 29 November 2025].
11. WizardCoder: Empowering Code Large Language Models with Evol-Instruct. Online. [Accessed 11 December 2025]. Available from: <https://wizardlm.github.io/WizardCoder/>
12. Meta Code Llama. Meta Llama. Online. [Accessed 11 December 2025]. Available from: <https://www.llama.com/code-llama/>
13. LUO, Ziyang, XU, Can, ZHAO, Pu, SUN, Qingfeng, GENG, Xiubo, HU, Wenxiang, TAO, Chongyang, MA, Jing, LIN, Qingwei and JIANG, Daxin. WizardCoder: Empowering Code Large Language Models with Evol-Instruct. Online. 2. 2023. arXiv. [Accessed 1 December 2025].

Contact address

Mgr. Dávid Demeter

J. Selye University, Faculty of Economics and Informatics,

Department of Informatics,

Hradná str. 167/21., Komárno, Slovakia

e-mail: demeterd1993@gmail.com,

PaedDr. Ladislav Végh, PhD.

J. Selye University, Faculty of Economics and Informatics,

Department of Informatics,

Hradná str. 167/21., Komárno, Slovakia

e-mail: veghl@ujs.sk

GAME DEVELOPMENT-BASED LEARNING IN AN INTRODUCTORY PROGRAMMING COURSE

Noémi Bernadett AGÓCS, HU

Abstract: This paper presents a practical example of game development-based learning, an approach where students learn by developing or modifying games, implemented in an introductory programming course. The aim of using this approach was to strengthen students' understanding of core programming concepts, such as loops or variables, to help them acquire algorithmic thinking and problem-solving skills, and to provide a motivating learning environment that can encourage deeper engagement and interest in computer science.

The paper introduces a complex project that follows the software development life cycle and guides students through the creation of a simplified PAC-MAN inspired maze game in Scratch. Students work in small groups to analyse user needs, define game mechanics and rules, design characters and level layouts, and implement key game functionalities such as movement, collision detection, feedback system, and win/lose conditions. The project's initial implementation in university preparatory courses and secondary school extracurricular activities indicate that this approach can be engaging and motivating for beginner programmers. Despite its potential, game development-based learning remains underexplored in teaching, highlighting the need for structured materials and practical examples. The example presented in this paper contributes practical insights and structured guidance for educators interested in applying game development-based learning in introductory programming contexts.

Keywords: game development-based learning, teaching, programming, project work, groupwork, Scratch, introductory course, algorithmic thinking, motivation

1. Introduction

1.1. General challenges

Although children in developed countries grow up surrounded by technology, they use digital devices daily, many students still find their first encounter with programming confusing or overwhelming [4]. To make

programming, and computer science in general more appealing to a broader group of learners, teachers could use methods that spark curiosity while also support the development of algorithmic thinking and problem-solving skills. This article aims to present a practical example for such an approach, the use of game development-based learning, and provides structured guidance for educators interested in applying it in their teaching. The project is presented as a practical teaching example rather than as a controlled experimental study.

1.2 Games in education

Games can be easily utilized in educational contexts, because they already hold significant importance in many students' lives. Many of them played video games growing up, and some even aspire to become game developers, which makes the use of games during lessons a powerful motivational tool [5].

Several approaches exist for integrating games into education, these methods can be categorized as follows [2][3]:

- Game-based learning (GBL): Using an existing game as a pedagogical tool to foster learning and skill development
- Serious games: The games used here are designed with specific learning objectives
- Gamification: Adding game-like elements to learning activities to enhance motivation and engagement
- Game development-based learning (GDBL): The process of students developing or modifying games themselves

While all of these methods can be integrated into computer science education, game development-based learning offers a unique advantage: it helps students understand how a piece of software they use daily works from a developer's perspective, and it gives teachers an opportunity to incorporate problem-solving tasks through an interdisciplinary project in their lessons. Although GDBL holds great potential, it is still underexplored in education, highlighting the need for structured materials and practical examples.

2. Practical example for using GDBL in introductory programming courses

2.1. Video games

To utilize game development-based learning, the project was developed to integrate multiple areas from the field of computer science through the creation of a simple video game. Video games are complex software broadly characterized by the following features [1]:

- A goal that drives the player to complete tasks
- Rules that determine how the goal can be achieved
- A feedback system that informs the player of their progress (e.g. points, lives)
- Voluntary participation, allowing players to engage freely and interact with others

These help guide the design process when creating a new game and can also determine the games' categorisation. Video games can be divided into broader categories like online and offline games, or smaller groups by their platform (PC, console, or mobile), by their game mode (single-player or multiplayer), or other characteristics.

2.2. General guidelines for the development process

The development process was designed as a practical, hands-on learning experience aimed to reinforce fundamental programming concepts and basic game design principles. The project models a simplified version of professional game development workflows, with activities aligned to clear learning goals. To reduce technical complexity and allow students to focus on core concepts, Scratch [9] was used as the implementation environment. Scratch is an ideal developmental environment for beginners as it eliminates the possibility of syntax errors through its visual, block-based programming interface.

Projects may be done individually, in pairs, or in small groups (3–4 students), but heterogeneous groups are recommended, as mixed abilities support peer learning and creativity. When students with different skill levels work together, those with less knowledge and experience can adopt effective habits and work patterns that support their development. At the same time, more experienced students can deepen their understanding by helping others and by developing leadership skills [7].

The development process follows the software development life cycle (SDLC) [8], which consists of four phases often cyclically repeated (**Figure 1**).

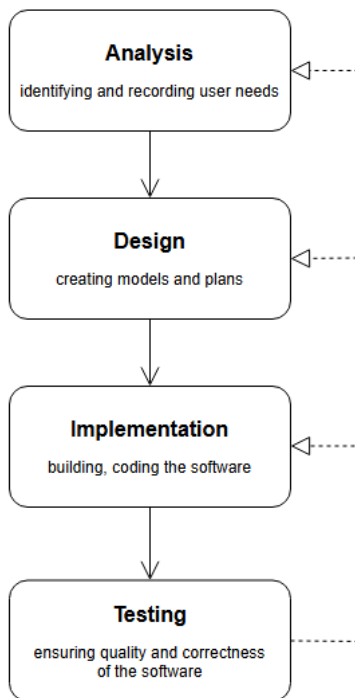


Figure 1: Software development life cycle

2.3. The development process in the course

In the course, the software development life cycle is adapted into three pedagogical phases: planning, design, and game programming. Planning focuses on analysing user needs and defining game mechanics, design addresses visual elements and level layouts, and game programming covers implementation and testing. The project is structured into clearly defined steps, known as sprints, to place emphasis on planning in parallel with programming activities.

Planning can be done manually with simple paper sketches, with the use of mind-mapping tools, or with any other method suitable for the group. Teachers may encourage students to come up with their own theme, characters, and rules while maintaining shared core requirements for the

whole class to ensure the need of specific programming concepts (e.g. conditionals must be introduced if the game consists of at least two levels). The design process can be supplemented with an intermediate implementation-preparation phase that can introduce learners to 3D modelling, effective and responsible search methods, AI use, or image manipulation. 3D modelling is especially useful for creating characters or assets, even in a 2D game, as rotating a 3D model allows students to generate images from multiple angles without redrawing their characters. Tinkercad [10] is a widely used platform for introducing 3D modelling to students but depending on the group's learning goals and the time devoted for game development, 3D modelling can be skipped, and character sprites can also be added as downloaded images from the Internet, or even as AI generated pictures.

The last stage is game programming, which includes coding and testing. Here students can implement what they planned to create at the first stage, including movement, collision detection, feedback system, enemy behaviour, level transitions, win/lose conditions, etc. Animated stories or cutscenes could also be added to the levels to support the narrative aspect of the game, help members of the group solve specific tasks, and further deepen the introduced programming concepts. Coding and testing should be repeated until the game functions as intended.

2.4. Sample project

For beginner programmers, a complex project such as the creation of a video game should be engaging, visually appealing, and relatively simple. The sample project is a simplified 2D, single-player, top-down maze game (Figure 2), inspired by PAC-MAN [6], selected for its suitability for introducing fundamental programming concepts. The game described can be implemented for students on different levels with varying degrees of detail, and it can also provide opportunities to further develop it to a more complex game. [The playable version is available here](https://scratch.mit.edu/projects/1137040201)¹, which can also be tested, copied, or modified by following the link.

¹ <https://scratch.mit.edu/projects/1137040201>

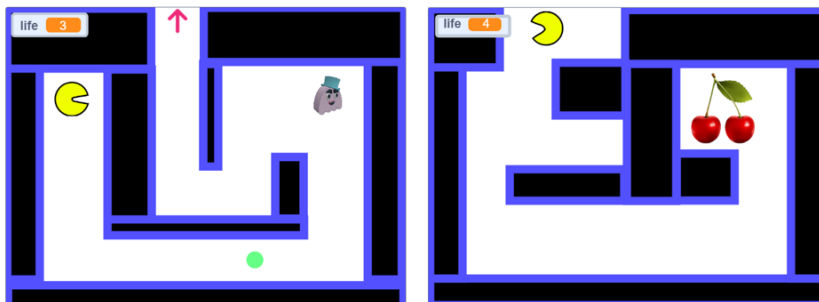


Figure 2: Sample project level 1 and 2

The sample project starts with an animated story followed by the game. The maze layout changes between levels, and the goal is to reach the cherry on Level 2 with the main character without losing all lives. Movement uses arrow keys or the WASD keys, touching walls or the moving ghost on Level 1 results in the player losing one life.

The maze navigation and player movement is implemented through keyboard input providing context for introducing event handling and conditional statements, while lives and level progression require the use of variables and control structures resulting in implementing the win/lose conditions. Multiple levels with distinct layouts allow students to reuse code structures, reinforce modular thinking, and the inclusion of simple animations introduces sequencing and timing, while also enhancing narrative coherence. The game mechanics are intentionally kept simple enough to allow beginners to focus on core programming tasks rather than technical complexity, and complex enough to require groupwork and systematic thinking.

2.4.1. Planning

The first step of the development process for the sample project was done by answering pre-written questions. The questions were divided into two sets: questions that require the entire class to reach a consensus in order to move forward together, and questions that students can decide in their own small groups to make their game unique. Both sets can be expanded with countless questions, and some of the questions from the first group could be introduced to the students as guidelines.

Examples of common characteristics:

- Should the game have a main menu?
- What characters and objects are needed? (main character, enemy, etc.)

- How many levels are needed?
- What kind of feedback system is used?
- How does the player win or lose the game?

Examples of characteristics that make the games unique:

- What topic/theme does the game have?
- What should the layout look like for levels?
- What specific characters are needed? How do these look like?
- How can the player get to the next level?
- How can the player gain/lose points or lives?

After answering the questions, students create sketches of the layout of the levels and appearance of characters to organise their plans. It is useful to show them examples, so they know what is feasible and what would require significantly more time than available (**Figure 3**).

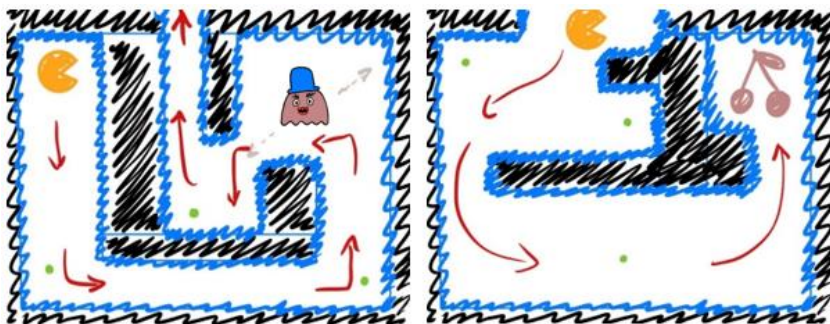


Figure 3: Plan for the 1st and 2nd level

2.4.2. Design

The first step in implementing the plans is to select or create the characters, design elements, and level layouts or backgrounds needed. This can be done by 3D modelling, AI use, image manipulation, or by searching for pictures on the Internet. All methods are beneficial as long as they are usable in the project and they support the learning goals of the course. It also provides a great opportunity for students to learn about licensing copyrighted works and fair use.

To create 3D models for the project, first students should have a basic understanding of the theoretical background of modelling and the possible uses of 3D models, then to gain practical experience in the modelling process, they can use a 3D modelling software such as Tinkercad. When

using the program, regardless of the complexity of the model to be created, new objects and desired 3D models are built from simple shapes (cubes, cylinders, spheres, cones, etc.) using operations such as grouping, ungrouping, aligning, and mirroring. After creating a simpler model together (e.g., a tree or a house), once the students have gained sufficient experience, the groups can create their own models, such as the ghost character from the PAC-MAN game. [The ghost is available here](https://www.tinkercad.com/things/7RNsarZfaXk-ghost-model-didmattech-2025?sharecode=3-64vbYdvfkaDIqW4f7--HC14T5HvwMXVZMzU7wCFBI)² and can be viewed and modified by opening the link.

To use the 3D models created, first students should convert them to a format that can be used in a 2D game, such as taking as many 2D pictures of the models as they need, then importing those pictures to the game (Figure 4).



Figure 4: Enemy's left, front, and right view

2.4.3. Game programming

In game programming, students use all the materials they created before, they follow their plans and include the design elements they prepared. If the game is developed in Scratch, first they should import the characters and objects in their projects, then add the code to these characters (sprites).

If an animated story is also implemented, it can support learning by introducing sequencing, timing, and narrative structure in the game. In the sample project, animation was used to introduce key characters and establish the game's storyline, encouraging students to plan and organise the connection between their game elements. Animated story sequences can serve multiple other purposes in games, such as unfolding the story later into the game, making switching between levels seamless, elevating gameplay, bringing characters to life by giving them more personality, or bringing the story to a conclusion at the end of the game. Adding a main menu can also support learning by sequencing and timing with, for example,

² <https://www.tinkercad.com/things/7RNsarZfaXk-ghost-model-didmattech-2025?sharecode=3-64vbYdvfkaDIqW4f7--HC14T5HvwMXVZMzU7wCFBI>

buttons that jump to a specific part of the game. One button is implemented in the project, the “skip” button, which allows users to start the project at the first level of the game without watching the animation every time they start the project. Given this example, students can implement other buttons to control different parts of their game.

Some guidelines could be handed to students to ensure that the animations remain feasible within the given time. A simple single-scene animation created for the PAC-MAN game with a skip button (**Figure 5**) can be viewed, tested, and modified using the link to the full game provided above.

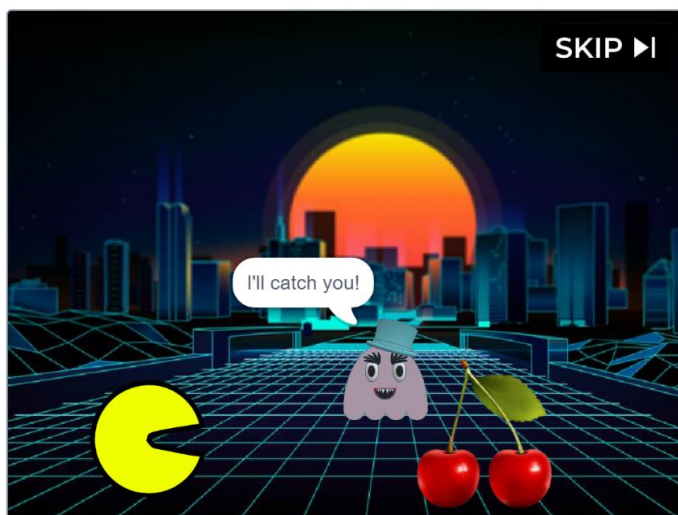


Figure 5: Single-scene animation in the sample project

Students will familiarise themselves with variables, loops, conditions and functions while implementing key tasks:

- initializing game elements
- detecting wall, enemy and collectibles collisions
- creating a feedback system
- controlling player and enemy movement
- switching levels
- handling life loss
- checking win/lose conditions

3. Conclusion

This article presents a practical example of game development-based learning as a method for introducing programming concepts in an educational context. The project was designed to spark curiosity in learners and engage them in the creation of a complex yet beginner-friendly program. The approach has been implemented in multiple settings, including university preparatory courses and secondary school clubs, and can be adapted to similar introductory programming contexts using widely available tools and platforms such as Scratch.

Initial student feedback, based on informal learner reflections and teacher observations, suggests that using a game development project can be engaging and motivating while supporting the learning of core programming concepts commonly addressed in beginner courses, including variables, loops, and conditionals. In addition to these preliminary observations, a structured study is currently in progress, its results will be published in future work. As a next step, the author's ongoing research will focus on systematically evaluating the educational impact of this approach through formal feedback instruments, assessments, and pre and post course comparisons to examine changes in learner curiosity, creativity, and conceptual understanding.

References

1. BÁNYAI, F., & FÜLÖP, M. (2015). A videojáték-használat pszichológiai megközelítései. *IMÁGÓ Budapest*, 6-26.
2. BEWER, N., & GLADKAYA, M. (2022). Game Development Based Approach for Learning to Program: A Systematic Literature Review. *Wirtschaftsinformatik Proceedings*, 3. *Digital Education & Capabilities*, pp. 1-14. https://aisel.aisnet.org/wi2022/digital_education/digital_education/3/
3. BÓNUS, L., & NAGY, L. (2020). A játékokkal kapcsolatos fogalmak szakirodalmi áttekintése. *Iskolakultúra*, 30(6), 3-15. <https://doi.org/10.14232/ISKKULT.2020.6.3>
4. Bosch, N., D'Mello, S., Mills, C. (2013). What Emotions Do Novices Experience during Their First Computer Programming Learning Session?. In: Lane, H.C., Yacef, K., Mostow, J., Pavlik, P. (eds) *Artificial Intelligence in Education. AIED 2013. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 7926. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39112-5_2
5. DE FREITAS, S. (2018). Are Games Effective Learning Tools? A Review of Educational Games. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(2), 74–84. <http://www.jstor.org/stable/26388380>
6. Games - PAC-MAN. (2025, November 15). *The Official Site for PAC-MAN - Video Games & More*: <https://pacman.com/en/>

7. Heltemes, L. (2009). Social and Academic Advantages and Disadvantages of Within-class Heterogeneous and Homogeneous Ability Grouping. *Mathematical and Computing Sciences Masters*. Paper 93.
https://fisherpub.sjf.edu/mathcs_etd_masters/93
8. RAMADAN, R., & WIDYANI, Y. (2013.). Game Development Life Cycle Guidelines. *2013 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)* (pp. 95-100.). Sanur Bali, Indonesia: IEEE.
9. SCRATCH. (2025. December 10). *Scratch - Imagine, Program, Share*:
<https://scratch.mit.edu>
10. TINKERCAD. (2025. October 27). *Tinkercad / 3D digitális tervek létrehozása online CAD-del*: <https://www.tinkercad.com>

Contact address

Noémi Bernadett Agócs
Eötvös Loránd University
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.
e-mail: noemi.agocs@inf.elte.hu

DIDACTIC ADVANTAGES OF TURTLE GRAPHICS IN SCRATCH – ANALYSIS AND CASE STUDY

Péter Bernát, HU

Abstract: Turtle graphics has been an important part of teaching basic programming for many years, especially for developing algorithmic thinking. However, with the spread of newer teaching methods (such as robotics and game programming), its role seems to be decreasing, and sometimes it is pushed into the background. Traditional turtle-graphics environments have also become outdated. In this article, I first explain the educational advantages of turtle graphics. Then I describe why I think Scratch is a good choice among modern, free programming environments used in education. After that, I give a guide on how turtle graphics can be done in Scratch, what kinds of pedagogical benefits it can have, and what difficulties (caused by the features of the environment) teachers should expect. Finally, within the framework of a brief case study, I present a turtle-graphics assignment given to computer science teacher trainees, which I specifically adapted to the capabilities of Scratch.

Keywords: algorithmic thinking, turtle graphics, block-based programming, Scratch, teaching programming

1 Introduction

The LOGO programming language was the first language created specifically for children in the 1960s [1]. At first, it was used to program word games, and in the early 1970s “the turtle was born”, together with turtle graphics [2]. Turtle graphics still play an important role in teaching the basics of programming and in developing algorithmic thinking.

In the last decades, however, a clear tendency can be observed: more and more programming languages have appeared that allow children to create more complex animations and games, or to program robots. With their rise, turtle graphics have lost their former leading role, and the traditional turtle-graphics environments – such as Comenius Logo or Imagine Logo – have become outdated. They are difficult or sometimes impossible to install on modern computers, and they lack the code-editing functions typical of modern development environments.

For this reason, in my article I first argue for the didactic advantages of turtle graphics (independent of any specific programming language). Then I present the didactic considerations based on which I think Scratch is a suitable choice among modern, free educational programming environments. Related to this, I give guidance based on my own experience on how to adapt to Scratch's characteristics that differ from traditional turtle-graphics environments. Finally, I present a short case study of a turtle-graphics assignment designed for first-year informatics teacher-training students, adapted specifically to the possibilities of Scratch.

2 Turtle graphics

In turtle graphics, figures can be created by moving a turtle on a plane while it draws lines with the pen attached to it. Originally, the turtle was a floor robot that drew on paper placed on the ground using a felt-tip pen inserted into its holder, but soon its virtual versions also appeared on computer screens.

The basic commands of the turtle include moving forward and backward by a given distance, turning right and left by a given angle, and lifting or lowering the pen attached to its underside. In addition, some virtual versions may offer further commands.

Turtle graphics have a long history, and many Hungarian sources describe its task types and the methods for solving them [3] [4]. For describing and evaluating it, I mainly relied on the tasks and solutions presented in these works.

3 The didactic advantages of turtle graphics

In the following, I summarize the most important didactic advantages of turtle graphics, independent of any specific programming language. First, I present the range of algorithmic and programming concepts that can be learned through it, and then I describe the features that are important from a motivational point of view.

3.1 Programming paradigm and set of commands

With turtle graphics, the basics of the automaton-based programming paradigm can be taught. The turtle has only a few commands, and they are close to everyday real-life actions. Because of this, even very young learners can easily imagine themselves performing the turtle's movements (or even act them out) [5], and instead of focusing on memorizing terms, the emphasis can be on thinking right from the beginning.

3.2 Control structures

Among the traditional control structures, the most used ones are the counting loop (without a loop variable) and the conditional statement. The counting loop is mainly needed when a part of a figure must be repeated in a straight line like a row pattern or arranged in a circle to create a rotationally symmetric shape. The conditional statement is useful, for example, when creating patterns or mosaics that contain two different basic elements in alternating order (Figure 1), or when drawing fractal shapes to determine when the recursion should stop.

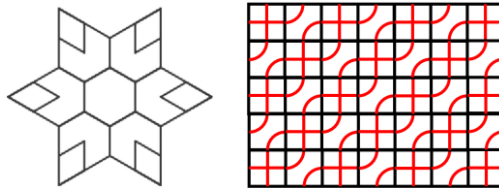


Figure 1: A rotationally symmetric shape [4]
and a mosaic composed of two types of basic elements (own figure)

3.3 Procedures

Turtle graphics problems can often be simplified by using procedures, which usually need parameters. For more complex drawings, it is useful to break them into parts and draw each part with separate procedures, especially if some details can be used more than once. If the task uses parameters, you need to think about which parameters should be given to these procedures (Figure 2).



Figure 2: A figure and a possible breakdown of it on multiple levels
(source of the left-hand image: [4])

Finally, drawing different fractal figures also motivates the use of recursive procedures, because their parts, which are similar to the whole figure, can be drawn using the procedure that draws the entire figure (Figure 3).

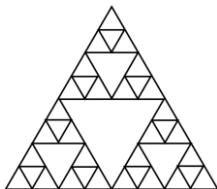


Figure 3: A fractal image, whose parts are similar to the whole (own figure)

3.4 Motivational aspects

Drawing is one of the typical forms of self-expression for children, so turtle graphics can be easily understood and motivating for them. Creating detailed or fractal-like figures through programming can also keep older students engaged, for example because it would be much harder to draw them with the same accuracy or level of detail in a standard application.

Programming tasks that allow for expressive, creative work and offer entry points beyond mathematics, such as through the arts [6], help motivate a wider range of students. Turtle graphics meet these conditions very well, making them especially suitable not only for students already interested in programming and mathematics but also for engaging additional groups of students, particularly girls.

4 The Scratch programming environment

As I mentioned, the early programming languages that allowed turtle graphics have now become outdated. However, turtle graphics have been integrated into many modern educational programming environments because of their didactic advantages.

Among the available options, I personally chose one of today's most popular free educational programming environments, Scratch. In this online-accessible environment, multimedia programs can be created in an object-oriented and event-driven way, and with an easily activated extension, the language elements needed for turtle graphics can be added.

An extended version of Scratch is *Snap!*, which offers advanced programming possibilities and also includes some additional features for turtle graphics, such as setting the size of the drawing area and filling closed shapes. Despite this, I did not choose this environment because it presents several difficulties for beginner (Hungarian) learners: its Hungarian translation is incomplete, the user interface is more complex and therefore less clear, and the fill results were unsatisfactory for me, as the outlines of

filled areas appear visibly thinner than the others and each new fill makes them even thinner.

Other potential programming environments – such as Python or LibreLogo – do not meet all the advantages listed below.

5 The didactic advantages of Scratch

Scratch can be seen as a programming language, a user interface, and an online community platform. Below, I list the most important didactic advantages of Scratch's user interface and online community platform, which apply to any type of programming, including creating turtle graphics programs.

5.1 Hungarian language (or the student's native language)

It is essential that children learning programming can use the chosen programming environment and language in their native language, so that algorithmic thinking, rather than language difficulties, takes the main role. The Hungarian translation of Scratch's programming language and user interface is practically complete (and the main functions on the community platform are also available in Hungarian).

5.2 Block-based programming

In Scratch, program code can be created using blocks. In a previous paper, I showed that beginner students find block-based programming easier to learn than text-based programming [7].

The main advantage of block-based programming is that syntax errors cannot occur, because blocks representing programming elements can only be connected correctly according to syntax. This allows students to focus on the semantics of programs during learning.

It is also important to note that in block-based programming, all blocks are categorized and accessible on the user interface, so students do not need to memorize them and can even try them out without prior knowledge.

In the area of turtle graphics, we obviously want students to experiment and create freely based on the turtle graphics knowledge they have acquired, and block-based programming, with the properties mentioned above, supports this kind of independent, creative work.

5.3 Community platform

Scratch can be used online without installation, and on its website, students can easily share their work with each other, with the teacher, and with the world, which is beneficial for learning organization and motivation.

The ease of sharing can encourage students to publish their creations made with turtle graphics, receive feedback, and further develop their drawings based on that feedback.

5.4 Opportunities for progression

One of the reasons I am committed to Scratch is that after learning turtle graphics, students can continue in the same environment by using a wider range of available blocks to move toward creating animations and game development. In my previous papers, I developed different task types and solution methods for Scratch in the areas of creating animations [8] and game development [9].

6 Fulfilment of turtle graphics requirements in Scratch

Scratch was not primarily developed for creating turtle graphics programs, which is indicated by the fact that blocks for pen operations are not included in the default block set. However, the *Pen* extension can be activated with just a few clicks and without installation, allowing almost all programming elements needed for turtle graphics to be added to Scratch.

Basic commands for movement and pen use are available. Commands needed for more advanced tasks are also accessible (for example, the sprite's current position and direction can be queried), except for a command to fill a closed area with a color.

Counting loops (without loop variables) and conditional statements can be created. Parameterized and even recursive procedures can also be defined. In addition to basic mathematical operations, other calculations typically needed for turtle graphics – such as modulo, rounding, square roots and trigonometric functions – can be performed.

Therefore, the programming requirements for turtle graphics are met in Scratch. Thus, when teaching turtle graphics in Scratch, both the didactic advantages of turtle graphics and of Scratch can be realized. Users familiar with traditional turtle graphics environments may, however, notice some notable differences in Scratch, for which I will provide guidance in the following sections.

7 Characteristics of turtle graphics in Scratch

7.1 Choosing the sprite

In traditional environments for turtle graphics, the drawing object is typically represented by a turtle or sometimes an arrow. However, the default Scratch sprite, and many of its other sprites, have a side-view costume. It is therefore advisable to choose a sprite with a top-down

costume (Figure 4), as this more clearly shows the sprite's current direction (and possible directions).



Figure 4: The sprite's current direction and possible directions are more clearly visible with a top-down view sprite than with a side-view sprite

7.2 Resetting the sprite and the stage

In traditional environments for turtle graphics, there is usually a command that resets both the drawing area and the turtle: it clears the stage, places the turtle in the center, and sets the pen to its default color and thickness. This command allows procedures to be quickly tested repeatedly.

In Scratch, there is no single command like this, but the necessary commands are available. It is therefore advisable to create a procedure, for example called *reset*. It is useful to design the procedure with two parameters (for example, x and y) to set the sprite's starting coordinates, because on the relatively small (480×360 pixels) stage with closed edges, it is often better to place the sprite near a corner rather than in the center before drawing large figures (Figure 5).

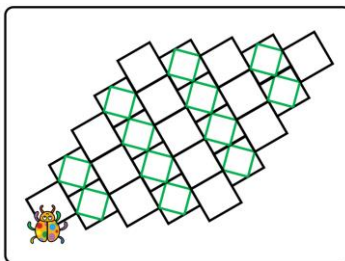


Figure 5: The stage can often be used more efficiently if drawing starts from a corner of the stage (own figure)

This *reset x y* procedure can, of course, be given ready to students at the initial stage of learning turtle graphics.

7.3 Pen color

In Scratch, the pen color can be set according to the HSLA color model, which allows specifying the hue, saturation, lightness, and transparency with values between 0 and 100. Compared to the RGB color model, this is easier

for students to understand because natural languages describe colors in a similar way (for example, bright or pale, light or dark).

Scratch does not have built-in color names, but if needed, a custom procedure can be created – such as *set pen to ... color* – which sets the pen color based on different color names. Within this procedure, a multi-branch conditional must check the color name given as a parameter, and once recognized, the corresponding built-in command can be used to set the pen to the color assigned to that name.

7.4 Eliminating slow execution

In Scratch, sprites normally execute large numbers of movement commands relatively slowly, which makes creating animations easier for beginner programmers. Drawing arcs typically takes a long time, as it requires many small steps and turns. In such cases, the *Run without screen refresh* option can be used to make a procedure run very quickly without continuously updating the screen.

7.5 Lack of a fill command and possible solutions

Scratch lacks a command to fill closed areas with a specific color. This absence is mainly an aesthetic limitation, and there are several ways to work around this. Below, I present three possible solutions.

The first is to use different line colors – and different line thicknesses – instead of fill colors to make the figure more visually appealing. From a programming perspective, it is important to note that if some lines partially overlap (as in Figure 6, where the red door of a military tent overlaps with the tent's green lines), the drawing order of the elements should be considered, because lines drawn later will cover earlier ones.



Figure 6: A figure with different pen colors and thicknesses (own figure)

The second option is to use thick dots and lines to create the effect that the figure is made of filled circles and rectangles. For example, the following figure, composed entirely of thick dots and thick lines, appeared in the Mihály Kovács Hungarian Graphics Programming Competition (Figure 7).

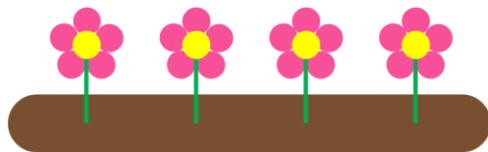


Figure 7: Using thick dots and lines, we can create the impression of filled areas (source of the figure: [10])

The third option is to create filled shapes by drawing lines very close to each other. For example, lines of the same color and length can be easily drawn side by side using a counting loop, allowing the creation of filled rectangles or parallelograms. Other filled polygons (such as regular polygons) can also be produced by densely nesting smaller copies of the shape, generated recursively with progressively shorter side lengths (Figure 8).



Figure 8: By drawing progressively smaller triangles from the same starting point, we can create the effect of a filled triangle (own figure)

However, in turtle graphics assessments or competitions, it should be considered that these latter solutions require more time and skills compared to using a built-in fill command.

8. Turtle graphics assignment in Scratch

Finally, I would like to briefly present a university-level turtle graphics assignment, designed for first-year computer science education students and specifically tailored to the turtle graphics capabilities of Scratch.

In the 2024–2025 academic year, my 18 first-year computer science teacher students learned turtle graphics in Scratch over six 90-minute practical sessions. During this time, they became familiar with the task types of axially symmetric figures, rotationally symmetric figures, row patterns, and mosaics. Their knowledge was assessed through a midterm test and a submitted assignment.

8.1 Didactic expectations for the assignment

For the assignment, I set the following preliminary expectations:

- Students should draw figures in different thematic areas, minimizing the chance of plagiarism, while allowing each student to choose their own theme to increase intrinsic motivation.
- They should create figures for which the lack of a fill command is not a problem.
- Less creative students should be able to find model examples on their own, without me having to provide them.
- The assignment should require the use of solution methods for the task types learned.
- More complex work should earn more points, but the evaluation method should remain transparent.
- Submitted work should be quick to assess.

8.2. Setting the assignment

The basic idea for the assignment came from the lack of a fill command: students were asked to draw icons, as icons are often made up only of lines, without fills.

The details of the assignment were developed in line with the expectations outlined earlier. Below is a summary of the key instructions and information given to the students:

- Draw six figurative icons (representing something or someone) in a Scratch project within a theme of your choice.
- Search for your chosen theme in an online icon collection and get inspiration from the results. You do not need to copy the icons exactly; you can make them simpler or more detailed.
- For parts of the first four icons, use one of the solution methods learned: for the first icon, use axial symmetry; for the second, rotational symmetry; for the third, row patterns; and for the fourth, mosaics. For the fifth and sixth icons, you can use any methods.
- The icons should appear on the screen when the number keys 1, 2, 3, 4, 5, or 6 are pressed, so that only the icon corresponding to the pressed key is visible. The width or the height of each icon should be greater than half of the corresponding stage dimension.
- Evaluation follows a black-box approach, meaning that only the visible result of the program will be assessed.
- The complexity of each icon will be rated on a five-point scale, with the patterns shown in Figure 9 corresponding to levels 1, 3, and 5. The assignment has additional evaluation criteria, but based only on icon

complexity, a score of 21 points or higher is considered excellent, and 10 points or higher is sufficient.

•



a) 1-point example b) 3-point example c) 5-point example

Figure 9: Examples used to evaluate the complexity of student work (image source: [11])

- I will also evaluate the complexity of the applied solution methods (for example, in the case of mosaics, using two different basic elements alternately instead of just one will earn more points).
- The most outstanding works will be showcased on my community platforms and on the department's bulletin board!

8.3. Evaluation of the assignment

Out of the 18 students, 16 submitted the assignment. In my experience, the complexity of the icons could be evaluated quickly and usually unambiguously on the five-point scale, based on the examples corresponding to scores 1, 3, and 5. Students could indicate if they disagreed with a given score, but none of them did.

The average complexity of all 96 icons was 3.5 points.

I also evaluated the complexity of the applied solution methods, taking into account both the complexity of the specific part of the icon where the method was applied (for example, the complexity of the repeating element in a row pattern) and which variation of the method the student used (for example, in a row pattern, more points were awarded if the student alternated two different basic elements). These detailed evaluation criteria were included in the full assignment description, but for reasons of length, they are not presented here.

The grades were as follows: 2 students received a 2, 3 students a 3, 3 students a 4, and 8 students a 5. My general observation was that students produced creative solutions and clearly spent considerable time on the assignment.

The figure below (Figure 10) shows solutions for three task types, with two solutions per type, each from a different student, so all six solutions have different themes.

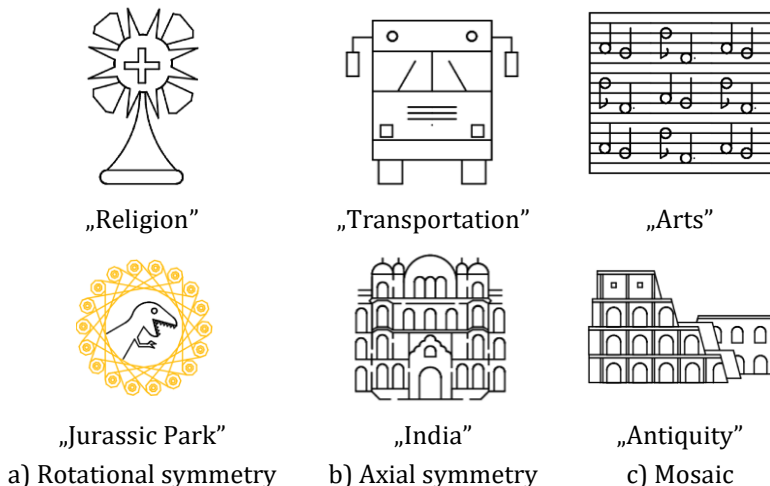


Figure 10: Solutions for three task types from six different students, thus covering six different themes (own figure)

9 Summary

Turtle graphics is a long-established method for teaching programming, supported by extensive literature, and its didactic value remains significant today. Scratch provides an opportunity to apply this method in a modern environment that is also available in Hungarian. In this article, I highlighted that Scratch can not only replace traditional turtle graphics environments but also enhance their pedagogical value with its own didactic advantages. Although Scratch was not specifically designed for turtle graphics and therefore has certain limitations, these do not pose a significant obstacle, and I proposed solutions to overcome them. The case study presented aimed both to demonstrate that Scratch can be effectively used for teaching turtle graphics and to share an idea for an assessment format with specific didactic advantages, tailored to Scratch's turtle graphics capabilities. The students' solutions confirmed that turtle graphics can still be surprisingly motivating and inspiring, even among young adults.

References

1. SOLOMON, C. et al.: History of Logo. In *Proc. ACM Program. Lang.*, Vol. 4, No. HOPL, Article 79, 2020.
2. PAPERT, S.: *Mindstorms. Children, Computers and Powerful Ideas*. USA: Basic Books Inc., 1981.

3. ABONYI-TÓTH, A. – HOLLER, J. – ROZGONYI-BORUS, F.: *Képzeld el! Imagine – technócgrafika, multimédia és játékok*. Szeged: ABAX Kiadó, 2007.
4. ABONYI-TÓTH, A. – HEIZLERNÉ BAKONYI, V. – ZSAKÓ, L.: *Logo versenyfeladatok*. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2015. ISBN 978-963-284-614-9.
5. SZLÁVI, P. – ZSAKÓ, L.: *Informatika oktatása*, 2012.
<https://tamop412.elte.hu/tananyagok/infokt/>
6. AAUW Educational Foundation Commission on Technology, Gender, and Teacher Education: *Tech-savvy: educating girls in the new computer age*. AAUW Educational Foundation, 2000.
<https://stelar.edc.org/sites/default/files/TechSavvy.pdf>
7. BERNÁT, P.: Evaluation of Block-Based and Text-Based Coding. In *Central-European Journal of New Technologies In Research Education And Practice*, Vol 2, n. 2, pp 15-25, 2020.
8. BERNÁT, P.: Teaching introductory programming by creating animations with Scratch. In *New Methods and Technologies in Education, Research and Practice: Proceedings of XXXIII. DidMatTech Conference*, 2020.
9. BERNÁT, P.: Feladattípusorientált játékefejlesztés a Scratch-ben. In *INFODIDACT 2017*, Budapest: Webdidaktika Alapítvány pp. 1-12., 2017.
10. Kovács Mihály Országos Grafikus Programozási Verseny,
https://logo.inf.elte.hu/logo_archivum.html.
11. flaticon by freepik <https://www.flaticon.com>

Contact address

Dr. Péter Bernát, PhD

Eötvös Loránd University, Faculty of Informatics, Budapest

H-1117 Budapest, Pázmány P. stny 1/C.

e-mail: bernatp@inf.elte.hu, gabor.torley@inf.elte.hu

ROZVOJ POČÍTAČOVEJ GRAMOTNOSTI ŽIAKOV ZÁKLADNÝCH ŠKÔL

Jana FIALOVÁ, Roman HORVÁTH, SK

Abstrakt: Príspevok sa zaoberá rozvojom počítačovej gramotnosti žiakov základných škôl. Autori charakterizujú aktivity, ktoré boli realizované v prvom roku riešenia projektu KEGA 010TTU-4/2025 s názvom Rozvoj informatického a algoritmického myslenia žiakov prostredníctvom efektívneho začlenenia moderných technológií do vyučovania informatiky a matematiky, najmä realizáciu krúžku programovania pre žiakov základných škôl a interaktívne aplikácie na podporu vyučovania matematiky na prvom stupni základných škôl.

Kľúčové slová: rozvoj počítačovej gramotnosti, krúžok programovania, interaktívne aplikácie, IKT vo vzdelávaní.

DEVELOPING COMPUTER LITERACY AMONG PRIMARY SCHOOL PUPILS

Abstract: The contribution deals with the development of computer literacy among primary school pupils. The authors describe the activities that were carried out in the first year of the KEGA 010TTU-4/2025 project entitled Development of pupils' computational and algorithmic thinking through the effective integration of modern technologies into the teaching of computer science and mathematics, in particular the implementation of a coding club for primary school pupils and interactive applications to support mathematics teaching at primary schools.

Keywords: development of computer literacy, programming club, interactive applications, ICT in education.

1 Úvod

Rozvoj počítačovej gramotnosti patrí medzi kľúčové ciele súčasného základného vzdelávania. V kontexte rýchlo sa meniaceho technologického prostredia už nejde iba o zvládnutie práce s digitálnymi zariadeniami, ale i o schopnosť porozumieť základným princípom fungovania digitálnych technológií, logickému a algoritmickému mysleniu a aktívnemu používaniu technológií ako nástroja na riešenie problémov a tvorbu vlastných riešení.

V rámci projektu KEGA 010TTU-4/2025 Rozvoj informatického a algoritmického myslenia žiakov prostredníctvom efektívneho začlenenia moderných technológií do vyučovania informatiky a matematiky sa zameriavame na systematickú podporu týchto zručností u žiakov základných škôl. Prvý rok riešenia projektu bol orientovaný na dve vzájomne prepojené oblasti: tvorbu interaktívnych matematických aplikácií určených pre prvý stupeň základnej školy a realizáciu programátorského krúžku zameraného na rozvoj počítačovej gramotnosti a základov programovania.

Spoločným menovateľom oboch aktivít je dôraz na didaktické využitie technológií. Technológie nie sú samé o sebe chápané ako cieľ, ale ako prostriedok na podporu porozumenia, motivácie a aktívneho učenia sa. Interaktívne aplikácie umožňujú žiakom pracovať vlastným tempom, získavať okamžitú spätnú väzbu a opakovane si overovať správnosť svojich riešení. Programátorský krúžok naopak poskytuje priestor na rozvoj tvorivého a algoritmického myslenia [1, 2] prostredníctvom postupného prechodu od vizuálneho programovania k textovej podobe kódu.

Cieľom príspevku je priblížiť vybrané aktivity realizované v prvom roku riešenia projektu, stručne charakterizovať použité nástroje a prostredia a poukázať na ich potenciál pri rozvoji počítačovej gramotnosti žiakov základných škôl.

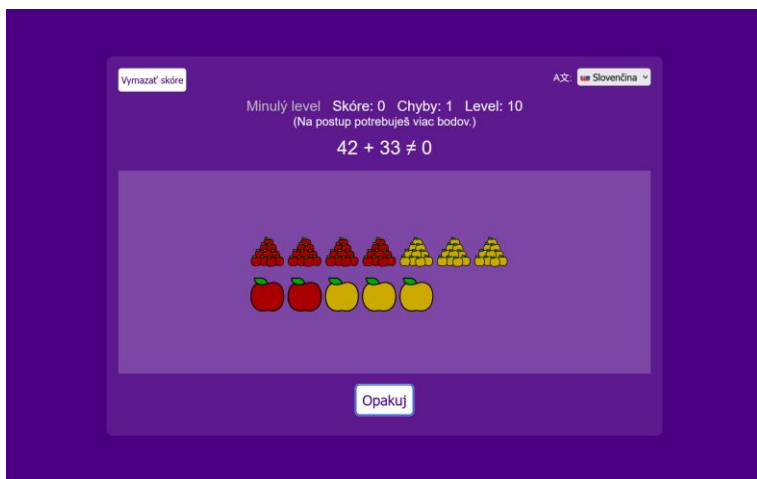
2 Interaktívne matematické aplikácie ako nástroj podpory učenia sa

V kapitole predstavujeme interaktívne matematické aplikácie vytvorené v rámci projektu a analyzujeme ich didaktický potenciál v kontexte vyučovania matematiky a rozvoja počítačovej gramotnosti.

2.1 Stručná charakteristika interaktívnych matematických aplikácií

Interaktívne matematické aplikácie vytvorené v rámci riešenia projektu sú určené pre žiakov prvého stupňa základných škôl a sú dostupné prostredníctvom webového rozhrania (pozri obrázok 1). Aplikácie sú navrhnuté tak, aby generovali úlohy na sčítanie a odčítanie s postupne rastúcou náročnosťou, pričom zohľadňujú potrebu diferenciacie a individuálneho tempa práce žiaka.

Základným princípom aplikácií je rozdelenie úloh do úrovní (levelov). V počiatočných úrovniach sú žiakom ponúkané jednoduché úlohy, napríklad sčítanie do 10. Po zvládnutí tejto úrovne môže žiak prejsť k náročnejším typom úloh, ako je sčítanie do 20 bez prechodu cez desiatku a následne aj s prechodom. Podobná gradácia je uplatnená aj pri úlohách na odčítanie.



Obrázok 1. Webové rozhranie interaktívnych aplikácií.

Každá generovaná úloha poskytuje žiakovi okamžitú spätnú väzbu. V prípade správnej odpovede je žiak motivovaný jednoduchou pochvalou, pri nesprávnej odpovedi sa mu zobrazí vizualizácia aktuálnej úlohy s animovanými prvkami, ktoré napomáhajú lepšiemu pochopeniu riešenia. Dôraz je kladený na podporu porozumenia, nie na sankcionovanie chyby.

Aplikácie sú koncipované ako rýchle, prehľadné a obsahovo zamerané nástroje bez nadbytočných rušivých efektov. Cieľom nie je zábavná hra v pravom slova zmysle, ale didaktický nástroj, ktorý podporuje opakované precvičovanie, upevňovanie základných matematických zručností a vytváranie pozitívneho vzťahu k práci s digitálnym prostredím.

2.2 Miesto interaktívnych aplikácií v rozvoji počítačovej gramotnosti

Hoci sú interaktívne aplikácie primárne zamerané na podporu vyučovania matematiky, významne prispievajú aj k rozvoju počítačovej gramotnosti žiakov. Ich používanie rozvíja základné digitálne zručnosti, ako je orientácia v používateľskom rozhraní, zadávanie odpovedí, práca s jednoduchými ovládacími prvkami a porozumenie spätnej väzbe poskytovanej digitálnym systémom.

Žiaci sa učia vnímať obrazovku ako pracovný priestor, v ktorom majú aktívnu úlohu. Prostredníctvom opakovaného riešenia úloh si osvojujú základné princípy interakcie s aplikáciou a zároveň si vytvárajú návyky

súvisiace s digitálnou prácou, ako je sústredenie, samostatná kontrola riešenia a práca s chybou.

Dôležitým aspektom je aj prepojenie technických a obsahových zručností. Žiaci si súčasne rozvíjajú matematické myslenie a základnú digitálnu gramotnosť, pričom technológia pôsobí ako prirodzený sprostredkovateľ učenia sa. Takéto prostredie podporuje vnímanie technológií ako nástroja, ktorý slúži na učenie sa a na riešenie úloh, nie ako pasívneho zdroja zábavy. Interaktívne matematické aplikácie tak predstavujú vhodný doplnok vyučovania, ktorý umožňuje rozvíjať viacero kompetencií paralelne a vytvára predpoklady na neskorší rozvoj informatického a algoritmického myslenia.

3 Rozvoj počítačovej gramotnosti v širšom kontexte

Počítačová gramotnosť je v súčasnosti chápaná ako komplexný súbor vedomostí, zručností a postojov [1, 3], ktoré umožňujú jednotlivcovi efektívne a zodpovedne používať digitálne technológie. Nezahŕňa iba technickú schopnosť ovládať zariadenie alebo aplikáciu, ale aj porozumenie základným princípom fungovania digitálnych systémov, logickým a algoritmickým postupom, práci s informáciami a dátami, ako aj uvedomenie si aspektov bezpečnosti a zodpovedného správania v digitálnom prostredí.

V prostredí základnej školy je dôležité, aby sa rozvoj počítačovej gramotnosti neopieral výlučne o formálne vyučovanie informatiky, ale aby bol prirodzene integrovaný aj do iných vzdelávacích oblastí. Práve prepojenie matematiky, informatiky a práce s digitálnymi nástrojmi vytvára vhodný priestor na rozvoj myslenia, ktoré je systematické, logické a orientované na riešenie problémov.

Z didaktického hľadiska je kľúčové, aby žiaci vnímali technológie ako nástroj, ktorý dokáže aktívne ovládať a ktorého správanie môžu predvídať a ovplyvňovať. Takýto prístup pomáha odbúravať predstavu technológií ako „čiernej skrinky,“ ktorej výstupy sú nepochopiteľné alebo náhodné. Naopak, žiaci si postupne vytvárajú mentálny model toho, že digitálne systémy fungujú na základe jasných pravidiel, príkazov a postupov.

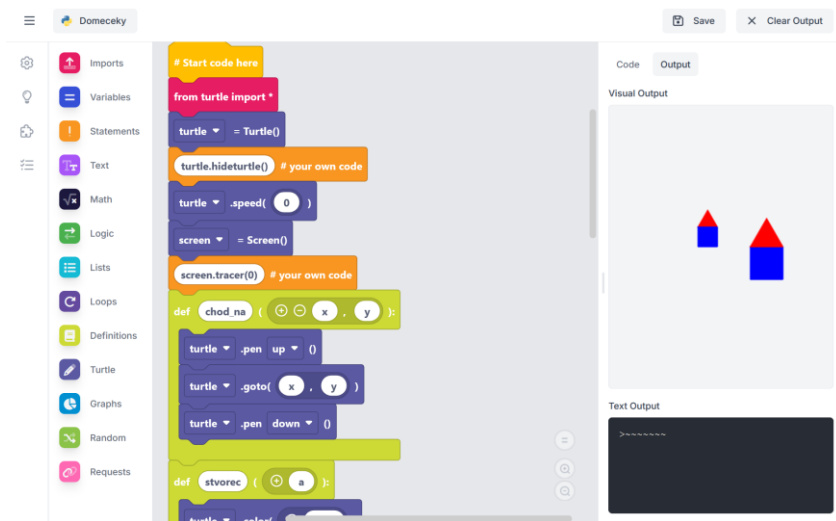
Rozvoj počítačovej gramotnosti v tomto ponímaní vytvára prirodzený základ na neskorší rozvoj informatického a algoritmického myslenia. Žiaci, ktorí sú zvyknutí pracovať s digitálnymi nástrojmi aktívne, s porozumením a s možnosťou spätnej väzby, sú lepšie pripravení na prechod k programovaniu a na riešenie komplexnejších úloh v oblasti informatiky.

4 Programátorský krúžok ako forma rozvoja informatického myslenia

Táto kapitola sa venuje téme organizácie programátorského krúžku a predstavuje zvolený postup prechodu od blokového programovania k textovému zápisu v jazyku Python.

4.1 Od blokového programovania k textovému kódu

Programátorský krúžok realizovaný v rámci projektu bol koncipovaný ako postupný prechod od vizuálneho k textovému programovaniu. V úvodnej fáze pracovali žiaci v prostredí EduBlocks [4] (pozri obrázok 2), ktoré umožňuje vytvárať programy pomocou blokov, pričom výsledný kód zodpovedá konštrukciám jazyka Python. Takéto prostredie predstavuje vhodný medzikrok medzi čisto vizuálnym programovaním (napr. v prostredí Scratch) a písaním textového kódu.



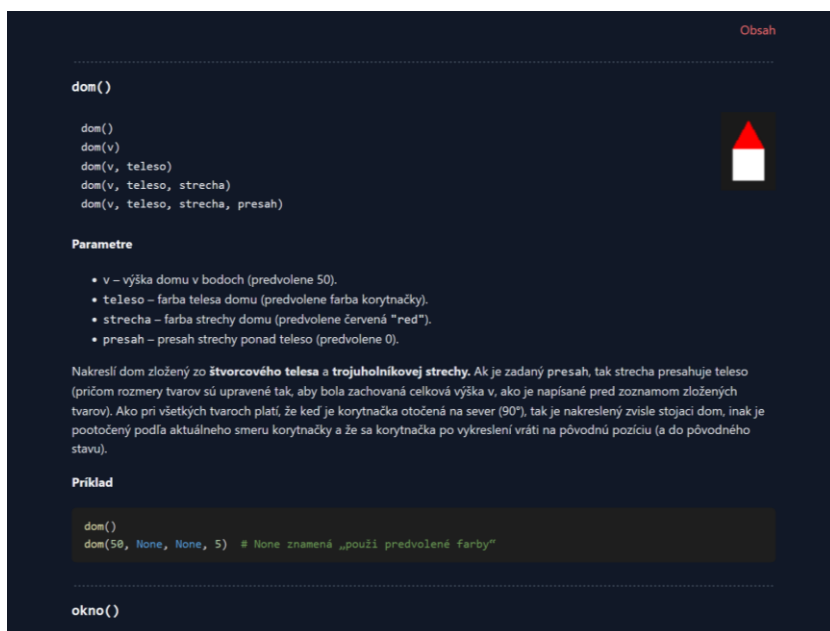
Obrázok 2. Online prostredie EduBlocks [4].

Použitie EduBlocks umožnilo žiakom sústrediť sa na základné programátorské koncepty, ako sú postupnosť príkazov, cykly a podmienky, bez toho, aby boli hneď zaťažení syntaktickými detailmi jazyka. Zároveň však mali možnosť vidieť, ako blokové riešenie zodpovedá reálnemu programovému zápisu, čo významne uľahčuje neskorší prechod k práci s textovým kódom.

Po niekoľkých stretnutiach boli žiaci postupne oboznamovaní s programovaním v jazyku Python v jeho textovej podobe [5]. Dôraz bol kladený na kontinuitu – na zachovanie známych princípov a pojmov, aby prechod nepôsobil náhle alebo demotivačne.

4.2 Vlastná knižnica Panciernik a Brython Turtle Editor

Na podporu plynulého prechodu k textovému programovaniu bola vyvinutá vlastná grafická knižnica Panciernik (pozri obrázok 3), ktorá je postavená na module *turtle* v jazyku Python [6]. Knižnica poskytuje jednoduché a didakticky upravené príkazy na kreslenie a pohyb, pričom zachováva blízkosť k prirodzenému jazyku žiakov. Príkazy ako *dopredu()*, *dozadu()*, *vpravo()* alebo *dolava()* umožňujú sústrediť sa na riešenie úlohy bez potreby osvojovania si cudzojazyčnej terminológie v úvodnej fáze programovania.



Obrázok 3. Dokumentácia ku knižnici Panciernik.

Panciernik je možné používať v štandardnom vývojovom prostredí IDLE, ale aj prostredníctvom webového rozhrania Brython Turtle Editor [7, 8] (pozri obrázok 4). Toto prostredie kombinuje editor zdrojového kódu s okamžitým grafickým výstupom a jednoduchou konzolou. Žiaci môžu program spustiť

priamo v prehliadači, sledovať výsledok svojej práce a okamžite reagovať na chyby alebo zmeny v kóde.



Obrázok 4. Prostredie Brython Turtle Editor.

Editor zároveň podporuje základnú prácu so súborami, opakované spúšťanie programov a experimentovanie s pripravenými šablónami. Takéto prostredie vytvára prirodzený most medzi blokovým programovaním a prácou v reálnom vývojovom prostredí, pričom si zachováva jednoduchosť a prehľadnosť vhodnú pre žiakov základnej školy.

4.3 Didaktické prínosy zvoleného postupu

Hlavnou výhodou kombinácie blokového programovania, textového Pythonu a knižnice Panciernik je plynulosť prechodu medzi jednotlivými úrovňami abstrakcie. Žiaci najprv pracujú s vizuálnymi reprezentáciami príkazov, následne ich zapisujú v textovej podobe a postupne si osvojujú prácu s funkciami, cyklami a podmienkami.

Programovanie sa tak pre nich nestáva náhle zavedeným formálnym jazykom, ale prirodzeným pokračovaním predchádzajúcich skúseností. Tento prístup podporuje rozvoj informatického a algoritmického myslenia, posilňuje pocit kompetencie a znižuje obavy spojené s prechodom k textovému programovaniu.

5 Skúsenosti z praxe a didaktické pozorovania

Realizácia interaktívnych matematických aplikácií a programátorského krúžku poskytla množstvo podnetov na pozorovanie správania a reakcií žiakov pri práci s digitálnymi technológiami. Už v priebehu prvých stretnutí sa ukázalo, že kombinácia okamžitej spätnej väzby, viditeľného výsledku práce a možnosti opakovania úloh má výrazný vplyv na motiváciu žiakov a ich ochotu pracovať samostatne.

Pri práci s interaktívnymi matematickými aplikáciami žiaci prirodzene preberali zodpovednosť za vlastné tempo učenia sa. Možnosť opakovaného riešenia úloh bez sankcie za chybu podporovala experimentovanie a znižovala obavy zo zlyhania. Žiaci sa postupne učili vnímať chybu ako súčasť procesu učenia sa, nie ako dôvod na prerušenie práce. Z didaktického hľadiska sa ukázalo, že jednoduchosť rozhrania a absencia rušivých prvkov napomáhajú sústredeniu sa na samotný obsah úlohy.

V programátorskom krúžku sa ako dôležitý faktor ukázala kontinuita medzi jednotlivými prostrediami. Žiaci, ktorí začínali s blokovým programovaním v EduBlocks, prijímali prechod k textovému kódu prirodzenejšie, ak mali možnosť nadviazať na už známe príklady a koncepty. Použitie knižnice Panciernik viedlo k tomu, že žiaci vnímali písanie kódu nie ako úplne nový jazyk, ale ako alternatívny zápis činností, ktoré už poznali z predchádzajúcej práce.

Pozorovania z praxe tiež naznačujú, že grafický výstup zohráva významnú úlohu pri budovaní pocitu kompetencie. Žiaci si dokázali jasne prepojiť napísaný program s jeho vizuálnym výsledkom, čo im umožňovalo lepšie porozumieť vzťahom medzi príkazom a jeho dôsledkom. Tento aspekt sa ukázal byť dôležitý najmä pri zavádzaní cyklov a opakovaných štruktúr, kde vizuálna spätná väzba pomáhala odhaliť chyby v logike programu.

Z didaktického hľadiska sa potvrdilo, že technológia sa stáva najefektívnejšou vtedy, keď je prirodzene integrovaná do činnosti žiaka a nie je vnímaná ako externý doplnok vyučovania. V takomto prostredí žiaci postupne prestávajú vnímať digitálne nástroje ako hotové produkty určené na pasívnu konzumáciu a začínajú ich chápať ako prostriedky, ktoré môžu aktívne ovládať a prispôbovať vlastným zámerom.

Tieto skúsenosti vytvárajú východisko na tvorbu ďalších fáz projektu, v ktorých bude možné systematickejšie sledovať vplyv zvolených nástrojov a postupov na rozvoj informatického a algoritmického myslenia žiakov.

6 Záver a ďalšie smerovanie projektu

Prvý rok riešenia projektu KEGA 010TTU-4/2025 ukázal, že rozvoj počítačovej gramotnosti žiakov základných škôl je možné efektívne podporiť prostredníctvom cielene zvolených digitálnych nástrojov a didaktických postupov. Interaktívne matematické aplikácie a programátorský krúžok predstavujú dve komplementárne formy práce, ktoré umožňujú rozvíjať digitálne, matematické aj algoritmické zručnosti v prirodzenom a pre žiakov zrozumiteľnom prostredí.

Skúsenosti z praxe naznačujú, že dôraz na jednoduchosť, prehľadnosť a okamžitú spätnú väzbu podporuje aktívnu prácu žiakov s technológiami a prispieva k budovaniu ich sebadôvery pri riešení úloh. Plynulý prechod od blokového programovania k textovému zápisu v jazyku Python, podporený knižnicou Panciernik, sa ukazuje ako vhodný spôsob, ako žiakov postupne viesť k hlbšiemu porozumeniu princípov programovania bez nadmernej kognitívnej záťaže.

V ďalších fázach riešenia projektu sa plánujeme zamerať na rozšírenie existujúcich aplikácií, tvorbu nových úloh pre žiakov a systematickejšie zisťovanie vplyvu zvolených nástrojov na rozvoj informatického a algoritmického myslenia. Získané poznatky by mali prispieť k spresneniu didaktických odporúčaní pre využívanie digitálnych technológií vo vyučovaní informatiky a matematiky na základných školách.

Podakovanie

*Príspevok bol podporený projektom **KEGA 010TTU-4/2025** Rozvoj informatického a algoritmického myslenia žiakov prostredníctvom efektívneho začlenenia moderných technológií do vyučovania informatiky a matematiky, a tiež projektom **KEGA 014TTU 4/2024: Inteligentné animačno-simulačné modely, nástroje a prostredia pre deep learning**.*

Použité zdroje

- [1] **WING, J. M.** Computational thinking. *Communications of the ACM*, 2006, 49(3), s. 33–35. ISSN 0001-0782.
- [2] **PAPERT, S.** *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, 1980. ISBN 978-0465046744.
- [3] **EUROPEAN COMMISSION.** *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. Dostupné na: <https://publications.jrc.ec.europa.eu> [cit. 2026-01-25].
- [4] **EDUBLOCKS.** *EduBlocks – Python made easy* [online]. Dostupné na: <https://edublocks.org> [cit. 2026-01-25].

- [5] **PYTHON SOFTWARE FOUNDATION.** *Python 3 Documentation* [online]. Dostupné na: <https://docs.python.org/3/> [cit. 2026-01-25].
- [6] **PYTHON SOFTWARE FOUNDATION.** *Turtle — Turtle graphics* [online]. Dostupné na: <https://docs.python.org/3/library/turtle.html> [cit. 2026-01-25].
- [7] **BRYTHON PROJECT.** *Brython documentation* [online]. Dostupné na: <https://brython.info> [cit. 2026-01-25].
- [8] **BRYTHON PROJECT.** *Brython – GitHub repository* [online]. Dostupné na: <https://github.com/brython-dev/brython> [cit. 2026-01-25].

Kontakt

PaedDr. Jana Fialová, PhD.

Trnava University, Faculty of Education

Priemyselná 4, P. O. BOX 9, 918 43 Trnava

e-mail: jana.fialova@truni.sk

Mgr. Ing. Roman Horváth, PhD.

Trnava University, Faculty of Education

Priemyselná 4, P. O. BOX 9, 918 43 Trnava

e-mail: roman.horvath@truni.sk

VIZUALIZÁCIA ALGORITMOV POUŽÍVAJÚCICH ÚDAJOVÚ ŠTRUKTÚRU POLE

Veronika STOFFOVÁ, SK

Abstrakt: Článok podčiarkuje dôležitosť údajových štruktúr v programovom riešení rôznych problémov, reprezentovaných väčším množstvom údajov, ktoré majú byť ľahko dostupné, jednoducho a správne selektovateľné, teda priamo adresovateľné. Preto je dobré, keď sú usporiadané.

Najjednoduchšia a najčastejšie používaná údajová štruktúra je pole, ktoré nájdeme ako štandardnú údajovú štruktúru skoro v každom vyššom programovacom jazyku. Práve preto sme vybrali túto údajovú štruktúru ako objekt vizualizácie na vyučovanie a hĺbkové učenie sa s porozumením a používaním názorných vizualizovaných simulačných modelov riešenia úloh.

Kľúčové slová: údajové štruktúry, pole ako údajová štruktúra, implementácia údajovej štruktúry, adresovanie elementu údajovej štruktúry.

VISUALIZATION OF ALGORITHMS USING THE ARRAY DATA STRUCTURE

Abstract: The article underlines the importance of data structures and the method of their internal implementation in the programming solution of various problems, represented by a larger amount of data, which should be easily accessible, simply and correctly selectable, i.e. directly addressable. Therefore, it is good when they are organized. The simplest and most frequently used data structure is an array, which we find as a standard data structure in almost every higher programming language. That is why we have chosen this data structure as an object of visualization for teaching and learning with understanding and using illustrative visualized simulation models of solving a task.

Keywords: data structures, array as a data structure, implementation of a data structure, addressing of a data structure element.

1 Úvod

V hlbkovom učení dôležitú úlohu zohráva správna predstava o tom ako „veci“ fungujú. Vytvoriť funkčný model o dynamických procesov, ktoré nie sú voľným okom pozorovateľné potrebuje fantáziu, zmysel pre názornosť, ktoré sa spájajú s exaktnosťou (Bende, 2022; Czakóová, 2021; Feszterová a kol., 2025; Stoffa, 2003; Stoffová, 2004). Teda, keď uvažujeme o údajových štruktúrach v programovaní musíme spojiť predstavu o štruktúre pamäti počítača a údajovej štruktúre programovacieho nástroja (jazyka). Spojenie týchto dvoch predstáv dáva reálny obraz o vnútornej implementácii údajovej štruktúry v pamäti počítača, teda jej reprezentácie v počítači a počas vykonávania príkazov programu. S tým je spojená identifikácia miesta a sprístupnenie hodnoty jednotlivých elementov údajovej štruktúry a tiež zápisu novej hodnoty, teda ako vykonať zmenu hodnoty elementu (Stoffová-Udvaros, 2013).

2 Štandardná údajová štruktúra pole

Pole patrí medzi štandardné údajové štruktúry ako aj množina, záznam, súbor a pod. Vzhľadom na obmedzený rozsah práce podrobne opíšeme len grafické modely poľa na zvýšenie názornosti algoritmu, ktorý spracováva hodnoty elementov poľa. Záznamom sa budeme zaoberať len ako údajovou štruktúrou, ktorý môže byť elementom poľa (Végh, 2023).

Pole je homogénna údajová štruktúra. Teda pole obsahuje prvky rovnakého typu, ktoré sú usporiadané (akoby v sústave súradníc určitého rozmeru). Prvky poľa sú prístupné na základe hodnoty indexu (často hovoríme, že sú indexované). Poznáme jednorozmerné pole (ktoré je často stotožňované s matematickou údajovou štruktúrou vektor), dvojrozmerné pole (ktoré je často stotožňované s matematickou údajovou štruktúrou matica) a viacrozmerné pole. Pole môže mať ľubovoľné nezáporné celočíselné rozmery. (Např. $4 \times 2 \times 3 \times 2$ elementov.) Rozmer poľa ako aj hodnota indexu môžu byť definované ľubovoľnou hodnotou, (príp. premennou) ordinálneho typu. Ordinálne typy sú také údajové typy, kde počet hodnôt, ktoré môže premenná/element poľa nadobudnúť je konečný, a hodnoty samotné je možné usporiadať, teda každá hodnota má svoje poradové číslo v usporiadanej postupnosti. Tieto skutočnosti evokujú predstavu o implementácii jednorozmerného poľa, ktoré vychádza zo základnej definície usporiadanej operačnej pamäte počítača, podľa ktorej operačná pamäť je usporiadaná množina adresovateľných jednotiek – bajtov, príp. iných väčších pamäťových celkov. Teda pole obsadzuje v pamäti počítača podľa vnútorných adries usporiadaný úsek bajtov v počte, ktoré sa dá vypočítať podľa typu elementov v deklarácii programu. Možno to jednoducho vyjadriť

takto: potrebný počet bajtov = celkový počet elementov x počet bajtov na 1 element.

So štandardnými údajovými štruktúrami sme sa zaoberali aj v článku (Stoffová - Udvaros, 2013). Vtedy sme pole znázorňovali, ako sekvenciu obdĺžnikov, ktoré reprezentovali skupinu bajtov potrebných a zobrazenie jedného elementu poľa. Číslo v obdĺžniku (modré pole) určuje hodnotu poradového čísla elementu poľa.

2.1 Jednorozmerné pole

Jednorozmerné pole si možno predstaviť ako pevný počet „škatúl“ (zásuviek) na skladovanie vecí (informácií, hodnôt), ktoré sú usporiadané – spojené adresami do väčšej jednotky nazvanej spoločným menom – menom deklarovaného poľa. Jednorozmerné pole (vektor) môže obsahovať určitý počet hodnôt, definovaných programátorom v deklaračnej časti programu. Vzhľadom na dopredu definovaný počet elementov, pole je statická údajová štruktúra. Veľkosť poľa počas behu programu sa nedá zmeniť. Jednorozmerné pole možno deklarovať všeobecne nasledovne:

```
var
názov_pola : array [1 .. N] of typ_elementov;
napr. Pole_Cisel: array [1 .. 30] of integer;
```

1	2	3	4	5	...	30	Hodnota indexu
32				15			Hodnota elementu

Obr. 1 Grafické zobrazenie jednorozmerného poľa

V príklade `Pole_Cisel: array [1 .. 30] of integer;` definuje veľkosť poľa (počet elementov poľa) ako interval `[1..30]` a `integer`; definuje typ elementov poľa (v našom prípade je to 30 celých čísel).

Ak chceme zistiť hodnotu (alebo uložiť hodnotu) pre konkrétny index (ktorý jednoznačne definuje miesto elementu v poli, urobíme to nasledovne:

```
názov_pola [index] := hodnota;
```

```
Napr.: Pole_Cisel[5] := 32; Pole_Cisel[1] := 15;
```

Hodnota elementu poľa ako aj indexu elementu poľa môže byť aj premenná príslušného typu, ale premenná pred vykonaním priradovacieho príkazu už musí mať hodnotu.

```
Napr.: i:= i+1; k:= k*(k+1);
```

```
Pole_Cisel[i] := k; Pole_Cisel[k] := i;
```

2.2 Dvojmerné pole

Dvojmerné pole je údajová štruktúra, ktorú si možno predstaviť ako plošný útvar – ako do riadkov a stĺpcov usporiadané elementy/hodnoty indexovanej premennej s dvomi indexami, napr. $a[i, j]$, do ktorých ukladáme hodnoty na indexami určené miesta, ktoré identifikujú riadkový a stĺpcový index, alebo z ktorých čítame hodnoty. Pole obsahuje $N \times M$ elementov teda má rozmer $N \times M$, podľa deklarácie. Môžeme si ho predstaviť ako plošný (2D) útvar, kde pomocou indexu riadku a indexu stĺpca možno jednoznačne nájsť/adresovať konkrétny prvok.

Najbližšie sú k dvojmernému poľu predstavy o matematickej údajovej štruktúre matica, kde sú prvky tiež usporiadané do riadkov a do stĺpcov. (Veľmi často v literatúre matica a dvojmerné pole sa zamieňajú, alebo sa stotožňujú, prípadne sa používajú striedavo.)

Keď takýto útvar premietneme do lineárnej (podľa vnútorných adries) usporiadanej štruktúry, tak môžeme si predstaviť, že dvojmerné pole v pamäti počítača je uložené po riadkoch. Teda po prvom riadku nasleduje druhý riadok až posledný riadok. Riadok vždy určuje prvý index a stĺpec druhý index. Teda jednotlivé prvky dvojmerného poľa sú uložené pekne za sebou s rastúcimi adresami bajtov pamäte. T. j. od $a[1,1]..a[1,N]$ {prvý riadok}; $a[2,1]..a[2,N]$ {druhý riadok}..až $a[M,1]..a[M,N]$ {posledný riadok}.

Dvojmerné pole je formálne deklarované nasledovne:

```
meno_pola: array [1 .. N, 1 .. M] of typ_elementov;
```

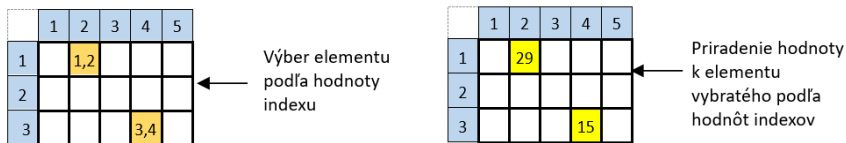
```
Napr. b: array [1 .. 3, 1 .. 5] of integer;
```

Vo vyššie uvedenej deklarácii, dvojmerné pole **b** obsahuje 15 čísiel usporiadaných v troch riadkoch a piatich stĺpcoch. Teda na dvojmerné pole môžeme pozeráť ako na maticu, kde miesto prvku (samotný prvok údajovej štruktúry) jednoznačne identifikujeme indexmi, ako napr.: $b[i, j]$; $b[1,3]$; $b[3,4]$ Ak chceme priradiť hodnotu na konkrétne miesto v štruktúre dvojmerného poľa, ktoré určíme pomocou indexov, urobíme to nasledovne:

```
nmeno_pola [index1, index2] := hodnota;
```

```
Napr. a[1,2] := 29; a[3,4] := 15;
```

ako to ukazujú nasledujúce obrázky. (Oozri obr. 2)



Obr. 2 Grafické zobrazenie dvojrozmerného poľa

Viac ako dvojrozmerné poľa sa používajú zriedkavo. Naša priestorová predstavivosť končí pri trojrozmernom poli. Viacrozmerné pole môžeme abstrahovať (predstaviť si) ako určitý počet o jeden rozmer jednoduchších polí. Takto možno definíciu (predstavu) rekurzívne rozvíjať, kým sa nedostaneme k jednorozmernému poľu. Viacrozmerné pole (jeho prvky) možno rozvinúť do lineárnej pamäťovej štruktúry tak, že **posledný index elementu sa mení najrýchlejšie**. Teda v prípade dvojrozmerného poľa ako keby boli prvky uložené po riadkoch v rovine (Stoffová–Végh, 2010; Stoffa–Végh, 2006).

Jednorozmerné, dvojrozmerné, príp. trojrozmerné poľa sa používajú najčastejšie, lebo prvé dva útvary si vieme predstaviť v rovine a tretí v priestore (3D). Štvorrozmerné pole je vlastne určitý počet trojrozmerných polí. Počet trojrozmerných polí udáva počet hodnôt štvrtého indexu. (Je to rozdiel medzi hornou a dolnou hranicou štvrtej dimenzie.)

V špeciálnych prípadoch môžeme definovať pole aj hierarchicky, keď prvkami poľa nie sú elementy jednoduchého, ale štruktúrovaného typu. V takomto prípade elementy poľa sú štruktúrované a sú na vyššej hierarchickej úrovni než štandardné údajové typy. Prvkom hierarchicky budovaného (definovaného) poľa môže byť, napr. jednorozmerné pole alebo záznam. Takto definovaný neštandardný typ je ďalej deliteľný. Keď prvkami budú jednorozmerné poľa musíme definovať nový údajový typ ako jednorozmerné pole, ktorým určíme – deklarujeme typ prvkov jednorozmerného poľa ako adresovateľnú jednotku. Takéto jednorozmerné pole je deliteľné na adresovateľné „riadky“. Prvky/Hodnoty uložené v riadku spracovávame podľa pravidiel pre daný typ.

```
type typ_jednorozmerné_pole = array [1 .. N] of typ_údaja;
var
  hierarchické_pole : array [1 .. 3] of typ_jednorozmerne_pole;
```

1	1	2	...	N
2	1	2	...	N
3	1	2	...	N

a) Indexy elementov

	1	2	...	M
1	8	7	...	4
2	0	9	...	2
3	6	5	...	3

b) hodnoty elementov

Obr. 3 Grafické zobrazenie jednorozmerného hierarchického poľa
- jednorozmerné pole jednorozmerných polí (čísel)

Na predchádzajúcom obrázku sú jednoznačne explicitne identifikované riadky 1..3 (stĺpec vyfarbený modrou farbou), a v nich indexy položiek stĺpca. Na ďalšom obrázku sú žltou farbou zafarbené a stĺpce 1 až M. Kde prvkami jednorozmerného poľa sú záznamy M čísel. Pred použitím jednorozmerného poľa ako typu musíme ho najprv definovať.

Keď chceme použiť ako údajový typ elementu poľa záznam, tak ešte pred prvým použitím musíme záznam definovať ako údajový typ. Napr.

```
Type záznam = record
    Položka1:Typ1;
    Položka2:Typ2;
    ...
    PoložkaN:TypN);
end;
```

var

```
Pole : array[1..3] of typ_záznam;
```

V nasledujúcej úlohe ukážeme prácu s hierarchickým poľom, kde prvky jednorozmerného poľa sú záznamy. Jeden záznam obsahuje základné údaje o jednom súťažiacom žiakovi.

```
Program Sportovy_den;
Type Ziak = record
    Meno[24];
    Rok-narodenia:integer;
    Sportova-disciplina:string;
end;

var
    Sutaziaci: array[1..100] of ziak; i:byte;
    Begin{zadavanie hodnot}
    for i:=1 to 100 do begin
        write('Zadaj ',i,'.sutaziaceho:');readln(sutaziaci[i].meno);
        write('Zadaj rok-narodenia ',i,'. sutaziaceho:');
        readln(Sutaziaci[i].rok-narodenia);
        write('Discilinu',i,'. Sutaziaceho:');
        readln(Sutaziaci[i].Sportova-disciplina);
```

```
writeln;
end;
{vypis hodnot pola }
For i:=1 to 3 do begin
  writeln(i, '. Sutaziaci');
  writeln('Meno: ', Sutaziaci[i].Meno);
  writeln('Rok narodenia: ', Sutaziaci[i].Rok-narodenia);
  writeln('Disciplina: ', Sutaziaci[i].Sportova-disciplina);
  writeln;
end;
readln;
end.
```

Index M				
1	Položka1	Položka2	...	Položka5
2	Položka1	Položka2	...	Položka5
3	Položka1	Položka2	...	Položka5

Obr. 3 Grafické zobrazenie jednorozmerného hierarchického poľa s elementami záznam s piatimi položkami

Práca s údajovou štruktúrou pole umožňuje demonštrovať fungovanie riadiacej štruktúry cyklus. Dvoj- a viacrozmerné pole pomáha vysvetliť jednoduché vnorené, ale aj hierarchicky viacnásobne vnorené cykly.

3 Vizualizácia údajovej štruktúry pole v programovaní

Keď používame určitú štandardnú, alebo aj neštandardnú údajovú štruktúru musíme sa zaoberať s adresovaním, teda s tým ako sa dostať k jednotlivým elementom údajovej štruktúry.

3.1 Ako je usporiadaná pamäť počítača a akú má vlastne štruktúru?

Keď vnútornú pamäť počítača si predstavíme ako usporiadanú (postupnosť) adresovateľných pamäťových jednotiek, tak aj homogénnu údajovú štruktúru pole si môžeme predstaviť ako usporiadanú množinu jeho elementov, ku ktorým je prístup cez hodnoty indexov. Indexy elementov poľa sú ordinálneho typu, čo znamená, že hodnoty, ktoré môžu indexy nadobudnúť je konečný počet a je možné ich usporiadať, teda každá hodnota má svoje poradové číslo. Poradové číslo hodnoty je možné ho získať pomocou funkcie `ord(hodnota)`.

Keď chceme predchádzajúce informácie pochopiť a správne interpretovať, mali by sme jednotlivým použitým základným pojmom správne porozumieť.

Skúsme vytvoriť jednoduchý model (určitú predstavu) o štruktúre pamäti počítača a premietnuť do tejto predstavy použitú údajovú štruktúru. Najmenšia adresovateľná pamäťová jednotka (bajt) obsahuje 8-bitový reťazec binárnych znakov, ktorá je lokalizovaná v pamäti podľa implicitnej vnútornej adresy. Najmenšia adresovateľná pamäťová jednotka (1 byte) len výnimočne je elementom poľa, lebo medzi štandardnými údajovými typmi je len pár základných typov, ktoré sú implementované ako 1 bajt. Teda údaj, ktorý je elementom poľa zaberá v pamäti jeden, dva a viac bajtov.

Ako sa vytvárajú zo základnej adresovateľnej jednotky väčšie pamäťové celky, záleží od mnohých okolností. Ak ide o textovú informáciu tak v každom bajte môže byť zakódovaný jeden znak. Podľa kódovej tabuľky môžeme zistiť, aký znak je uložený v každom bajte. Jeden bajt umožňuje zakódovať až 256 rôznych znakov. Ak použitá znaková množina je bohatšia, musíme dĺžku binárneho reťazca predĺžiť. Pridaním jedného bitu, môžeme zvýšiť počet možných binárnych kombinácií na dvojnásobok. To je ale len teoretická úvaha, lebo slovo prakticky nemožno predĺžiť o jeden bit ale najmenej o jeden ďalší bajt.

Každý štandardný údajový typ programovacieho jazyka má svoju dĺžku, vyjadrenú v bajtoch a tiež definovanú štruktúru. Pre každý údajový typ, sú dané pravidlá kódovania a tiež spôsob a pravidlá „spracovania“. Teda aké operácie možno s daným údajovým typom vykonať. Tiež poznáme kompatibilitu medzi údajovými typmi. Sú dané pravidlá vnútorného zobrazenia a spracovania, každého elementárneho údajového typu. Zachádzame do podrobnosti o údajových typoch len preto, lebo pri poliach elementy poľa, majú svoj typ, ktorý môže byť jeden zo štandardných typov programovacieho jazyka, alebo typ, ktorý definujeme v rámci časti deklarácie a definície.

3.2 Adresovanie elementu poľa

Adresovateľná pamäťová jednotka – ako element poľa je len výnimočne 1 byte, a to len vtedy, keď type elementu poľa je implementovaný v jednom byte. Keď vychádzame z predstavy, že pamäť je podľa internej adresy usporiadaná množina bajtov, tak naše pole (B: array (1..15) of Byte) je uložené od nejakej absolútnej adresy K po adresu K + 15.

Ak pole A je pole s desiatimi dvojбайtovými elementami typu integer, (A: array (1..10) of integer), tak adresa pamäťového miesta, kde hodnota i-teho elementu poľa A sa nachádza, možno vypočítať ako $L + i * 2$, (keď prvý element je na adrese L).

4 Vizualizácia údajovej štruktúry pole v programovaní

V hĺbkovom učení dôležitú úlohu zohráva správna predstava o tom ako „veci“ fungujú. Vytvoriť funkčný model o dynamických procesov, ktoré nie sú voľným okom pozorovateľné potrebuje fantáziu a zmysel pre názornosť. Keď uvažujeme o údajových štruktúrach v programovaní musíme spojiť predstavu o štruktúre pamäti počítača a s vizualizáciou údajovej štruktúry programovacieho nástroja (jazyka) a jej spojení s údajovou štruktúrou pamäti počítača, teda jej reprezentácie v pamäti počítača.

V predchádzajúcej časti sme použili najjednoduchší spôsob grafickej reprezentácie údajovej štruktúry pole a jeho elementov, ktoré sa používajú najčastejšie vo vizualizovaných modeloch algoritmov na znázornenie ako prebieha realizácia algoritmu. Keď hodnota elementu je číslo, tak element je reprezentovaný hodnotou vo štvorčeku, alebo v obdĺžniku.

V tejto časti ukážeme vizualizované simulačné modely niekoľkých vybraných algoritmov, ktoré úspešne používame vo vyučovaní algoritmizácie a programovania. V riešení každej úlohy sa používa jedno alebo dvojrozmerné pole čísel, ktoré reprezentujú riešený problém – vyjadrujú množstvo tekutiny v pohári. Výška tekutiny v pohári tiež vyjadruje aj číslo, ktoré je uvedené na pohári. Na prípravu začiatočných hodnôt sme použili generátor náhodných čísel. Čísla sú z určitého intervalu a „0“ znamená prázdnu nádobu (Lapšanská, 2018).

4.1 Hľadanie najmenšej alebo najväčšej hodnoty v jednorozmernom poli

Keď hľadáme najmenšiu alebo najväčšiu hodnotu medzi elementami poľa, musíme systematicky prechádzať pole tak, že jeho elementy medzi sebou porovnávame. Simulácia nám prezentuje nájdenie najmenšieho príp. najväčšieho prvku. Prvý prvok sa skopíruje do premennej min/max a v ďalšom kroku ho porovnáva so všetkými prvkami v poli. Ak algoritmus nájde menší/väčší prvok, skopíruje ho do premennej min/max a pokračuje v prehľadávaní, kým sa neprehľadá celé pole.

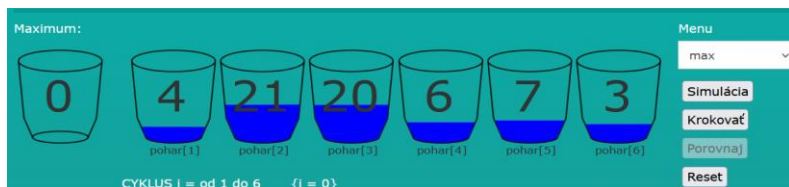
Simuláciu ovládame pomocou tlačidiel, ktoré sa nachádzajú na pravej strane okna. Najskôr si zvolíme, či chceme hľadať maximálnu alebo minimálnu hodnotu v poli. Keď hľadáme najväčšiu/maximálnu hodnotu, tak v pravom hornom okienku si zvolíme max. V dolnej časti okna je zobrazený aj algoritmus na vyhľadávanie najväčšej hodnoty. V zdrojovom kóde algoritmu riadkový ukazovateľ, zvýrazňuje riadok, ktorý sa práve realizuje. V priebehu

simulácie sú tiež zvýraznené “poháre”, ktorých sa realizovaná operácia týka (porovnanie, alebo priradenie).

```
CYKLUS i = od 1 to 6 do
```

```
Ak max < pohár[i] POTOM
```

```
max = pohár[i];
```



Obr. 4 Animácia hľadanie najväčšieho množstva tekutiny v pohári

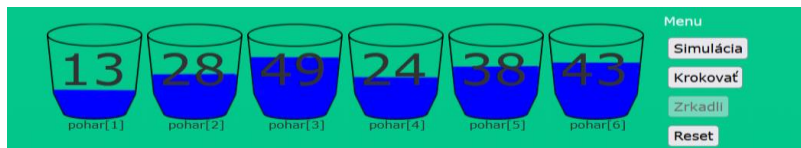
Kliknutím tlačidla „Simulácia“, sa nám spustí prehľadávanie poľa, pri ktorom sa presvecuje syntax. Ak chceme porovnávanie vykonávať pomalšie (po krokoch), tak stlačíme tlačidlo „Krokovať“ a tlačidlom „Porovnaj“ vykonávame postupné porovnanie prvkov v poli. Pri každom novom spustení krokovania alebo simulácie je potrebné reštartovať simuláciu tlačidlom „Reset“. Výsledok: **Maximum = 21.**

4.2 Zrkadlenie elementov jednorozmerného poľa

Táto simulácia nám prezentuje výmenu hodnôt, ktoré sú zrkadlovo umiestnené podľa myslenej osi symetrie. Vykonávajú sa cykly, ktoré porovnávajú prvky v poli. Prvú a poslednú hodnotu, potom druhú s hodnotou predposlednou, atď. Simuláciu ovládame pomocou elementov tlačidiel, ktoré sa nachádzajú na pravej strane, rovnako (príp. analogický) ako pri predchádzajúcej úlohe. Tlačidla „Simulácia“, spustí cyklus na porovnávanie elementov poľa pri ktorom sa zvýrazňuje riadok syntaxe programu. Ak chceme porovnávanie vykonávať pomalšími krokmi, tak tlačidlom „Krokovať“ a tlačidlom „Zrkadli“ vykonávame postupné zrkadlenie (výmeny) prvkov poľa. Pri každom novom spustení krokovania alebo simulácie je potrebné reštartovať simuláciu tlačidlom „Reset“. Počet opakovaní je vždy $(n \div 2)$, kde n je počet prvkov poľa. Pre $n = 6$, sa algoritmus opakuje 3-krát.

```
CYKLUS i = od 1 to 3 do
```

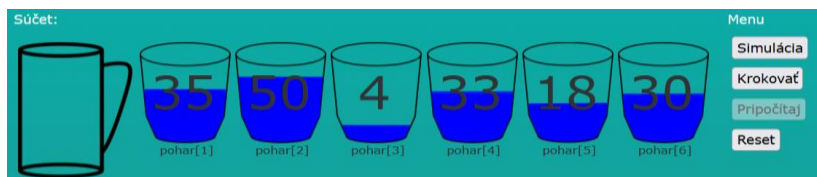
```
výmena pohár[i] za pohár[n-i+1];
```

Obr. 5 Animácia zrkadlenia poľa pri štarte

4.3 Sčítanie elementov jednorozmerného poľa

Simulácia prezentuje výpočet súčtu prvkov poľa. K premennej súčet (ktorá má na začiatku hodnotu 0) sa postupne pripočítajú hodnoty prvkov napísané na pohári. Simuláciu ovládame pomocou tlačidiel, ktoré sa nachádzajú na pravej strane rovnakým spôsobom ako v predchádzajúcich úlohách. Spustenie vykonáme tlačidlom „Simulácia“, kde sa nám presvecuje, ktorý prvok sa pripočítava a zároveň sa vysvecuje syntax. Ak chceme sčítanie vykonávať pomalšími krokmi, tak použijeme tlačidlo Krokovať.

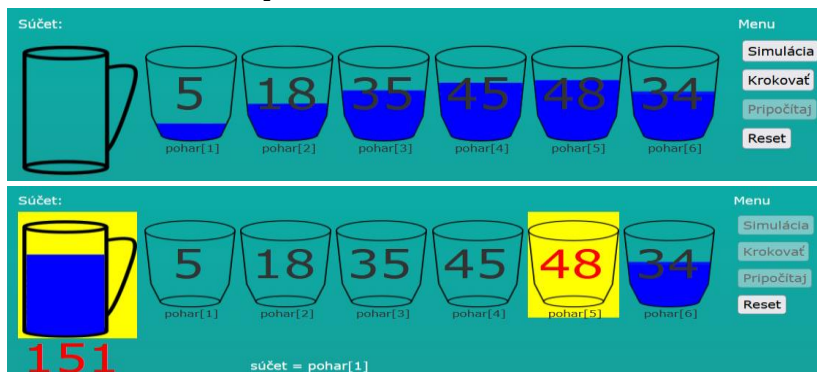


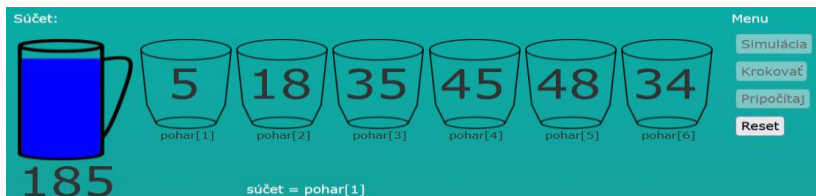
Obr. 6 Animácia sčítania elementov poľa (pri štarte)

$Súčet = 0;$

CYKLUS $i =$ od 1 to 6 do

$Súčet = Súčet + pohár[i];$

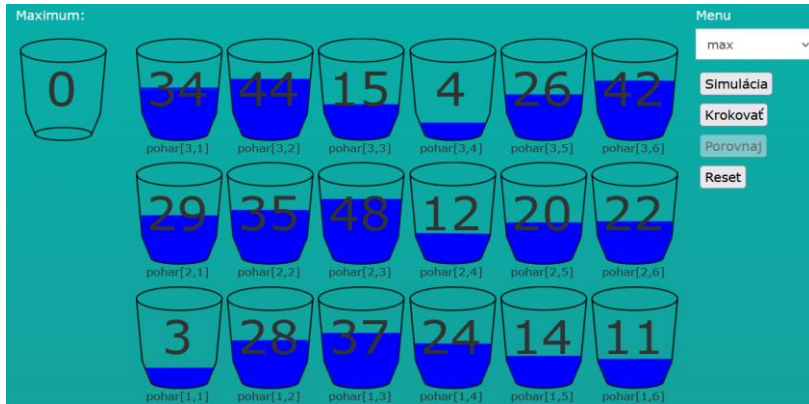




Obr. 7 Odpamätané fragmenty obrazovky z animácie priebehu sčítania elementov jednorozmerného poľa (na začiatku, v priebehu realizácie algoritmu a po ukončení sčítania)

4.4 Hľadanie najmenšej alebo najväčšej hodnoty elementu dvojrozmerného poľa

Simulácia nám prezentuje nájdanie najmenšieho/najväčšieho prvku v dvojrozmernom poli. Prvý prvok sa skopíruje do premennej min/max a v ďalšom kroku porovnáva so všetkými prvkami v poli. Ak algoritmus nájde iný menší/väčší prvok, skopíruje ho do premennej min/max a pokračuje v prehľadávaní, pokiaľ neprehľadá celé pole. Simuláciu ovládame pomocou tlačidiel: „Simulácia“, „Krokovať“ a „Porovnaj“ v rovnakom význame ako pri jednorozmernom poli. Interpretácia priebehu animácie je tiež rovnaká ako v predchádzajúcich prípadoch.



Obr. 8 Animácia hľadanie najväčšieho množstva tekutiny v pohári

```

CYKLUS i = od 1 to 3 do
CYKLUS j = od 1 to 6 do
Ak max < pohár[i,j] POTOM
max = pohár[i,j];

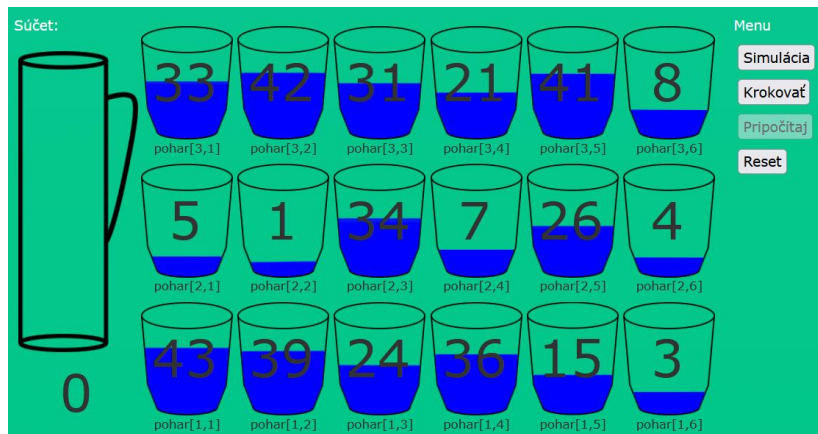
```

4.5 Sčítanie elementov dvojrozmerného poľa

Simulácia vizualizuje postup pri sčítaní všetkých prvkov dvojrozmerného poľa, od $\text{pohár}[1,1]$ po $\text{pohár}[n,m]$, kde n je počet riadkov a m je počet stĺpcov. K premennej súčet, kde na začiatku je 0, postupne sa pripočítajú hodnoty prvkov, ktoré sú uvedené na pohári na príslušnom mieste poľa. Simuláciu ovládame pomocou tlačidiel, ktoré sa nachádzajú na pravej strane okna a to rovnako ako v prípade hľadania maxima v dvojrozmernom poli. Funkcia tlačidiel „Simulácia“, „Krokovat“, Pripočítaj a „Reset“ je ako v úlohe 4.3. Pri každom novom spustení krokovania alebo simulácie je potrebné reštartovať simuláciu tlačidlom „Reset“.

```
Súčet = 1;  
CYKLUS i = od 1 to 3 do  
CYKLUS j = od 1 to 6 do  
Ak max < pohár[i, j] POTOM  
Súčet = Súčet + pohár[i, j];
```

Prístupy k vyučovaniu programovania sú rôzne. Mnohí edukátori, zachádzanie do podrobností považujú za zbytočné. V hĺbkovom učení – pri učení s porozumením je ale veľmi dôležité pochopiť súvislosti a budovať poznatkový systém na pevných základoch, a tak získať trvalé vedomosti z programovania. V systémovom prístupe k vyučovaniu programovania dostatočná pozornosť sa venuje nielen riadiacim štruktúram, algoritmom, údajovým typom a údajovým štruktúram, ale aj špecifikáciám, deklaráciám a definíciám (Szlávi - Zsakó, 2004; Udvaros, 2004; Bede, 2022; Horváth, 2024;).



Obr. 9 Stav animácia sčítania elementov dvojrozmerného poľa (pri štarte)

V súčasnosti vo vzdelávaní prevládajú tendencie uľahčiť a urýchliť napredovanie úsilia edukanta v získavaní nových poznatkov a oslobodiť ho od “zbytočných” podrobností, ktoré dosiahnutie krátkodobého cieľa spomalia, príp. predĺžia. Vyvíjajú sa aj rôzne prostredia, podporné systémy, ktoré podporia samoštúdium a urýchlia získavanie nových poznatkov a zručností pri správnom budovaní poznatkového systému a rozvoji kritického myslenia (Stoffová, 2003). Významnú roľu v tomto snažení zohráva aj zapojenie umelej inteligencie na zvýšenie efektivity a účinnosti edukácie (Annuš, 2024; Annuš–Kmeť, 2024; Bede - Horváth, 2025;).

4 Záver

Podľa našich skúseností študenti ľahšie pochopia prácu s údajovými štruktúrami ak majú k dispozícii grafický model. Tento model môžu využiť aj na znázornenie postupu riešenia a zobrazenie zmien hodnôt jednotlivých elementov. Grafický model, ktorý zjednoduší riešenie problému, možno použiť na myšlienkovú implementáciu ľubovoľnej štandardnej údajovej štruktúry. Pomocou grafickej reprezentácie je možné nielen pochopiť fungovanie selekcie elementu, spôsob adresovania, určenie indexov, explicitne definovaných stavebných elementov štandardnej údajovej štruktúry, ale si aj osvojiť prácu s nimi. Grafické zobrazenie údajovej štruktúry dáva priestor aj na sledovanie realizácie algoritmu a zápis zmien hodnôt jednotlivých elementov. Používateľ – študent môže experimentovaním na grafickom modeli zadávaním rôznych vstupných údajov testovať správnosť svojho programu (prípadne časti programu), pochopiť aj zložitejšie operácie vykonané nad údajovými štruktúrami a odhaliť aj prípadné chyby a nedostatky programu (Stoffa, 2003).

PodĎakovanie

Práca vznikla s podporou projektu KEGA 014TTU 4/2024: Inteligentné animačno-simulačné modely, nástroje a prostredia pre deep learning.

Bibliografické odkazy

1. ANNUŠ, N. Educational Software and Artificial Intelligence: Students' Experiences and Innovative Solutions. In *Information Technologies and Learning Tools*. Vol. 101, N°3, 2024, pp. 200–226. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v101i3.5479>
2. ANNUŠ N. – KMEŤ T. Learn with M.E.—Let Us Boost Personalized Learning in K-12 Math Education! In *Education Sciences*, Vol. 14, N° 7:773, 2024. <https://doi.org/10.3390/educsci14070773>
3. BENDE, I. Data Visualization in Programming Education, *Acta Didactica Napocensia*, vol. 15, no. 1, pp. 52–60, 2022. <https://doi.org/10.24193/adn.15.1.5>

4. BENDE, I. – HORVÁTH, Gy. *MI-alapú eszközök alkalmazása a specifikációs feladatok oktatásában*. In Dr. Abonyi-Tóth Andor (Szerk.), *InfoDidact konferencia 2025 – Tanulmánykötet* (pp. 30–41). ELTE Informatikai Kar. ISBN: 978-963-489-851-1 <https://infodidact.elte.hu/infodidact2025/tanulmanykotet/>
5. CZAKÓOVÁ, K. Game-based programming in primary school informatics, *INTED 2021 Proceedings of the 15th International Technology, Education and Development Conference*, vol.1/2021, pp. 5627-5632, 2021.
6. FESZTEROVÁ, M. - GRECZEK-STACHURA, M. – KANIA, A. Foster young people's creativity and shape their competencies. In *R&E-Source: research and education*, Vol. 12 No. 1, 2025, pp. 90-101. DOI 10.53349/resource.2025.is1.a1382.
7. HORVÁTH, Gy.: *Teaching Task Specification Efficiently in Introductory Programming Courses in Higher Education*. In *International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, 2024* (pp. 111–122). Cham: Springer Nature Switzerland. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-73474-8_9
8. LAPŠANSKÁ, Š.: *Animačno-simulačné modely na podporu vyučovania základov algoritmizácie a programovania*, Diplomová práca, Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, Katedra informatiky. Vedúci diplomovej práce: prof. Ing. Veronika Stoffová, CSc. Trnava: Pedagogická fakulta TU, 2018, 72 s.
9. STOFFOVÁ, V. Počítač - univerzálny didaktický prostriedok. - Nitra : UKF, 2004. - 172 s. - ISBN 978-80-8050-765-7.
10. STOFFA, V.: *Az elektronikus tanulás lehetőségei a programozás elsajátításában*. In: *AGRIA MEDIA 2002 : Az elektronikus tanulás a III. évezred pedagógiai kihívása*. Eger, 2003, s. 480 - 488. ISBN 963-9417-09-2.
11. STOFFA, V. Modelling and Simulation as a Recognizing Method in Education In: *Education Media International*. - ISSN 0952-3987. - Vol. 41, no. 1 (2004), p. 51-58.
12. STOFFA, V. – VÉGH, L.: Guided animation of dynamic data structures. In *Third Central European Multimedia and Virtual Reality Conference*. Eger, Hungary 2006, 175–179. p. ISBN 963-9495-89-1.
13. STOFFOVÁ, V. – VÉGH, L.: Szemléltető animációk a programozásban. In: *INFODIDACT 2010, 3. Informatika Szakmódszertani Konferencia*. Szombathely, 2010
14. STOFFOVÁ, V. – UDVAROS, J.: Grafické modely štandardných údajových štruktúr a ich význam vo vyučovaní programovania. In: *Trendy ve vzdělávání : informační technologie a technické vzdělávání*. - Olomouc : Agentura Gevak, 2013. - ISBN 978-80-86768-52-6. - S. 323-328.
15. SZLÁVI, P. – ZSAKÓ, L. *Módszeres programozás: Programozási tételek*. In: *µlógia (Mikrológia)* vol. 19. (1994, 2004), bővített kiadás. ELTE Informatikai Kar, 2004, ISSN: 0238-3470 6
16. UDVAROS, J.: Visualisation of OOP elements. In *XXIXth DIDMATTECH 2016 : new methods and technologies in education and practice 1. vyd.* - Budapest: Eötvös

Loránd University in Budapest - Faculty of Informatics, 2016, s. 101-104. ISBN 978-963-284-799-3,

17. VÉGH, L. Models of Data Structures in Educational Visualizations for Supporting Teaching and Learning Algorithms and Computer Programming. In. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*. [on-line] DOI: 10.59287/ijanser.916. Vol. 7, Issue 5, 2023, pp. 147-154. ISSN: 2980-0811.

Contact address

Prof. Ing. Veronika STOFFOVÁ, CSc.

Trnava university in Trnava, Priemyselná 4,

918 43 Trnava

e-mail: veronika.stoffova@truni.sk

Trends in education

Trendy vo vzdelávaní

DOŠKOLOVACÍ KURZY NA ZVÝŠENÍ KOMPETENCÍ UČITELŮ V OBLASTI EDUKAČNÍ ROBOTIKY

Hana HYKSOVÁ, CZ

Abstrakt: Digitální technologie přinášejí do vzdělávání řadu nových příležitostí. Schopnost jednotlivce využívat digitální technologie k učení, vzdělávání a zdokonalování svých dovedností je jednou z důležitých složek digitální gramotnosti a je nezbytná pro schopnost celoživotního učení jedince. Integrace digitálních technologií do výukových aktivit a školního života a propojení formální výuky s neformálními vzdělávacími aktivitami žáků je proto další nezbytnou součástí rozvoje digitální gramotnosti žáků. Úkolem učitelů není jen vzdělávání a odborná příprava, ale také příprava žáků na budoucí povolání. Právě do přípravy na budoucí povolání patří i robotika. Robotika je obor, který zahrnuje řadu očekávaných výstupů Rámcového vzdělávacího programu, z něhož se formují školní vzdělávací programy platné pro základní i střední školy. Nejdůležitějšími pojmy ve vzdělávání jsou: počítačové myšlení, digitální gramotnost, algoritmizace, robotika, programování. Všechny tyto dovednosti jsou potřebné nejen v informatice, ale i v dalších oborech a předmětech. Ke zvýšení kompetencí učitelů v oblasti edukační robotiky jsou doškolovací kurzy, semináře či webináře nezbytné.

Klíčová slova: vzdělávací technologie, vzdělávání učitelů, celoživotní vzdělávání, kvalita vzdělávání, digitální technologie.

CONTINUING TRAINING COURSES TO INCREASE TEACHERS' COMPETENCES IN THE FIELD OF EDUCATIONAL ROBOTICS

Abstract: Digital technologies bring a number of new opportunities to education. An individual's ability to use digital technologies to learn, education and improvement their skills is one of the important components of digital literacy and is essential for an individual's lifelong learning ability. The integration of digital technologies into teaching activities and school life and the connection of formal teaching to non-formal educational activities of pupils is therefore another necessary part of the development of pupils' digital literacy.

The task of teachers is not only education and training, but also the preparation of students for future occupations. It is the preparation for the future profession that includes robotics. Robotics is a field that includes a number of expected outputs of the Framework Educational Program, from which School Educational Programs valid for primary schools as well as secondary schools are formed. The most important concepts in education are: computer thinking, digital literacy, algorithmization, robotics, programming. All these skills are needed not only in computer science, but also in other fields and subjects. To increase teachers' competences in the field of educational robotics, refresher courses, seminars, or webinars are necessary.

Keywords: educational technology, teacher education, lifelong learning, quality of education, digital technologies.

1 Úvod

Programovatelné hračky a stavebnice, konstrukce robotů a jejich programování jsou v dnešní době jednou z cest, jak začít u dětí budovat vztah k technice a robotice už v mateřské škole, a jak pokračovat edukační robotikou na základní škole (Stoffová a kol., 2022). Robotická stavebnice umožňuje STEAM výuku v praxi. Robotika je jedním z nástrojů pro rozvoj klíčových kompetencí 21. století. Úkolem pedagogů není jen výchova a vzdělávání, ale i příprava žáků na budoucnost a jejich budoucí povolání (Stoffová – Zboran, 2023). Robotika podporuje rozvoj informatického, logického, algoritmičského a programátorského myšlení, čtenářskou, matematickou a digitální gramotnost, kreativitu, pracovitost, manuální zručnost, trpělivost a pozitivní vztah k sebevzdělávání. A naučí se při tom dodržovat pravidla bezpečnosti práce (Feszterová a kol. 2025; Feszterová, 2025). Umožňuje se rozhodovat, reagovat na změny, pracovat v týmu, prezentovat a obhajovat vlastní myšlenky a řešení. Nedílnou součástí je nejen uplatnění kreativity při řešení problémů, ale i přijetí zodpovědnosti za následky vlastního rozhodování. Všechny tyto kompetence jsou důležité k uplatnění na trhu práce. V současné době v České republice probíhají změny kurikula ve vzdělávání. K tomu je třeba přizpůsobit i přípravu učitelů, tedy učitelské studijní programy a celoživotní vzdělávání učitelů. Je nutné učitele připravit tak, aby byli schopni a měli přirozenou potřebu neustále se rozvíjet a inovovat svoje poznatky a dovednosti (Stoffová, 2016).

V současné době je realizována „Strategie digitálního vzdělávání“, která je nazývána i digitální gramotností. Jedná se o dlouhodobý strategický plán Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT) České republiky s

názvem „Strategie vzdělávací politiky České republiky do roku 2030+“, jehož dva hlavní strategické cíle jsou:

- více zaměřit vzdělávání na získávání kompetencí potřebných pro aktivní občanský, profesní a osobní život,
- snížit nerovnosti v přístupu ke kvalitnímu vzdělávání a umožnit maximální rozvoj potenciálu dětí, žáků a studentů.

S tímto přichází i změna stávajících Rámcových vzdělávacích programů pro základní vzdělávání i Standard učitele ve všech oblastech vzdělávání v České republice. Tato změna se týká i výuky informatiky na základních školách (Stoffová, 2016).

Úkolem pedagogů je nejen výchova a vzdělávání, ale i příprava žáků na budoucí povolání a na život v informačním (digitálním) prostředí. Právě výběr budoucího povolání může významně ovlivnit vzdělávací robotika. Správnost trendu zařadit robotiku do výuky informatiky se jednoznačně potvrdil. A to jak v denní, tak v distanční formě (Hyksová a kol., 2022; Stoffová a kol., 2021; Zboran a kol., 2023). V České republice i ve světě se stává již standardem. Není to již pouze zpestření výuky, ale základ pro rozvoj kompetencí potřebných pro budoucí uplatnění a pro život v informační společnosti založené na poznatcích. I učení může být spontánní a může poskytnout příjemný zážitek. Proč zážitek? Zážitek změni běžnou výuku: nejenže podpoří skutečné zapamatování, ale spojí znalosti a dovednosti s pozitivní emocí a pomůže naučené uvést do praxe. Vzdělávání formou hry je jedna z nejlepších metod, jak aktivně zapojit děti do učení, aniž by o tom měly ony samy tušení.

2 Edukační robotika jako součást proměny vzdělávání

Vzdělávání v posledních letech prochází výraznou proměnou, kterou pohání nejen technologický vývoj, ale i změna očekávání společnosti vůči škole. Důraz se posouvá od pouhé reprodukce znalostí k rozvoji kompetencí – schopnosti řešit problémy, spolupracovat, tvořit, kriticky přemýšlet a využívat digitální nástroje smysluplným způsobem. Edukační robotika se do tohoto trendu přirozeně zapisuje: propojuje svět technologií s aktivním učením a přináší do tříd prvky experimentování, projektové práce a badatelských přístupů (Stoffová a kol., 2024).

Robotika ve škole však není jen „moderní hračka“. Pokud je dobře metodicky uchopena, stává se didaktickým prostředkem pro rozvoj inženýrského myšlení, algoritmizace a základů programování, ale také pro posilování matematické gramotnosti, fyzikálního uvažování, jazykových dovedností (popis postupu, argumentace), sociálních kompetencí (týmová práce, role v týmu) a podnikavosti (nápad → prototyp → testování → vylepšení).

V neposlední řadě robotika podporuje motivaci žáků, zejména těch, kteří se hůře zapojují do tradiční frontální výuky. Tím se stává i nástrojem inkluze – umožňuje „vstoupit“ do učiva jiným kanálem a přináší více příležitostí pro úspěch (Czakóová – Udvaros, 2021).

Aby však robotika naplnila svůj potenciál, je klíčové, kdo a jak s ní pracuje. Učitel, který má k dispozici stavebnici a aplikaci, ale postrádá metodické vedení, může sklouznout k pouhému „hraní“ bez jasného vzdělávacího cíle. Naopak pedagog, který rozumí didaktice robotiky, dokáže i s jednoduchým robotem vytvořit strukturovanou výukovou situaci: od motivace, přes problémovou úlohu, iterace řešení, reflexi a přenos poznatků do jiné situace. Proto nabývají na významu doškolovací kurzy, které učitelům pomáhají rozšířit kompetence a získat jistotu.

3 Nezbytnost doškolovacích kurzů

Přípravné a doškolovací kurzy jsou nezbytné pro přípravu učitelů především v edukační robotice, neboť dochází k velmi rychlému rozvoji digitálních technologií a platforem, což se projevuje i změnou v Rámcových a vzdělávacích programech.

3.1 Rychlý vývoj technologií a platforem

V oblasti edukační robotiky se tempo inovací stále zvyšuje. Na trhu se objevují nové stavebnice, senzory, mikrokontroléry i softwarová prostředí, často doplněná o prvky umělé inteligence, rozšířené reality či vzdáleného ovládání. Učitel, který absolvoval školení před několika lety, může dnes pracovat s úplně jiným systémem. Doškolování tak není jednorázovou událostí, ale kontinuálním procesem, který umožňuje pedagogům držet krok a vybírat nástroje podle didaktických cílů, nikoli pouze podle marketingové atraktivity.

3.2 Změny v kurikulu a požadavky na digitální kompetence

Rostoucí důraz na informatiku, algoritmizaci a digitální gramotnost vytváří tlak na školy i jednotlivé učitele. Robotika je jednou z cest, jak tyto oblasti uchopit konkrétně a zážitkově, ale vyžaduje určitou míru technologické a metodické gramotnosti. Doškolovací kurzy pomáhají učitelům pochopit, jak robotiku začlenit do ŠVP, jak stanovovat měřitelné výstupy a jak navázat na očekávané kompetence žáků.

3.3 Pedagogická jistota a práce s chybou

Robotika přirozeně vede k situacím, kdy věci „nefungují“. Program se nechová očekávaně, senzor špatně měří, konstrukce se rozpadne, robot nejede rovně. Právě v těchto chvílích se rodí učení. Pedagog by měl být

schopen vést žáky k diagnostice problému, kladení otázek, testování hypotéz a opětovnému zlepšování. Učitel, který se sám bojí selhání nebo nemá zkušenost s procesem odstraňování chyb (debuggingem), často situaci zjednoduší tak, aby se problémům vyhnul. Dobré doškolení naopak posiluje schopnost pracovat s chybou jako s přirozenou součástí procesu.

3.4 Mezipředmětové vztahy a nové didaktické role

Robotika otevírá prostor pro integraci předmětů: matematika (měření, úhly, souřadnice), fyzika (pohyb, tření, energie), přírodopis (modelování chování, ekosystémy), výtvarná výchova (design prototypu), český jazyk (prezentace projektu), občanská výchova (etika technologií). Učitel se zde často posouvá do role průvodce, facilitátora, kouče a organizátora týmové práce. Doškolovací kurzy pomáhají tuto roli osvojit, ukazují struktury projektové výuky, práci s reflexí a hodnocením procesních dovedností.

4 Kompetence, které by měl učitel v edukační robotice rozvíjet

Kvalitní kurz by neměl stát jen na „ovládání robotů“. Zvyšování kompetencí je širší a zahrnuje minimálně pět oblastí:

1. Technické kompetence
 - orientace v robotických platformách (robot, stavebnice, mikrokontrolér, senzory),
 - základní diagnostika: baterie, firmware, kalibrace, konektivita,
 - práce se softwarem (blokové programování, případně přechod k textovým jazykům).
2. Didaktické kompetence
 - stanovení výukového cíle a propojení s kurikulem,
 - volba vhodné metody: problémová úloha, projekt, badatelská aktivita, gamifikace,
 - řízení učební činnosti: zadání, role v týmu, časový plán, bezpečnost.
3. Kompetence pro hodnocení a reflexi
 - hodnocení nejen výsledku (robot jede), ale i procesu (spolupráce, strategie, iterace),
 - kritéria úspěchu, rubriky, sebehodnocení, vrstevnická zpětná vazba,
 - dokumentace práce (deník projektu, fotodokumentace, krátká videa, protokol).
4. Inkluzivní kompetence a diferenciaci
 - práce s heterogenní třídou, rozdělení rolí (programátor, konstruktér, tester, zapisovatel),

- úpravy pro žáky se SVP (zjednodušená zadání, více podpory, asistivní prvky),
 - rozšiřující výzvy pro nadané (optimalizace, nové senzory, komplexnější algoritmy).
5. Digitální a etické kompetence
- bezpečná práce s online nástroji, ochrana dat,
 - diskuse o dopadech technologií, etice AI, odpovědnosti za digitální produkty,
 - kultura otevřeného sdílení (licence, citování zdrojů, komunitní projekty).

5 Typy doškolovacích kurzů a jejich charakteristiky

Doškolovací programy lze rozdělit podle zaměření, délky i cílové skupiny. V praxi se nejčastěji setkáme s úvodními, navazujícími či specializačními kurzy.

5.1 Úvodní kurzy: „Od nuly k první aktivitě“

Cílem je snížit bariéru vstupu. Učitelé se seznámí s konkrétní platformou (např. Bee-Bot, Ozobot, VEX 123, VEX GO, LEGO® SPIKE, micro:bit) a odnesou si základní sadu aktivit, které mohou následující den použít ve třídě. Důležitou součástí je orientace v prostředí, práce s aplikací, údržba pomůcek a organizace výuky (kolik robotů na třídu, jak tvořit skupiny, jak nastavit pravidla).

Výhodou těchto kurzů je rychlý efekt, vysoká motivace a snížení strachu. Tyto kurzy s sebou nesou i rizika, kdy bez navazující metodiky může učitel zůstat u povrchných aktivit.

5.2 Navazující metodické kurzy: „Jak učit robotiku“

Zde se těžiště přesouvá od technologie k didaktice. Učitelé se učí tvořit úlohy podle cílů, integrovat robotiku do předmětů, pracovat s gradovanými úrovněmi obtížnosti a připravovat hodnocení. Kurzy často zahrnují mikro-výstupy: účastník vytvoří vlastní přípravu na hodinu, otestuje ji v modelové situaci a získá zpětnou vazbu. Výhodou těchto kurzů je hlubší dopad na kvalitu výuky. Nevýhodou je, že vyžaduje více času a často i podporu školy.

5.3 Specializační kurzy: senzory, konstrukce, 3D tisk, AI

Pro pokročilejší učitele a koordinátory ICT jsou vhodné specializace: práce se senzory (ultrazvuk, gyroskop, barva, světlo), návrh konstrukcí, prototypování, 3D tisk součástí, integrace dat a vizualizace, případně úvod do AI ve vzdělávání (např. rozpoznávání obrazů, jednoduché modely

strojového učení v edukativních nástrojích). Výhodou je posun školy na vyšší úroveň, možnost kroužků a soutěží.

Bez zázemí a vybavení škol mohou poznatky zůstat nevyužité, což představuje značné riziko.

5.4 Mentoring, lesson study a komunitní učení

Velmi účinnou formou jsou programy, kde lektor nebo zkušený učitel dochází do školy, společně s týmem plánuje hodiny, sleduje výuku a poskytuje zpětnou vazbu. Jde o cestu, která respektuje kontext konkrétní školy. Sem patří i profesní komunity, sdílení příprav, vzájemné hospitace či „otevřené hodiny“. Jedná se o nejvyšší transfer do praxe a řešení reálných problémů. Tyto programy jsou organizačně náročnější.

5.5 Online a hybridní kurzy

Umožňují flexibilitu a širší dostupnost, zejména pro menší školy nebo odlehle regiony. Kvalitní online kurz však musí nabídnout více než video návody – například živé konzultace, komunitní fórum, možnost sdílení výstupů a metodické zpětné vazby. Hybridní model (online teorie + prezenční dílna) bývá optimální (Stoffová a kol., 2021; 2024).

6 Praktický kurz a jeho výsledky

Jako pedagogický experiment jsme využili námi připravené a navržené prezenční kurzy k oblasti algoritmizace a programování s využitím programovatelných hraček a robotických stavebnic pro učitele 1. a 2. stupně základních škol. Tyto prezenční kurzy probíhaly prezenčně na Střední technicko-ekonomické škole v Chotěboři s maximálním počtem 12 účastníků v jednom kurzu. Kurzu se zúčastnilo 141 učitelů, kteří vyučují informatiku pouze na 1. stupni ZŠ, pouze na 2. stupni ZŠ a na obou stupních ZŠ.

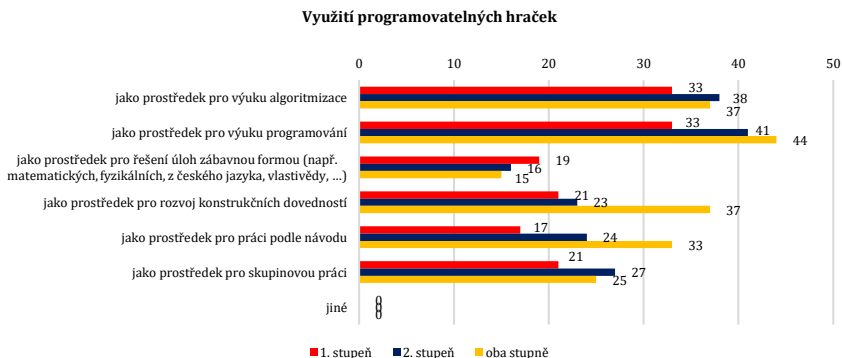
Časová dotace celého kurzu byla 12 vyučovacích hodin, tj. 540 minut. Každý kurz byl rozdělen do dvou bloků, přičemž časové trvání jednoho bloku bylo 6 vyučovacích hodin. Mezi bloky byl týdenní časový odstup. První blok byl zaměřen na práci s programovatelnými hračkami Ozobot BIT, Blue-Bot a VEX 123. Ve druhém bloku jsme využívali ke stavbě a programování robotů robotické stavebnice VEX GO a VEX IQ.

Ke zjištění postojů a názorů učitelů k práci s programovatelnými hračkami a robotickými stavebnicemi na začátku (v úvodu prvního bloku kurzu před zahájením praktické činnosti) a na konci experimentu (4 týdny po ukončení kurzu) jsme využili dotazník. V průběhu kurzu jsme vedli rozhovory s účastníky, abychom se dozvěděli, čeho se obávají, co je ovlivňuje, jaké mají

zkušenosti, znalosti, dovednosti, v čem se zlepšili a hlavně, jak se změnili jejich postoje.

Průzkum byl realizován prostřednictvím pozorování a dotazníku, který vyplnili respondenti, kteří se zúčastnili našich prezenčních kurzů.

Všichni respondenti využívají programovatelné hračky a robotické stavebnice ve výuce napříč oběma stupni a všemi ročníky. Dále jsme se dotazovali, jakým způsobem je využívají, na počet žáků při práci s jednou pomůckou a zda považují tyto skupiny s daným počtem žáků za efektivní. Ve svých odpovědích uváděli způsoby využití programovatelných hraček a robotických stavebnic ve výuce. Způsoby využití programovatelných hraček uvádíme na obrázku 1. Výsledky využití robotických stavebnic jsou obdobné.



Obrázek 1: Využití programovatelných hraček

Respondenti si vyzkoušeli práci s různými programovatelnými hračkami a robotickými stavebnicemi v kurzech. Při práci využívali různé typy aktivit. Na základě této činnosti jsme zjišťovali jejich postoje pomocí sémantického diferenciálu.

6.1 Sémantický diferenciál

Cílem výzkumu bylo zjišťování postojů a názorů učitelů k jejich práci s programovatelnými hračkami a robotickými stavebnicemi formou dotazníku (Chraska, 2016).

Učitelé vyjadřovali svůj postoj k následujícím deseti pojmům: informatika, práce s programovatelnou hračkou, programování programovatelné hračky, samostatná práce s programovatelnou hračkou, práce v týmu s programovatelnou hračkou, práce s robotickou stavebnicí, stavba robotů

podle návodu, stavba robotů podle vlastní fantazie, samostatná práce s robotickou stavebnicí, práce v týmu s robotickou stavebnicí.

Použili jsme 13 protichůdných adjektiv ze všech možných dimenzí a uspořádali je do dvojic. Pro náš výzkum jsme zvolili sedmibodovou škálu Likertovy stupnice a každý pojem byl posuzován z hlediska dvou faktorů – faktoru hodnocení a energie. Abychom snížili nebezpečí stereotypního posuzování na škálách, zařadili jsme některé škály (adjektiva) jako reverzní.

Změřením individuálního chápání pojmů pomocí sémantického diferenciálu jsme zachytili individuální postoje učitelů k vybraným pojmům. Tento dotazník, v němž byly zjišťovány postoje k daným pojmům, jsme využili na začátku experimentu (před započtím kurzu) a na konci experimentu, tj. s měsíčním odstupem od vyplnění předchozího dotazníku po skončení kurzu. Na základě srovnání dat z obou dotazníků jsme zjišťovali, zda kurz ovlivnil postoje a názory účastníků, co je ovlivnilo, v čem se zlepšili.

Vyhodnocení postojů a názorů jsme rozdělili podle odpovědí učitelů, kteří vyučují informatiku pouze na 1. stupni základních škol (1. stupeň), pouze na 2. stupni (2. stupeň) a zároveň na obou stupních (oba stupně) základních škol. Doplnili jsme je celkovým vyhodnocením odpovědí všech respondentů.

Všechny výsledky výzkumu jsme pro větší přehlednost uspořádali do tabulek a znázornili graficky.

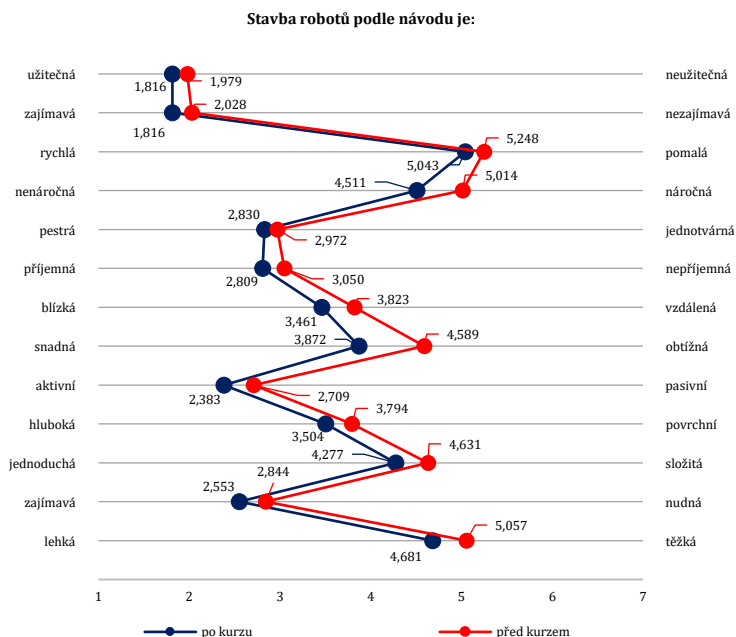
6.2 Výsledky výzkumu

Vzhledem k omezenému rozsahu článku vybíráme pouze vyhodnocení odpovědí na hodnocení pojmu: stavba robotů podle návodu.

Na kurzu účastníci konstruovali jednodušší modely robotů i ty složitější. Vzhledem k jejich malým zkušenostem s robotickými stavebnicemi hodnotili adjektiva vyšším stupněm. Na základě rozhovorů s nimi praktický kurz přispěl k jejich pozitivnějšímu hodnocení této práce a získaným zkušenostem.

Práce s robotickou stavebnicí, kromě ovládání a programování robotů, zahrnuje též konstrukční činnosti. Roboty můžeme stavět pomocí předem připravených návodů či podle vlastní fantazie.

Nejvýraznější posun (obrázek 2) ve stavbě robotů podle návodu je zřejmý v adjektivu nenáročná – náročná (před kurzem 5,014; po kurzu 4,511) a především v adjektivu snadná – obtížná (před kurzem 4,589; po kurzu – 3,872). Učitelé v tomto případě potřebovali ukázat, kde konstrukční plány mohou najít a jak s nimi mohou pracovat. Zjistili, že práce s konstrukčními návody robotů VEX GO i VEX IQ je jednoduchá.



Obrázek 2: Porovnání adjektiv stavby robota podle návodu před a po ukončení kurzu – všichni respondenti

7 Závěr

Z výsledků dotazníků zaměřených na zjišťování postojů učitelů k práci s programovatelnými pomůckami a robotickými stavebnicemi vyplývá, že k nim mají učitelé pozitivní vztah. Ve svých odpovědích naznačili, že je pro ně práce s těmito pomůckami zajímavá, zábavná, atraktivní a procvičovali si i jemnou motoriku. Praktický kurz připravený pro učitele ovlivnil jejich postoje a názory a byl pro ně přínosný. Hodnotili jej kladně, připomínky k obsahu kurzu žádný neměli. Připojovali poděkování za praktické ukázky a činnost, kterou mohou využít ve svých hodinách při práci se žáky.

Doškolovací kurzy zaměřené na edukační robotiku představují účinnou investici do kvality vzdělávání i profesního růstu učitelů. Pomáhají pedagogům získat technickou jistotu, ale především rozvíjejí didaktické dovednosti, které rozhodují o tom, zda robotika bude ve třídě pouhou atrakcí, nebo smysluplným nástrojem učení. Kvalitní kurzy vedou učitele k

promyšlenému plánování aktivit, k práci s chybou, k hodnocení procesu i produktu a k integraci robotiky napříč předměty.

Z dlouhodobého hlediska přináší doškolování nejen modernizaci výuky, ale i posílení kultury spolupráce ve sborovně, větší motivaci žáků a lepší připravenost školy na výzvy digitální doby. Pokud má robotika ve škole skutečně „žít“, potřebuje učitele, kteří se nebojí experimentovat – a kteří zároveň vědí, proč danou aktivitu dělají a jaké učení má přinést. Doškolovací kurzy jsou v tomto ohledu klíčovým krokem.

Poděkování

Práce vznikla s podporou projektu KEGA 014TTU 4/2024: „Inteligentné animačno-simulačné modely, nástroje a prostredia pre deep learning“.

Literatura

1. CZAKÓOVÁ, K. - UDVAROS, J. "Deep learning in informatics by applying activities of the dash robot", *ICERI 2021 Proceedings of the 14th annual International Conference of Education, Research and Innovation*, vol.1/2021, pp. 2573-2577, 2021.
2. FESZTEROVÁ, M. - GRECZEK-STACHURA, M. – KANIA, A. Foster young people's creativity and shape their competencies. In *R&E-Source: research and education*, Vol. 12 No. 1, 2025, pp. 90-101. DOI 10.53349/resource.2025.is1.a1382.
3. FESZTEROVÁ, M. Úloha BOZP v hygieny práce v primárnom vzdelávaní: potreby, poznatky a skúsenosti. In *Technika a vzdelávanie*, Roč. 14 Č. 1, 2025, s. 72-77. ISSN 1339-9888.
4. HYKSOVÁ, H. - STOFFOVÁ, V. - GABAĽOVÁ, V. Teaching robotics and online programming using a virtual robot. *INTED2022 Proceedings. 16th International Technology, Education and Development Conference 2022*, Valencia, Spain, (Web of Science), ISBN: 978-84-09-37758-9, ISSN: 2340-1079. DOI: 10.21125/inted.2022.1812
5. CHRÁSKA, M. Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu. 2. aktualizované vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5326-3.
6. STOFFOVÁ, V. Didaktika informatiky v príprave budúcich učiteľov informatiky a informačnej výchovy. In *Edukacja – Technika – Informatyka*. 2016, 230-242. DOI: 10.15584/eti.2016.1.33
7. STOFFOVÁ, V., ZBORAN, M., HYKSOVÁ, H. Application of Simulation Tools in Educational Robotics. Gómez Chova, L. López, A. Candel, I. *EDULEARN21 Proceedings*. Madrid: International Association of Technology, Education and

- Development (IATED), 2021, s. 9214-9221. ISBN 978-84-09-31267-2. ISSN 2340-1117.DOI 10.21125/edulearn.2021.185
8. STOFFOVÁ, V., ZBORAN, M., & GABAĽOVÁ, V. *Iconic and blocks programming for teaching programming basics for primary school pupils. In: ICERI2022 Proceedings. Ed. Chova, Luis Gómez; Martínez, Agustín López; Lees, Joanna, 1. vyd. – Valencia : IATED, 2022. – ISBN (online) 978-84-09-45476-1. – ISSN (online) 2340-1095, s. 6212-6221 [online]*
 9. STOFFOVÁ, V., GABAĽOVÁ, V., PINKASOVÁ, B. *The electronic textbook of programming a vex robot in a virtual environment. In: EDULEARN24 Proceedings. Chova, Luis Gómez, González Martínez, Chelo , Lees, Joanna, 1 vyd. – Palma (Španielsko) : IATED, 2024. ISSN 2340-1117). – ISBN (online) 978-84-09-62938-1, s. 2397-2407 [online] [CD-ROM]*
 10. STOFFOVÁ, V., ZBORAN, M. Educational Robotics in Teaching Programming in Primary School. In: Singh, Y., Singh, P.K., Kolekar, M.H., Kar, A.K., Gonçalves, P.J.S. (eds) Proceedings of International Conference on Recent Innovations in Computing. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1001. 2023, Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9876-8_51
 11. ZBORAN, M., STOFFOVÁ, V., MIKOVÁ, K. Robotické stavebnice v dištančnom vzdelávaní na základnej škole. *Trends in education*, 2022, 15(1), 37-42. doi: 10.5507/tvv.2023.002

Contact address

Mgr.Hana Hyksová, Ph.D., MBA
Střední škola technicko-ekonomická Chotěboř
Na Valech 690, 583 01 Chotěboř
e-mail: hanahy@seznam.cz

ANALYTICKÉ METÓDY PRI CHARAKTERIZÁCIÍ POVRCHOVÝCH VÔD VO VZDELÁVANÍ

Ján ŠORMAN, Michaela ANTALOVÁ, SK, Agnieszka KANIA, PL

Abstrakt: Štúdia sa zaoberá problematikou implementácie metód analytickej chémie do vyučovacieho procesu so zameraním na hodnotenie kvality povrchových vôd. V kontexte súčasných environmentálnych problémov predstavuje analýza vody ideálnu možnosť pre rozvoj prírodovednej gramotnosti a praktických zručností študentov v rámci univerzitného vzdelávania. Štúdia analyzuje didaktický potenciál vybraných metód pri stanovovaní fyzikálno-chemických parametrov povrchových vzoriek vôd. Z hľadiska didaktiky chémie zdôrazňujeme prechod od teoretických vedomostí k bádateľsky orientovanému vyučovaniu. Využitie reálnych vzoriek z lokálnych vodných útvarov zvyšuje motiváciu študentov a umožňuje im pochopiť vzťah medzi antropogénnou činnosťou a chemickým zložením hydrosféry. Výsledkom je návrh inovovaných analýz, ktoré zlúčia moderné inštrumentálne spôsoby analýz s klasickými odmernými metódami, čím sa posilní interdisciplinárny charakter výučby a environmentálne povedomie študentov.

Kľúčové slová: analytická chémia, povrchové vody, didaktika chémie, bádateľsky orientované vyučovanie, environmentálne vzdelávanie

ANALYTICAL METHODS IN SURFACE WATER CHARACTERISATION IN EDUCATION

Abstract: The study examines the implementation of analytical chemistry methods in the teaching process, with a focus on assessing the quality of surface waters. In the context of current environmental problems, water analysis offers an ideal opportunity for students to develop scientific literacy and practical skills within the framework of university education. The study analyses the didactic potential of selected methods in determining the physicochemical parameters of surface water samples. From the point of view of chemistry didactics, we emphasise the transition from theoretical knowledge to research-

oriented education. Using real samples from local water bodies increases student's motivation and helps them understand the relationship between anthropogenic activity and the chemical composition of the hydrosphere. The result is a proposal for innovative analyses that combine modern instrumental methods with classical volumetric methods, thereby strengthening the interdisciplinary nature of teaching and students' environmental awareness.

Keywords: analytical chemistry, surface waters, chemistry didactics, in-inquiry-based science education, environmental education.

1 Úvod

Odklon od pasívneho prijímania informácií smerom k aktívnemu poznávaniu reality je súčasným trendom v prírodovednom vzdelávaní (Feszterová et al., 2025). Bádateľsky orientované vyučovanie (BOV) predstavuje dynamický pedagogický prístup. Počas neho sa študent stáva centrom edukačného procesu. Tento vzdelávací proces ovplyvňuje študenta tak, že si osvojuje vedecké kompetencie prostredníctvom riešenia autentických problémov. V kontexte environmentálnej chémie a monitoringu zložiek životného prostredia sa ako ideálny objekt bádania javí povrchová voda, ktorá je citlivým indikátorom zmien v krajine a antropogénnej činnosti.

Prepojenie BOV s analytickými metódami pri charakterizácii vôd ponúka unikátnu platformu pre rozvoj kritického myslenia a praktických zručností. Fyzikálne metódy (teplota, pevné látky, elektrická konduktivita) a chemické metódy (odmerné metódy, spektrofotometria), už viac nie sú len abstraktnými pojmi z učebníc. V rukách študenta – bádateľa sa stávajú kľúčovými nástrojmi na vyriešenie informácií ukrytých v chemickom zložení vodných tokov.

Integrácia týchto metód do vzdelávania umožňuje študentom prejsť celým cyklom vedeckej práce: od formulácie hypotéz o kvalite vody v ich regióne, cez precíznu laboratórnu prácu, až po interpretáciu získaných dát v širších ekologických súvislostiach (Feszterová et al., 2024). Tento prístup nielen zvyšuje motiváciu k štúdiu exaktných vied, ale zároveň formuje environmentálne povedomie a zodpovednosť budúcich generácií voči vodným zdrojom.

Cieľom príspevku je preto poukázať na prepojenie medzi analytickou chémiou a bádateľskými aktivitami, ktoré transformujú tradičné

laboratórne cvičenia na zmysluplný vedecký prieskum. Súčasne prezentovať možnosti implementácie bádateľsky orientovaného vyučovania (BOV) prostredníctvom aplikácie vybraných analytických metód pri hodnotení kvality povrchových vôd. Tento hlavný cieľ charakterizuje súbor analytických metód (fyzikálnych a chemických) vhodných pre edukačný proces s ohľadom na ich technickú náročnosť, bezpečnosť a výpovednú hodnotu v rámci školského bádania. Následne analyzuje potenciál prepojenia teoretických vedomostí z analytickej chémie s praktickými environmentálnymi problémami, čím sa zvyšuje kognitívna angažovanosť a environmentálna gramotnosť študentov. Zámerom je tiež poskytnúť odporúčania pre pedagógov pri zavádzaní bádateľských aktivít zameraných na monitoring vôd.

2 Materiál a metodika práce

Analyzované vzorky povrchovej vody z vybraných vodných útvarov (*potok Ťakov* a *Banské prepadisko Ťakov*) boli odobrané v okolí mesta Nováky. Mesto Nováky, je mesto ležiace v Trenčianskom kraji, v okrese Prievidza, v regióne Horná Nitra, v strede Hornonitrianskej kotliny. Nachádza sa medzi horskými masívmi Vtáčnika (1346 m) a Rokoša (1010 m). Leží v údolí rieky Nitry, ktorá preberá ľavostranné prítoky (Lehotský potok, Novácky potok).

Mesto Nováky, časť Laskár je už zaniknutá obec v Trenčianskom kraji, v okrese Prievidza, v regióne Horná Nitra medzi obcou Koš a mestom Nováky. Cez obec preteká rieka Nitra (aj staré koryto) a jej ľavostranný prítok (*potok Ťakov*), v blízkosti sa nachádza aj Banské prepadisko Ťakov (www.novaky.sk, 2025).



Obrázok 1: Mapa sledovaného územia s naznačenými miestami odberu
(Zdroj: www.google.com, 2025, úprava J. Šorman)

Obec *Lehota pod Vtáčnikom* sa nachádza v Trenčianskom kraji, v okrese Prievidza a v regióne Horná Nitra, na západnom úpätí pohoria Vtáčnik medzi mestami Nováky a Prievidza. Cez obec pretekajú viacerá vodné toky ako Lehotský potok a jeho prítoky ako napr. *potok Ťakov* (www.lehotapodvtacnikom.sk, 2025). (Obrázok 1)

2.1 Odberové miesta a úprava vzoriek vody

Odberové miesta z dvoch vodných útvarov (potok Ťakov a Banské prepadlisko Ťakov) zo šiestich odberových miest boli v okolí mesta Nováky (Trenčiansky kraj). Bol vypracovaný plán monitorovania, ktorého súčasťou boli: frekvencie odberov (sezónne), spôsob prepravy a uchovávanía vzoriek, štandardizované metódy odberu (normované postupy pre konkrétne parametre), typy analýz (fyzikálno-chemické). Na odber vzoriek povrchovej vody sme použili sklenené vzorkovnice (STN EN ISO 5667-1).

Potok Ťakov (Tabuľka 1) je klasifikovaný ako vodný tok IV. rádu. Jeho prameň je pri Bani Nováky, vchádza do Banského priepadliska Ťakov, z ktorého vyteká a ústí do rieky Nitra. Jeho dĺžka dosahuje 2,5 – 3,0 km (3,5 – 4,0 km, odber od 3,0 km po koniec-staré rameno Nitry) (www.kamnaryby.sk, 2025). *Banské prepadlisko Ťakov* má rozlohu 19 – 21 ha. Je to vodná plocha odstavného (starého/mŕtveho) ramena rieky Nitra (Tabuľka 1). Je situovaná v mieste ústia potoka Ťakov, pri Opatovciach nad Nitrou, konkrétne v časti mesta Nováky – Laskár. Vznikol prepadnutím zeme v dôsledku banskej činnosti (www.rybarskyrevir.sk, 2025).

Tabuľka1: Miesta odberu vzoriek povrchových vôd

Vzorky	GPS	Lokalita	Názov vodného toku
1	S 48°44'04'' V 18°33'37''	Nováky, časť Laskár	potok Ťakov
2	S 48°44'48'' V 18°33'22''	Nováky, časť Laskár	Banské prepadlisko Ťakov (po ústí potoka Ťakov)

Poznámky: 1= potok Ťakov, 2= Banské prepadlisko Ťakov

2.2 Použité analytické metódy

Metódy, ktoré boli použité pri analýzach vo vzorkách povrchovej vody sú zamerané na fyzikálne a chemické parametre dvoch vybraných vodných útvarov (Tabuľka 2). Na každom vodnom útvare boli 3 odberové miesta. Každé odberové miesto bolo monitorované počas

štyroch ročných obdobií (jar, leto, jeseň, zima) v rokoch 2024-2025. Všetky vzorky vody sme analyzovali na Fakulte prírodných vied a informatiky Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre v laboratóriách Katedry chémie.

Tabuľka 2: Normy a **postupy** pre analyzovanie fyzikálnych a chemických parametrov

	Parametre	Postupy (normy)
Fyzikálne	Teplota	STN 75 7375: 2007
	Celkové pevné rozpustené látky	Stanovenie TDS-metrom
	Elektrická konduktivita	STN EN 27 888, 1998
Chemické	pH	STN EN ISO 10523: 2010 (75 7371)
	Alkalita	Stanovenie KNK (Horáková, Lischke, Grünwald, 1986)
	Chloridy	Stanovenie podľa Mohra STN ISO 9297: 2000 (75 7464)
	Dusík (dusičnanový)	Spektrofotometrické stanovenie: STN ISO 7890-3:2000 (757455)
	Chemická spotreba kyslíka (CHSK)	STN 83 0520

3. Výsledky a diskusia

V sledovaných 4 ročných obdobiach 2024 – 2025 (leto a jeseň 2024, zima a jar 2025) sme vykonali sezónne (jednorazové) odbery povrchových vôd z dvoch vodných útvaroch a spolu na 6 odberových miestach v k.ú. Hornej Nitry. Odbery sme realizovali na potoku Ťakov prítoku do rieky Nitra 3 odbery v každom ročnom období (spolu 12 odberov). Analyzovali sme aj vzorky vody z vodnej plochy Banské prepadisko Ťakov (3 odbery v každom ročnom období, spolu 12 odberov).

Každá odobratá vzorka vody bola následne podrobená kvantitatívnej analýze, pričom cieľom bolo získať presné údaje o fyzikálnom a chemickom zložení povrchových vôd. Pri analýzach sme použili nami zvolené analytické metódy, ktoré nám umožnili vyhodnotiť plánované parametre. Tieto hodnoty zahŕňali chemické a fyzikálne parametre. Na základe výsledkov analýz sme následne porovnali kvalitu po-vrchových vôd s normami stanovenými v slovenskej technickej norme (STN 75 7221, 1999). Cieľom analýzy bolo identifikovať základné trendy, sezónne zmeny a rozdiely medzi

jednotlivými vzorkami a tým prispieť k lepšiemu pochopeniu kvality povrchových vôd v sledovanej oblasti.

3.1. Hodnotenie fyzikálnych parametrov

Teplota vodného útvaru je kľúčový environmentálny faktor, ktorý ovplyvňuje mnohé fyzikálne, chemické a biologické procesy vo vodnom prostredí. Tabuľka 3 poskytuje prehľad o teplote vody z dvoch odberových útvarov (potok Ťakov a Banské prepadisko Ťakov) v priebehu dvoch rokov 2024 a 2025 z každého ročného obdobia.

Z tabuľky 13 je zrejmé, že teplota vody vykazuje očakávanú sezónnu variabilitu, s najvyššími hodnotami v lete a najnižšími v zime. Rozdiely v teplote sú pozorovateľné aj medzi jednotlivými vzorkami v rovnakom období, čo môže byť spôsobené rôznymi faktormi, ako je hĺbka vody, prietok, expozícia slnka, prítomnosť prítokov alebo výtokov a charakteristika okolia (napr. prítomnosť vegetácie, urbanizácia).

V súlade s výsledkami Di Nunno et. al. (2023) môžeme konštatovať, že sa nami získané hodnoty teploty v stojatých vodách zhodovali. Aj kolektív autorov Rahman et al. (2021), ktorí uvádzajú v štúdiu ako smerodajné údaje hodnoty teplôt vodných tokov sú podobné k nami nameraným údajom.

Na základe výsledkov analýz sme následne porovnali kvalitu povrchových vôd v tabuľke 3 so STN 75 7221 (1999). Táto norma nám poskytla možnosť zaradiť jednotlivé vzorky do príslušných tried kvality vody:

- potok Ťakov sme zaradili do I. trieda kvality vo všetkých sledovaných obdobiach,

- banské prepadisko Ťakov bolo zaradené do IV. trieda kvality (leto 2024), v ostatných obdobiach do I. trieda kvality.

Celkové pevné rozpustené látky (TDS: Total Dissolved Solids) predstavujú celkové množstvo rozpustených anorganických a organických látok vo vode, ako sú soli, minerály a iné chemické zlúčeniny. Tabuľka 3 poskytuje prehľad o koncentráciách celkových pevne rozpustených látok z 2 vodných telies. Koncentrácie TDS vykazujú značnú variabilitu medzi jednotlivými vzorkami, čo naznačuje, že sledované vody majú odlišne mineralizované zloženie.

Z tabuľky 3 je zrejmé, že *vodivosť* vykazuje značnú variabilitu medzi jednotlivými vzorkami, čo naznačuje, že sledované vody majú odlišne mineralizované zloženie. Analyzované vzorky vykazovali veľmi vysoké hodnoty pri porovnaní s limitnými hodnotami (STN75 7221:

1999). V rámci jednotlivých vzoriek sa vodivosť v priebehu roka menila, pričom miera tejto variability je pre každú vzorku odlišná, ako naznačujú hodnoty štandardnej odchýlky.

V štúdií autorov Saalidong et al. (2022), sú uvedené hodnoty pre elektrickú vodivosť v intervale od 39 – 821 $\mu\text{S}/\text{cm}$, čo súhlasí s nami nameranými výsledkami pre vodivosť. Namerané hodnoty boli nižšie ako uvádzajú autori Rahman et al. (2021). Dôvodom mohlo byť väčšie množstvo látok, teplota a pod.

Tabuľka 3: Hodnoty fyzikálnych parametrov vo vzorkách povrchových vôd (potok Ťakov a Banské prepadlisko Ťakov)

Vzorky	Teplota vody ($^{\circ}\text{C}$)				
	2024		2025		priemer
	(leto)	(jeseň)	(zima)	(jar)	
1	19,0 $\pm$ 0,59	10,0 $\pm$ 0,59	10,0 $\pm$ 0,59	8,0 $\pm$ 0,59	11,8 $\pm$ 5,34
2	25,0 $\pm$ 0,59	12,0 $\pm$ 0,59	7,5 $\pm$ 0,59	3,5 $\pm$ 0,59	12,0 $\pm$ 10,44
	Celkove pevne rozpustené látky (ppm=mg/l)				
1	65,00 $\pm$ 1,65	212,00 $\pm$ 5,38	171,00 $\pm$ 4,34	237,00 $\pm$ 6,02	171,25 $\pm$ 83,54
2	117,00 $\pm$ 2,09	177,00 $\pm$ 3,16	168,00 $\pm$ 2,99	197,00 $\pm$ 3,51	164,75 $\pm$ 38,86
	Vodivosť ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
1	862,33 $\pm$ 52,80	882,67 $\pm$ 54,05	860,00 $\pm$ 52,66	901,00 $\pm$ 55,17	876,50 $\pm$ 19,91
2	728,00 $\pm$ 47,60	748,67 $\pm$ 48,95	780,00 $\pm$ 50,99	798,00 $\pm$ 52,17	763,67 $\pm$ 33,99

Poznámky: 1= potok Ťakov, 2= Banské prepadlisko Ťakov

3.2. Hodnotenie chemických parametrov

Laboratórnymi stanoveniami chemických parametrov chceme poukázať na stav a kvalitu vodného toku a vodnej plochy nachádzajúcich sa v okolí mesta Nováky (Trenčianskom kraji). Zistené výsledky týchto parametrov sú v nasledovnej tabuľke 4.

Tabuľka 4 sumarizuje hodnoty *reakcie vody (pH)* z dvoch vodných útvarov (potok Ťakov a Banské prepadlisko Ťakov). Hodnota pH je dôležitý parameter kvality vody, ktorý ovplyvňuje chemické a biologické procesy vo vodnom prostredí. Z tabuľky 4 je zrejmé, že reakcia vody vo všetkých odberových miestach sa pohybovala v mierne zásaditom až takmer neutrálnom rozmedzí podľa triedy kvality. Priemerné hodnoty pH sú približne 7,90 v odobraných

vorkách vody z obidvoch vodných útvaroch. To naznačuje, že sledované vody nie sú výrazne kyslé ani zásadité.

Celková alkalita vykazuje relatívne menšiu variabilitu v porovnaní s inými parametrami kvality vody, a to ako medzi jednotlivými vzorkami, tak aj v rámci jednej vzorky v rôznych obdobiach roka. Hodnoty sa vo všeobecnosti pohybujú v pomerne úzkom rozmedzí, čo naznačuje určitú stabilitu pufračnej kapacity sledovaných vôd voči okysľovaniu. Priemerné hodnoty alkality pre jednotlivé vzorky sa pohybujú od $3,41 \pm 0,12$ mmol/l po $3,96 \pm 0,19$ mmol/l (Banské prepadlisko Ťakov). Tabuľka 4 sumarizuje merania celkovej alkality stanovené titračnou metódou po dosiahnutí pH=4,5 (KNK_{4,5}) z odberových miest.

Ak porovnáme nami dosiahnuté výsledky s výsledkami Aydina et al. (2021), tak sa väčšina nami nameraných hodnôt celkovej alkality zhodovala s ich výsledkami.

Koncentrácie chloridov vykazujú značnú variabilitu medzi jednotlivými vzorkami. Tabuľka 4 poskytuje prehľad o koncentráciách chloridov (Cl⁻). Väčšina vzoriek má relatívne nízke koncentrácie chloridov. V rámci jednotlivých vzoriek sa koncentrácie chloridov v priebehu roka menili. Rozdiely v priemerných koncentráciách medzi týmito vzorkami naznačujú mierne odlišné geologické podmienky alebo lokálne antropogénne vplyvy.

Chemická spotreba kyslíka manganometricky (CHSK_{Mn}) je indikátorom organického znečistenia vody (Šorman et al., 2025). Čím vyššia je hodnota CHSK, tým viac organických látok sa vo vode nachádza a tým viac kyslíka je potrebné na ich chemickú oxidáciu (Lisická et al., 2025). Tabuľka 4 zobrazuje výsledky meraní chemickej spotreby kyslíka z dvoch vodných útvarov (potok Ťakov a Banské prepadlisko Ťakov) v priebehu štyroch ročných období. Hodnoty CHSK_{Mn}, indikujúce obsah organických látok oxidovateľných chemickou cestou, sa medzi vzorkami líšili, ale vo všeobecnosti sa pohybovali v relatívne úzkom rozmedzí. Sezónna variabilita bola mierna, s výnimkou niektorých vzoriek.

Dusičnanový dusík je forma dusíka, ktorá je dôležitou živinou pre rastliny, ale jeho nadmerné koncentrácie môžu byť škodlivé. Z tabuľky 4 je zrejmé, že koncentrácie dusičnanového dusíka vykazujú značnú variabilitu medzi jednotlivými vzorkami, ako aj v rámci jednej vzorky v rôznych obdobiach roka. Ich nadmerné obsahy vode môžu viesť k environmentálnym problémom, ako je eutrofizácia. Priemerné koncentrácie pre jednotlivé vzorky sa pohybujú od $1,85 \pm 0,67$

mg/dm³ (vzorka 2) až po 4,25 ± 2,09 mg/dm³ (vzorka 1), ktoré zaraďujú vzorky do III. triedy kvality (Tabuľka 4). Táto variabilita naznačuje, že rôzne faktory, pravdepodobne spojené s lokálnymi zdrojmi dusíka a hydrologickými podmienkami v okolí Novák (Trenčianskom kraji), ovplyvňujú prítomnosť dusičnanov v sledovaných vodách. Tieto zmeny pravdepodobne súvisia s poľnohospodárskou činnosťou v okolí Novák, typom vodného zdroja a hydrologickými podmienkami.

Tabuľka 4: Hodnoty chemických parametrov vo vzorkách povrchových vôd (potok Ťakov a Banské prepadisko Ťakov)

pH hodnoty					
Vzorky	2024		2025		priemer
	(leto)	(jeseň)	(zima)	(jar)	
1	8,00±0,24	7,90±0,09	7,85±0,18	7,92±0,25	7,92±0,08
2	7,93±0,26	7,95±0,11	7,90±0,17	7,96±0,24	7,94±0,03
Alkalita celková (KNK _{4,5}) (mmol/l)					
1	3,30±0,06	3,42±0,02	3,54±0,21	3,37±0,14	3,41±0,12
2	3,64±0,12	3,93±0,09	4,21±0,13	4,04±0,11	3,96±0,19
Chloridy (mg/l)					
1	11,08±2,11	10,56±1,95	9,77±1,23	8,47±2,11	9,97±1,27
2	8,47±0,98	7,94±1,10	7,17±1,14	5,86±1,01	7,36±1,27
Chemická spotreba kyslíka manganometricky (CHSK _{Mn}) (mg O ₂ /l)					
1	4,85±1,09	5,22±1,95	4,48±1,12	4,02±1,06	4,64±0,58
2	8,69±1,20	8,54±2,04	4,84±1,19	7,32±2,01	7,35±1,87
Koncentrácia dusičnanového dusíka (mg/dm ³)					
1	6,29±0,07	5,74±0,01	1,97±0,15	3,00±0,15	4,25±2,09
2	1,14±0,03	2,52±0,04	1,96±0,14	1,77±0,14	1,85±0,67

Poznámky: 1= potok Ťakov, 2= Banské prepadisko Ťakov

Záver

Analytické metódy na stanovenie charakteristík povrchových vôd predstavujú neoddeliteľnú súčasť ochrany vodných zdrojov a prístupu k ich hospodáreniu. Analýza fyzikálnych a chemických

parametrov vody čiastočne umožňuje identifikovať zdroje znečistenia, posudzovať jeho mieru a následne prijímať opatrenia na minimalizáciu jeho negatívnych dôsledkov. V rámci práce boli preskúmané a opísané vybrané analytické metódy využívané na hodnotenie kvality vôd na zvolených odberových miestach počas štyroch ročných období v období rokov 2024–2025. Získané výsledky potvrdili očakávanú sezónnu variabilitu viacerých fyzikálnych a chemických parametrov. Z analýz vyplynulo, že kombinácia viacerých metód prináša komplexnejší obraz o kvalite povrchových vôd. Výber vhodných analytických metód je preto nevyhnutný pre presné a efektívne hodnotenie kvality vody.

Základom práce je spojenie moderného bádateľského vzdelávania s globálnou témou ochrany vôd. Pričom využitie fyzikálnych a chemických metód dáva vzdelaniu odborný základ. Z hľadiska budúcnosti je nutné si uvedomiť aký dopad má voľba bádateľského vzdelávania na lokálny význam (voda v regióne) a formovanie hodnôt študenta.

Podakovanie

Práca vznikla s podporou projektu KEGA 026UKF-4/2025 s názvom Environmentálna chémia pre budúcich učiteľov: inovácie vo vzdelávaní.

Literatúra

1. AYDIN, H.- USTAOĞLU, F. -TEPE, Y. - SOYLU, E. N., (2021). Assessment of water quality of streams in northeast Turkey by water quality index and multiple statistical methods. Online. *Environmental forensics*, Vol. 22, No.1-2, pp. 270-287. Available from: <https://doi.org/10.1080/15275922.2020.1836074> [viewed 2025-12-08].
2. DI NUNNO, F.-ZHU, S.-PTAK, M.-SOJKA, M.-GRANATA, F. A stacked machine learning model for multi-step ahead prediction of lake surface water temperature. Online. *Science of the Total Environment*, Vol. 890, 2023 164323. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164323> [viewed 2025-01-04].
3. FESZTEROVÁ, M. Úloha BOZP v hygieny práce v primárnom vzdelávaní: potreby, poznatky a skúsenosti. In *Technika a vzdelávanie*, Roč. 14 Č. 1, 2025, s. 72-77. ISSN 1339-9888.
4. FESZTEROVÁ, M. - GRECZEK-STACHURA, M. – KANIA, A. Foster young people's creativity and shape their competencies. In *R&E-Source*:

- research and education*, Vol. 12 No. 1, 2025, pp. 90-101. DOI 10.53349/resource.2025.is1.a1382.
5. FESZTEROVÁ, M. - JAKUBČINOVÁ, J. – ĎURÁKOVÁ, A. Analysis of risk elements in herbal tea samples. In *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. Vol. 15 No. 1, 2025, pp. 1-10. 2025. DOI 10.55251/jmbfs.11740.
 6. HORÁKOVÁ, M.-LISCHKE, P.-GRÜNWALD A. *Chemické a fyzikální metody analýzy vod*. Praha: STNL, 1986, 392 s.
 7. KAM NA RYBY, Rybársky informačný portál. (2025). Revír Lazný potok. 3-1890-4-1 Online. <https://www.kamnaryby.sk/revir/lazny-potok> [citované 2025-02-05].
 8. KAM NA RYBY, Rybársky informačný portál. (2025). Revír Lehotský potok (prievidza). 3-1920-4-1 Online. <https://www.kamnaryby.sk/revir/lehotsky-potok-prievidza> [citované 2025-02-04].
 9. KAM NA RYBY, Rybársky informačný portál. (2025). Revír Potok Ťakov. 3-2941-1-1 Online. <https://www.kamnaryby.sk/revir/potok-takov> [citované 2025-02-01].
 10. LISICKÁ, R. - JAKUBČINOVÁ, J. - FESZTEROVÁ, M. *Organická chémia v školskom laboratóriu: Praktické návody pre učiteľov*. Nitra : UKF v Nitre, 2025. 115 s. ISBN 978-80-558-2260-0.
 11. RAHMAN, A.-JAHANARA, I. - JOLLY, Y. N. Assessment of physicochemical properties of water and their seasonal variation in an urban river in Bangladesh. Online. *Water Science and Engineering*, vol. 14, no. 2, 2021. pp. 139-148. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wse.2021.06.006> [viewed 2024-12-23].
 12. RYBÁRSKY REVÍR, slovenské rybárske revíry. (2020). Banské prepadlisko Ťakov. 3-2661-1-4 Online. Dostupné z: <https://rybarskyrevir.sk/revir/3-2661-1-4/banske-prepadlisko-takov> [citované 2025-04-04].
 13. SAALIDONG, B. M.-ARAM, S. A.-OTU, S.-LARTEY, P. O. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *PloSone*, Vol. 17, No.1: 2022. e0262117. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262117> [viewed 2024-11-20].
 14. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN 75 7221: 1999 Kvalita vody. Klasifikácia kvality povrchových vôd. Bratislava: Slovenský ústav technických noriem, 1999.
 15. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN 75 7373: 2007 Kvalita vody. Stanovenie rozpustených látok. Slovenský ústav technických noriem, 2007.

16. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN 75 7375: 2007. Kvalita vody. Stanovenie teploty. Slovenský ústav technických noriem, 2007.
17. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN EN 27888: 1998 (75 7362) Kvalita vody. Stanovenie elektrolytickej vodivosti. Slovenský ústav technických noriem, 1998.
18. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN EN ISO 10523: 2010 (75 7371) Kvalita vody. Stanovenie pH. Slovenský ústav technických noriem, 2010.
19. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN EN ISO 5667-1: 2007 (75 7051) Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 1, Pokyny pre návrh programov odberov vzoriek a techniky odberu vzoriek. Slovenský ústav technických noriem, 2007.
20. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN EN ISO 5667-3: 2013 (75 7051) Kvalita vody. Odber vzoriek, Časť 3, Konzervácia vzoriek vody a manipulácia s nimi. Slovenský ústav technických noriem, 2013.
21. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN ISO 5667-6: 2007 (75 7051) Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 6, Pokyny na odber vzoriek z riek a potokov. Slovenský ústav technických noriem, 2007.
22. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN ISO 7890-3: 2000 (75 7455). Kvalita vody. Stanovenie dusičnanov. Slovenský ústav technických noriem, 2000.
23. SLOVENSKÝ ÚSTAV TECHNICKÝCH NORIEM. STN ISO 9297: 2000 (75 7464). Kvalita vody. Stanovenie chloridov. Argentometrické stanovenie s chrómanovým indikátorom (Mohrova metóda).
24. ŠORMAN, J. - FESZTEROVÁ, M. – JAKUBČINOVÁ, J. Analýza vybraných fyzikálnych a chemických parametrov povrchových vôd vybraných jazier v regióne Horná Nitra. In *Interaktívna Konferencia Mladých Vedcov*. 2025: 22.05.2025-30.06.2025, Bratislava. - Bratislava : Občianske združenie Preveda, 2025, ISBN 978-80-99936-86-8, [on-line] s. 1-2.

Contact address

Bc. Ján Šorman, Mgr. Michaela Antalová
Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre
Tr. A. Hlinku 9, 949 01 Nitra
e-mail: jansorman009@gmail.com

dr Agnieszka Kania

University of the National Education Commission
Podchorazych 2, 30-084 Krakow.

ŠKOLSKÝ DILATOMETER – KALIBRÁCIA

Ján ONDRUŠKA, Igor ŠTUBŇA, Štefan CSÁKI, SK

Resumé: V príspevku je opísaný školský dilatometer pre pevné látky pracujúci na diferenčnom princípe. Je poskladaný z korundových tyčiek, pórovitej izolačnej tehly, dĺžková zmena sa meria výchylkomerom s citlivosťou 0,01 mm. Maximálna pracovná teplota 600 °C dáva možnosť ukázať niektoré premeny vo vhodných vzorkách, napr. v mineráloch, hlinách, dreve. Je ukázaná kalibrácia dilatometra pomocou referenčnej vzorky z konštrukčnej ocele.

Kľúčové slová: teplotná rozťažnosť, školský dilatometer, kalibrácia dilatometra

SCHOOL DILATOMETER – CALIBRATION

Abstract: This study describes a differential dilatometer designed for educational purposes. The apparatus consists of alumina rods, furnace and porous insulating brick; changes in the sample length are recorded by a displacement gauge with a resolution of 0.01 mm. A maximum working temperature 600 °C enables the observation of structural changes in materials such as solid minerals, dry clays, and wood. Furthermore, the calibration procedure using a steel reference sample is described.

Keywords: thermal expansion, school dilatometer, calibration of dilatometer

1 Úvod

Teplotná rozťažnosť látok patrí k základným témam fyziky základných škôl a gymnázií a bakalárskych programov technických a prírodovedných fakúlt univerzít. Teplotná rozťažnosť sa meria dilatometrami. Pre školy boli vyvinuté dilatometre do nízkych teplôt (100 – 200 °C), v ktorých kovová tyč sa zahrieva vo vodnom alebo olejovom kúpeli a jej dĺžkové zmeny sa prenášajú pákovým prevodom na ručičku jednoduchého registračného prístroja. Tento spôsob je dobrý na ukážku samotného javu a na určenie koeficienta lineárnej

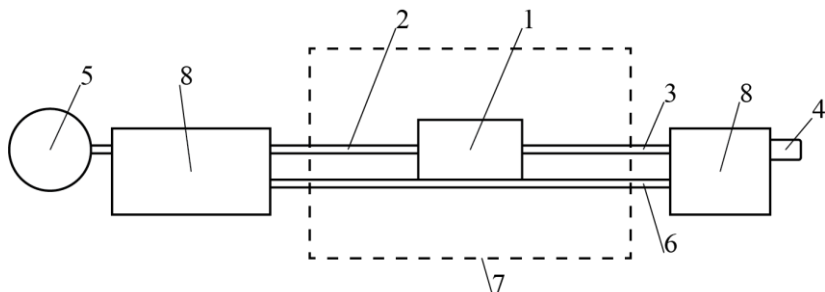
teplotnej rozťažnosti (KLTR) kovov. Okrem jednoduchej teplotnej rozťažnosti je zaujímavé sledovať objemové zmeny napr. pri kryštalických premenách vyvolaných teplom. Tu treba použiť dilatometer s väčším teplotným rozsahom, napr. do 600 – 700 °C, a vhodné materiály (napr. kremeň, hlina, drevo). Opis jednoduchého dilatometra s ručnou obsluhou pracujúceho do teploty 600 °C je ukázaný na obr. 1. Jeho základom sú dve nosné tyčky z korundu, na ktorých leží vzorka. O vzorku sa z jednej strany dotýka korundová tyčka, ktorá je posúvateľná skrutkou, čím sa doladí poloha vzorky v piecke. O druhý koniec vzorky sa opiera piest - korundová tyčka, ktorej druhý koniec vzorky je v kontakte s výchylkomerom s citlivosťou 0,01 mm. Tento súbor tyčiek a vzorky prechádza pieckou. Vyhrievacie teleso je dutý valec s kantalovým vinutím na elektrický príkon 230 V/200 W s vnútorným priemerom 40 mm a dĺžkou 60 mm. Teplotné pole vnútri piecky nie je homogénne – teplota klesá od stredu k okrajom. Pri teplote 500 °C (merané v strede piecky) je u vzorky s dĺžkou 20 mm rozdiel jej teplôt v strede a na koncoch menší ako 5 °C, čo vyvoláva zanedbateľnú chybu v určení predĺženia vzorky. Vyhrevné teleso je umiestnené v obale z pórovitej izolačnej tehly. Piecka je pripojená k autotransfóratoru. Pri napätí 125 V dosiahneme teplotu 500 °C za 25 min. Odporúčame napätie zvyšovať po krokoch 30 V.

Teplota sa meria v strede piecky chromel-alumelovým termočlánkom (typ K). Prevod napätia termočlánku na teplotu pre rozsah 20 °C – 500 °C dáva s dostatočnou presnosťou vzorec

$$t = 30 U + t_{lab} ,$$

(1)

kde U je napätie termočlánku v mV a t_{lab} je laboratórna teplota v °C.



Obr. 1 – Schéma dilatometra. 1 – vzorka, 2 – piest, 3 – opierka,

4 – nulovacia skrutka, 5 – výchylkomer, 6 – nosné tyčky,
7 – piecka, 8 – koncové duralové bloky

Pri ohreve získame závislosť predĺženia vzorky od teploty Δl , jej vydelením počiatočnou dĺžkou vzorky l_0 (odmeranej pri izbovej teplote) dostaneme relatívnu lineárnu teplotnú rozťažnosť (RLTR)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad \Delta l = l_2 - l_1,$$

(2)

kde l_1 , l_2 sú dĺžky vzorky pri blízkyh teplotách t_1 , t_2 . Koeficient lineárnej teplotnej rozťažnosti (KLTR) sa určuje nepriamo, získa sa numerickým derivovaním teplotnej závislosti RLTR

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{(t_2 - t_1)} = \frac{1}{l_0} \frac{(l_2 - l_1)}{(t_2 - t_1)}.$$

(3)

Cieľom tohto príspevku je ukázať kalibráciu školského dilatometra.

2 Princíp diferenčnej metódy a kalibrácia

Opísaný dilatometer porovnáva RLTR známej vzorky a meranej vzorky. Obe vzorky sú v tom istom teplotnom poli pece. Najčastejšie sa ako známa vzorka používa tyč alebo trubica ako súčasť konštrukcie meracej bunky dilatometra [1, 2]. Časť trubice (tyčky) počiatočnej dĺžky l_0 súbežná s meranou vzorkou sa považuje za referenčnú vzorku. Vzorka aj prilahlá časť trubice (tyčky) majú dĺžku l_0 pri teplote t_0 . Pri náraste teploty o Δt sa vzorka predĺži o Δl_x a trubica (tyčka) sa predĺži o Δl_K (tieto predĺženia prebehnú v opačných smeroch) a údaj registračného prístroja sa zmení o

$$\Delta l_{RP} = \Delta l_x - \Delta l_K.$$

(4)

Relatívna zmena dĺžky vzorky (RLTR_x) je

$$\frac{\Delta l_x}{l_0} = \frac{\Delta l_{RP}}{l_0} + \frac{\Delta l_K}{l_0}.$$

(5)

Registračným prístrojom (RP) je výchylkomer, ktorý priamo ukazuje hodnotu Δl_{RP} v milimetroch; je to absolútny snímač a nepotrebuje

ciachovanie. V opísovanom dilatometri sú tyčky z korundu. Pre RLTR korundu [3] sme použili zjednodušený polynóm

$$\frac{\Delta l_K}{l_0} = 8,1 \times 10^{-4} t - 0,0162 \quad , \quad (6)$$

kde RLTR je v ‰ a teplota v °C. Rovnica (6) dobre vyhovuje pre školské experimenty do teploty $t = 600$ °C. Potom RLTR ľubovoľnej vzorky môžeme určiť podľa vzťahu

$$\frac{\Delta l_x}{l_0} = \frac{\Delta l_{RP}}{l_0} + (8,1 \times 10^{-4} t - 0,0162) \quad . \quad (7)$$

V každom dilatometri jestvujú zdroje systematických chýb, ktorých pôvod je v nedokonalnej stavbe prístroja, a v spôsobe jeho obsluhy. Rovnica (7) toto neuvažuje. Ak chceme dosiahnuť presnejšie výsledky, treba dilatometer kalibrovať (ciachovať) pomocou referenčnej vzorky (etalónu) so známou teplotnou závislosťou RLTR [2]. Etalóny (najčastejšie z austenitickej ocele, kremenného skla, platiny, grafitu, safíru) dodávajú metrologické ústavy. Pre školské účely postačuje etalón z konštrukčnej ocele (napr. časť skrutky priemeru 6 mm), ktorej KLTR = 13×10^{-6} 1/°C je približne konštantný do 600 °C [4]. Rovnica pre RLTR_{tab} ocelového etalónu je

$$\frac{\Delta l_E}{l_0} = 1,3 \times 10^{-3} t - 0,026 \quad . \quad (8)$$

Postup pri kalibrovaní je nasledovný: odmeriame dĺžku etalónu l_{0E} a vložíme etalón do dilatometra. Zaznamenáme stav výchylkomera l_{0RP} . Zapneme ohrev a zapisujeme teplotu t a stav výchylkomera l_V pri každej teplote a vypočítame rozdiel $\Delta l_{RP} = (l_V - l_{0RP})$. Nakreslíme grafy podľa obr. 2.

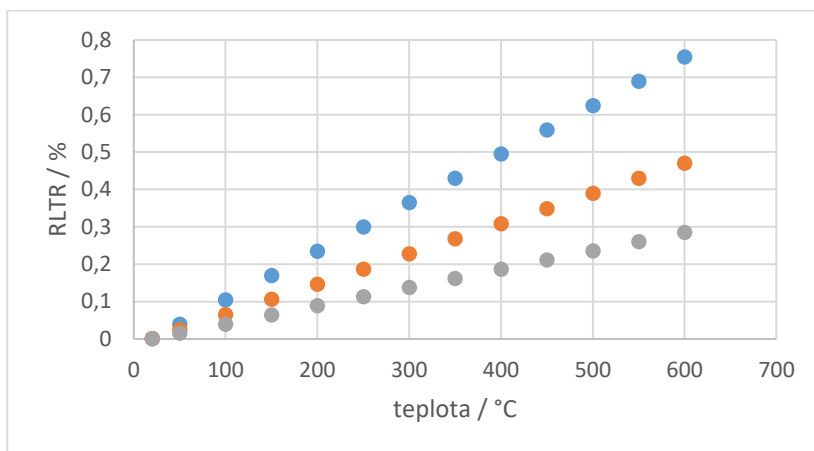
Namerané hodnoty RLTR_{mer} sú nižšie ako sú skutočné hodnoty etalónu RLTR_{tab} prevzaté z literatúry. Je to dôsledok toho, že výchylkomer meria rozdiel medzi rozťažnosťou etalónu a nosných

korundových tyčiek. V rámci $RLTR_{mer}$ je zahrnutý príspevok systematických chýb. K nameraným hodnotám $RLTR_{mer}$ treba pripočítať rozdiel ($RLTR_{tab} - RLTR_{mer}$) aby sme dostali skutočnú hodnotu $RLTR_{tab}$ etalónu. Tento rozdiel, tzv. korekčná funkcia dilatometra, ostáva konštantná pre meranie rôznych vzoriek. Zvyčajne sa vyjadruje polynómom, v našom prípade

$$\frac{\Delta l_{KFD}}{l_0} = 5 \times 10^{-4} t - 0,01 \quad .$$

(9)

$RLTR$ ľubovoľnej vzorky (meranej na tomto dilatometri) sa vypočíta podľa vzťahu



Obr. 2 – $RLTR_{tab}$ etalónu (modrá) podľa [4], odmeraná $RLTR_{mer}$ etalónu (hnedá), rozdiel $RLTR_{tab} - RLTR_{mer}$ (sivá).

$$\frac{\Delta l_x}{l_0} = \frac{\Delta l_{RP}}{l_0} + (5 \times 10^{-4} t - 0,01) \quad .$$

(10)

3 Záver

V príspevku je opísaný školský dilatometer pracujúci na diferenčnom princípe. Je poskladaný korundových tyčiek, dĺžková zmena sa meria

výchylkomerom s citlivosťou 0,01 mm. Pracovný rozsah dilatometra je 20 °C – 600 °C. Je uvedená ukážka kalibrácie. Dilatometer bol kalibrovaný podľa metodiky ASTM pomocou referenčnej vzorky z konštrukčnej ocele.

Literatúra

1. James, J.D., Spittle, J.A., Brown, S.G.R. & Evans, R.W. (2001). A review of measurement techniques for the thermal expansion coefficient of metals and alloys at elevated temperatures. *Meas. Sci. Technol.* **12** pp. R1–R15
2. ASTM E228-22: Standard test method for linear thermal expansion of solid materials with a push-rod dilatometer.
3. Auerkari, P.: Mechanical and physical properties of engineering technical alumina ceramics. Technical Research Centre of Finland, Espoo, 1996, ISBN 951-38-4987-2
4. Thermal expansion coefficient for group 1 and group 2 materials. The Piping Material Resource, 2025

Kontaktná adresa

Doc. Mgr. Ján Ondruška, PhD.
Katedra fyziky, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre,
tr. A. Hlinku 1,
949 74 Nitra
e-mail: jondruska@ukf.sk

Editors: Prof. Ing. Veronika Stoffová, CSc.
PaedDr. Krisztina Czakóová, PhD.
Mgr. Ing. Roman Horváth, PhD.

Graphic editors:

Title: XXXVIIIth DIDMATTECH 2025
**New methods and technologies in
education, research and practice
Proceedings**

Pages: 301 pages

Preparing to print: Authors of proceedings &
Prof. Ing. Veronika Stoffová, CSc.
PaedDr. Krisztina Czakóová, PhD.
Mgr. Ing. Roman Horváth, PhD.

Print:

First edition

ISBN: 978-80-568-0796-5

EAN: 9788056807965