



A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

A Magyar Tudományos Akadémia programsorozata

INFORMATIKATUDOMÁNYI KONFERENCIA

NEMZETKÖZI INTERDISZCIPLINÁRIS
KONFERENCIA

programfüzet és absztraktkötet

Tudományos tanácsadás a társadalom szolgálatában

2024

2024. november 4–6.

Dunaújváros



A konferencia szervezője a Dunaújvárosi Egyetem
www.uniduna.hu

A konferencia ámogatója: MOL Magyarország





A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

A Magyar Tudományos Akadémia programsorozata

A konferencia szervezésére a
MTA Magyar Tudomány Ünnepe keretében
kerül sor.

A konferencia szervezője a Dunaiújvárosi Egyetem
www.uniduna.hu

A konferencia ármogatója: MOL Magyarország



TUDOMÁNYOS KONFERENCIA 2024

(DUE IK 2024)

*„Tudományos tanácsadás
a társadalom szolgálatában”*

Programfüzet



Konferencia elnöksége

Elnök:

Dr. Bacsa-Bán Anetta

Dunaújvárosi Egyetem

Társelnökök:

Dr. Budai Gábor

Dunaújvárosi Egyetem

Dr. Juhász Levente Zsolt

Dunaújvárosi Egyetem

Tudományos bizottság:

Cser Valérius Antalné dr.

Cserné Pekkel Márta

Dunaújvárosi Egyetem

Dr. Maczó Edit

Dunaújvárosi Egyetem

Kocsó Edina

Dunaújvárosi Egyetem

Dr. Kadocsa László

Dunaújvárosi Egyetem

Dr. Gubán Gyula

Dunaújvárosi Egyetem



Program

2024. november 4. (hétfő)

13:30–13:55
13:55–14:00

Regisztráció
Dr. Bacsá-Bán Anetta **Megnyitó**

Szekció – I-206

Levezető elnök: *Dr. Juhász Levente Zsolt*

14:00–14:15

Dr. Gubán Gyula–Dr. Kadocska László: Hogyan oktatnak a szaktanárok a szakmai képzésben?

14:15–14:30

Véghegyi Péterné: A tanulói ismeretszerzés propedeutikája

14:30–14:45

Ribarics Livia: Az érzelmi intelligencia játékkal történő fejlesztése a bölcsőde és az óvoda napi gyakorlatában

14:45–15:00

Kolacsek Sándor: A digitális és a pedagógiai ismeretek alkalmazása és jelentősége a szakképzésben oktatás szempontjából.

15:00–15:15

Farkas Imre: A kisiskolák kompetencia mérés eredményének lehetséges hatása az intézmény működésére egy konkrét példán keresztül

15:15–15:30

Csányiné Guszter Lídia Noémi: A robotika és kódolás alapjainak bevezetése a digitális kultúra tantárgyba tanulásban akadályozottak 3. évfolyamán

15:30–15:45

Mizerák Eszter Ágnes: A konfliktus, ami összeköt – Iskolai konfliktuskezelési kultúra és attitűd

15:45–16:00

Katus Szilvia: Az Alfa lesz a „legzöldebb” generáció?

16:00–16:15

Dr. Juhász Levente Zsolt: Természetes és mesterséges mentálizáció

Szekció előadás – online

Levezető elnök: *Dr. Budai Gábor*

14:55–15:00	<i>Dr. Bacsa-Bán Anetta</i> Megnyitó
15:00–15:15	<i>Jakab Dávid:</i> A Mesterséges Intelligencia válasza az oktatásban felmerülő problémákra
15:15–15:30	<i>Antaliné Miss Lilla:</i> „MI” így tanulunk együtt – A mesterséges intelligencia eszközök alkalmazása a pedagógiai munkában
15:30–15:45	<i>Lantos Tünde:</i> Mesterséges intelligencia (MI) az óvodapedagógusok tanulási folyamatában
15:45–16:00	<i>Bottyán László:</i> Egyetemi hallgatók internetes fiók- és jelszókezelési szokásai
16:00–16:15	<i>Antal-Fekete Emese:</i> Az inkluzív szemlélet kiterjesztése
16:15–16:30	<i>Hajnalka Izsák:</i> Insights into correctional educators’ metaphorical perceptions of their professional selves
16:30–16:45	<i>Izsák Hajnalka:</i> Javítóintézeti nevelők intézményképe – egy metaforakutatás eredményei
16:45–17:00	<i>Bolla Zsolt:</i> A Successful School Innovation and the Potentials Inherent in Free School Choice

TUDOMÁNYOS KONFERENCIA 2024

(DUE IK 2024)

*„Tudományos tanácsadás
a társadalom szolgálatában”*

Absztraktkötet

Tartalom

Adamcsik János

Hol a helyem a világban? Morfondírozik a lassan 40 éves Excel bácsi 14

László Bognár–Antal Joós

The Impact of Allowing ChatGPT on Student Scores and
Test Completion Time in a Mid-Term Math Exam 19

László Bognár–Antal Joós

The Impact of Allowing ChatGPT on Responses to Different Question
Types in a Mid-Term Math Exam 37

Bognár László

Így szoktuk elrontani az oktatási felméréseinket
már a kérdésfeltevésnél 51

Bognár László

Így szoktuk elrontani az oktatási felméréseinket
a résztvevők kiválasztásánál 67

Bognár László

Így szoktuk elrontani el az oktatási felméréseinket a statisztikai
elemzéseknél és az azokból a levont következtetéseknél 86

Farkas Imre

Műveltséggel kapcsolatos kérdőívek élete a közösségi felületen
és az így szerzett tapasztalatok 108

Hadarics Kálmán

Linux szerver automatikus telepítése on-premise környezetben 114

Hadaricsné Dudás Nóra Erzsébet

Adatbázis trendek és technológiák: Hagyományos
és modern megközelítések 123

<i>Kocsó Edina</i> A tanuláselemzés fejlődése és nemzetközi alkalmazása az oktatásban	137
<i>Kővári Attila</i> A metaverzum fogalma és jelentősége	150
<i>Kővári Attila</i> Hogyan készítsünk szisztematikus irodalmi áttekintő cikket?	155
<i>Mihálovicsné Kollár Anita</i> Észrevesszük a mesterséges intelligencia jelenlétét a mindennapjainkban? Empirikus kutatás az MI által generált tartalom felismerésére	160
<i>Mihálovicsné Kollár Anita</i> A hallgatói sikeresség támogatottsága szempontjából végzett tanulásvizsgálat az online környezetben	170
<i>Nagy Bálint</i> Biológiai ritmusok matematikai modelljeiről	183
<i>Nagy Bálint– Kocsó Edina</i> Matematikai modellektől a tanuláselemzésig	192
<i>Papp Zoltán</i> Belsőpontos módszerek a lineáris programozásban: Neumann János öröksége	205
<i>Puha Erik–Farkas Imre</i> ChatGPT által szolgáltatott információk a szerzői jogok tükrében	222
<i>Tóbel Imre</i> Fenntartható Iskolák	232
<i>Váraljai Mariann</i> A tanulási folyamat során preferált információforrások vizsgálata a sikeresség érdekében hallgatói szempontból	237

TUDOMÁNYOS KONFERENCIA
2024
(DUE IK 2024)

Rövid cikkek az előadásokhoz

Adamcsik János

Hol a helyem a világban? Morfondírozik a lassan 40 éves Excel bácsi

Dunaújvárosi Egyetem, Kar, Intézet, Tanszék

adamcsik@uniduna.hu

Kulcsszavak: Excel, BI.

Absztrakt: A munkahelyeken, függetlenül attól, hogy valaki kis cégnél dolgozik vagy multinál, talán a legtöbbet használt program a Microsoft Excel, emellett a legnépszerűbb is.

Szerettem volna egy kis összefoglalót készíteni arról, hogy honnan indult és hová érkezett és hol tart most, hogy már 39 éves, az ereje teljében van vagy már vágja a centit, közeledve a nyugdíjhoz. Azt láthatjuk, hogy nagy fejlődésen ment keresztül és képes volt a folyamatos kihívásokra reagálni, valamint a kor technikai vívmányait integrálni.

Az oktatások során szerzett tapasztalataim alapján úgy látom, hogy erősen indokolt olyan irányba fejlődnie, hogy a kevésbé gyakorlott felhasználók (zömében ez a jellemző) is alkalmazni tudják az egyre inkább bővülő lehetőségeit és ne kihívás legyen számukra a program alkalmazása, hanem igazi segítség.

Hogyan született meg az Excel? Ej, ki emlékszik már erre!

Az Excel első verzióját 1985-ben adta ki a Microsoft az Apple Macintosh számítógépek számára, így 2024-ben már 39 éves. Sokan kötik Simonyi Károly nevéhez ezt a programot is, de ő inkább a Word atyjának tekinthető, de elvülhetetlen szerepe volt az Excel fejlesztésében is, hiszen az Excel elődjének tekinthető Multiplan táblázatkezelőben játszott szerepet. Érdekesség még, hogy a Microsoftnál csak 1987-ben jelent meg Windows 2.0-as verzióban a továbbfejlesztett Excel 2.0.

Fejlődik az Excel? Fiatalabb már nem leszek, de okosabb még lehetek!

Az Excel a Microsoft Office csomag talán legnépszerűbb programja lett, ma már szinte a legtöbb cégnél mindennapos eszköz. A népszerűsége a felhasználási lehetőségek mellett talán annak is köszönhető, hogy szinte minden nyelvre lefordították, a magyar változat az Excel 2000-ben jelent meg, ahol nem csak a felületeket magyarították, hanem a függvényeket is lefordították magyarra. Mindezt természetesen úgy oldották meg, hogy a táblázatok multilingual környezetben is működőképesek.

A népszerűség másik oka talán az lehetett, hogy folyamatosan fejlesztették és fejlesztik, tágítják a felhasználási lehetőségeket és a funkcionális alkalmazást is. Tekintsük át a legfontosabb területek fejlődését:

Függvények

Az Excel 2.0-ban összesen 10 alapvető függvény volt elérhető, a mostani verziójában már több, mint 600 függvény érhető el. Természetesen ennyi függvényt senki nem használ, egy átlagos felhasználó maximum 10–20 függvényt alkalmaz, de nem biztos, hogy mindenki ugyanazt a 10–20 függvényt. A funkcionalitás bővítése érdekében mindenképpen szükség volt a függvénytár duzzasztására. E függvények közül nem mindegyik érhető el magyarul, de folyamatosan bővítik a magyarra lokalizált változatot.

A helyi változatok elkészítésénél nem csak a fordítást kell megoldani, hanem néha a helyi sajátosságokhoz kell alkalmazni a függvényt. Tipikus példa erre a dátumkezelő függvények, ahol minden nyelven máshogy nevezik a hét napjait. Ezért itt igyekeztek már a függvényeket is úgy megoldani, hogy könnyen beépíthető legyen a helyi megnevezések használata.

pl. HÉT.NAPJA függvény csak sorszámot ad vissza, amit a HA függvénnyel lehet magyar megnevezésekre konvertálni.

A dátumból pedig számformátumokkal tudjuk kinyerni a hét napjai megnevezését vagy használhatjuk a SZÖVEG(A1; „nnnn”) függvényt, ami áttételesen ugyanezt valósítja meg.

Van még mindig olyan függvény, amit várnának a magyarok is, például az angol verzióban létezik a BAHTTEXT függvény, ami egy pénznemre vonatkozó számot szövegesen jelenít meg (1.121.538 – egymillió-százhuszonegyezer-ötszázharmincnyolc):

Ezt a magyar verzióban csak programozással lehet megvalósítani vagy bonyolult segédtablák felhasználásával. Ha valaki ismeri a VBA-t, akkor persze tud olyan függvényt saját magának készíteni, ami ugyanúgy használható, mint a többi Excel függvény, csak mögötte egy program működik.

Érdekessége még a magyar nyelvű fordításnak, hogy a COUNTIF függvényt először DARABTELI függvénynek fordították le, majd a 2010-es verzióban áttértek a DARABHA elnevezésre. Ezt az indokolta, hogy közben megjelentek az alapfüggvényekhez kapcsolt HA funkciók, így a SZUMHA vagy az ÁTLAGHA és az egységesítés miatt célszerű volt ezt átnevezni.

A függvények bővítésének van egy olyan vonulata is, hogy figyelik a felhasználói igényeket, nehézségeket és ezekre próbálnak reagálni. Ilyen fejlesztés volt az XKERES függvény megalakítása, mert nagyon sok felhasználónak problémát jelentett az FKERES korlátjainak leküzdése az INDEX és a HOL.VAN függvényekkel.

Funkciók

Folyamatosan azt tapasztalhatjuk, hogy funkcionálisan bővül az Excel, igazodva a felhasználói igényekhez. Ilyen folyamatos bővítést láthatunk a Query esetében is, ami először csak bővítményként (add-in) került be, majd része lett az Excelnek, sőt ma már a Power Query segíti a külső forrásokból való adatátvételt. A Pivot tábla is először bővítményként jelent meg az Excelben,

majd beépítették és továbbfejlesztették, így ma már a Power Pivot is elérhető, de bővítményként, tehát ha alkalmazni szeretnénk, akkor meg kell jeleníteni.

Ezek mellett számos kiegészítővel rendelkezik még az Excel, szinte minden területre találunk megoldást. Például egy nyilvántartórendszerben gyakran szükséges lehet QR kódok alkalmazása, erre is találunk kiegészítőt a QR4Office-t. De a Power Query és Power BI már beépítve tartalmazza ezt a funkciót.

Ha már szóba került a Power BI (olyan üzleti intelligencia eszköz, amely lehetővé teszi az adatok elemzését, vizualizálását és megosztását a vállalatokon belül), ami az Excelből építkezve került kifejlesztésre és bár nem része az Excelnek, de szoros kapcsolatban áll vele, és az Excel felhasználók számára integrált funkcióként érhető el.

Programozás

Az Excel 5.0 verziójában jelent meg 1993-ban Visual Basic for Applications (VBA) bevezetése, ezzel lehetővé vált a felhasználók számára, hogy makrókat készítsenek és automatizáljanak a folyamatokat.

Itt jelent meg a makróörögzítés lehetősége is, amivel kitárták a kaput azon felhasználók számára is, akik nem ismerik a programozás fortélyait.

Ez a mai napig része az Excelnek és nagy segítséget nyújt a fejlesztőknek is, mivel sok esetben a hosszadalmas kódolás helyett alkalmazhatják ezt a funkciót.

Emellett integrálásra kerül az Office JavaScript API, ami lehetővé teszi a fejlesztők számára, hogy testreszabják az Office alkalmazásokat, automatizálják a feladatokat és integrálják az adatokat más rendszerekkel. Ez kimondottan a fejlesztők számára készült, hogy saját kiegészítőikkel bővíthessék az Excelt. 2023-tól pedig már hivatalosan is használható a Python in Excel.

Ez lehetővé teszi a Python kód futtatását közvetlenül az Excel munkafüzetekben. Ennek segítségével a Python adatkezelési képességeit használhatjuk az Excel népszerűségét kihasználva. Az Office 365 megjelenésével lehetővé vált az Excel online használata is, de ez nem támogatja a VBA kódokat, makrókat, azokat csak a desktop verzióban tudjuk futtatni.

Az Excel Online-ban a Power Automate teszi lehetővé, hogy különböző műveleteket automatizáljunk a felhőben. Emellett elérhető a Office Scripts funkció, amely lehetővé teszi a JavaScript alapú szkriptek írását az Excel Online-ban. Ezzel lényegében ki lehet dobni az eddig használt VBA kódjainkat.

Mesterséges intelligencia (AI)

A ChatGPT 2023. márciusi nyilvános indulásától kezdve, természetesen ismeri az Excelt is, így rendkívül jól használható a mindennapi munka során. Sokkal gyorsabban tud a felmerült kérdésekre választ adni, mint a keresők vagy az Excel beépített help-je. Ráadásul ismeri a VBA-t is, így egyszerű feladatok megoldására szinte azonnal használható kódokat képes generálni.

Ezen felül feltölthetünk Excel fájlokat is, ezekben képes elemezni és feldolgozni is. Képes akár diagramokat vagy statisztikai összegzéseket készíteni, de bonyolultabb számításokat is végezni.

A Microsoft az Office 365 előfizetőinek 2024-től tette elérhetővé a Copilot rendszerét. Ez segít az adatok kezelésében és elemzésében, javaslatokat tud adni munkafolyamatokra, hogy gyorsabbá és hatékonyabbá tegye a munkát.

Leszállékolás vagy megújulás?

Mivel széles körben használják az Excelt és mint ahogy említettem, talán a legnépszerűbb programja az Office-nak, így előre láthatóan nem küldik még nyugdíjba és várhatóan nem is tudja

leváltani még jó darabig az ERP rendszerek, azok rugalmatlansága és költségigényes alkalmazása miatt. Különösen a KKV és a magánszektorban hosszú távon még erőteljes segítséget jelent az üzleti elemzésekben.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy népszerűsége ellenére kevesen használják ki a lehetőségeit, még mindig ott van az „ágyúval lövünk verébre” hatás az alkalmazásánál. Várhatóan ebben nagy előrelépés lesz az AI, a Copilot integrálása, ami segíteni fog az adatok gyorsabb elemzésében, akár szöveges válaszok generálásával, és támogatja majd az automatizálási lépéseket, hogy a napi feladatokat, mint például az e-mailek előkészítése vagy a megbeszélésekre való felkészülés, része legyen a feladat megoldásának.

Hivatkozások

<https://www.controllingportal.hu/nyugdijba-kuldi-vagy-felturbozza-az-excelt-az-ai/>
https://hvg.hu/tudomany/20230317_microsoft_office_365_irodai_programok_mesterseges_intelligencia_asszisztens_copilot_word_excel_powerpoint_outlook_teams
<https://www.vg.hu/karrier/2024/01/meg-excel-gomb-mesterseges-intelligencia>

László Bognár–Antal Joós

The Impact of Allowing ChatGPT on Student Scores and Test Completion Time in a Mid-Term Math Exam

University of Dunaújváros, Institute of Computer Engineering, Department of Mathematics

bognarl@uniduna.hu, joosa@uniduna.hu

Keywords: ChatGPT; AI in education; student performance; mathematics exam; test completion time; AI tools; mid-term exam; learning outcomes; educational technology; AI-assisted learning.

Abstract:

This study explores the impact of ChatGPT usage on student performance in a mid-term mathematics exam, focusing on two key research questions. First, whether there is a significant difference in the average total scores between students using ChatGPT and those not using it. The findings indicate that students who used ChatGPT scored significantly lower on average than their non-GPT-using peers, with fewer high-achieving students and a higher proportion failing to meet the minimum performance threshold. Second, the study examines whether there is a significant difference in the average time taken to complete the test between the two groups. Surprisingly, no notable difference in completion time was observed, challenging the assumption that ChatGPT users would either complete the exam faster or spend time comparing their answers with those generated by GPT. These results highlight the need for further investigation into the role of AI tools like ChatGPT in education, particularly their effectiveness in enhancing learning outcomes in mathematics.

Introduction

For decades, research areas such as neural networks, programming synthesis (Gulwani–Polozov–Singh, 2017), and natural language programming (Miller 1981) have been advancing steadily, but it is only recently that these technologies have entered the public spotlight through major commercial releases. In June 2022, GitHub Copilot, an AI-powered code generation tool, was launched after a year of private beta testing (Dohmke, 2022): Shortly thereafter, in November 2022, OpenAI introduced ChatGPT (OpenAI 2022), which gained 100 million users

within just two months, setting a record for the fastest-growing app (Hu 2023): By early 2023, both Microsoft and Google integrated conversational AI like ChatGPT into their web search platforms (Mehdi 2023; Pichai 2023): The rapid adoption of AI tools has sparked a range of concerns, including bias (Buolamwini–Gebru, 2018; Liang et al. 2021), ethics (Bender et al. 2021), misinformation (Kreps et al. 2022), privacy (Butterick 2022), energy consumption (Strubell et al. 2019), and the consolidation of corporate power (Xiang 2023): In the education sector, particularly, educators are questioning the impact of AI tools on student learning and performance, wondering whether these tools enhance or undermine educational outcomes (Johnson 2023):

In this study, we examine the effects of ChatGPT on student performance during a mid-term mathematics exam by focusing on two primary research questions:

Research Question 1: Is there a significant difference between the average total scores of students using ChatGPT and those not using it?

Research Question 2: Is there a significant difference in the time taken to complete the test between the two groups?

By addressing these questions, this research aims to offer insights into the role of AI tools like ChatGPT in academic assessments and their broader implications for educational environments.

Conditions of the experiment

The experiment was conducted with foreign students of Mathematics 1 and Engineering Mathematics 1 at the University of Dunaújváros, in Hungary. In the following we will refer to these subjects as Mathematics 1 only. In Mathematics 1, students write two tests in the Moodle Learning Management System during the semester. The final grade is determined by the sum of the scores achieved on these two mid-term tests. In this paper, we look only at student results in the first test. In this test, each student was asked 5 questions, one from each of the 5 sub-topics. The questions differed only in that they contained random parameters generated by the Moodle system. A total of 140 students submitted valid tests, 22 of which self-reported using ChatGPT. Hence, for these 140 tests, a total of $140 \times 5 = 700$ different questions were asked, and of these, $22 \times 5 = 110$ questions were solved using ChatGPT.

Learning material for the test covers the basic topics of linear algebra, which includes an introduction to matrices, matrix operations, calculating determinant and inverse, operations with vectors such as scalar multiplication, vector multiplication and mixed multiplication, calculating the angles of vectors, and addition, subtraction, multiplication and division of complex numbers given in algebraic form. More specifically:

- *The first question (Q1)* was on addition, subtraction, multiplication, transposition, determinant, adjoint and inverse calculus with matrices.
- *The second question (Q2)* was on addition and subtraction of vectors, multiplication by scalar, linear independence of vectors, base of vectors, rank of matrix, scalar multiplication of vectors and solution of linear system of equations.

- *The third question (Q3)* was about mixed product of vectors, scalar product of vectors, equation of a plane, equation of a line, length of a vector, product of vectors and closed angle of vectors.
- *The fourth question (Q4)* was taken from the same set as the first question.
- *The fifth question (Q5)* was taken from the topics: real and imaginary parts of complex numbers, sum of complex numbers, difference of complex numbers, multiplication of complex numbers and absolute value of complex numbers.

Students have 45 minutes to complete the test. At the end of the 45 minutes, any test that has not been submitted by the student will be automatically submitted. The student will immediately see the result of their test and the correct answers. Teaching was face-to-face, but the test was online. Students were only told on the morning of the test that they could use ChatGPT for the test. The test included a self-report question about whether they had used ChatGPT during the test. There were no penalties or rewards for using ChatGPT. There was no use of ChatGPT at all in the mathematics lessons. The mathematical problem-solving capabilities of ChatGPT and its pitfalls were not demonstrated. Students were allowed to use not only ChatGPT, but also other similar tools.

Comparison of Total scores of ChatGPT users and non-users

Figure 1 shows the distribution of the students' Total scores. The Total score is the sum of the scores for the 5 questions of the test. The mean Total score was 16.57, the standard deviation was 5.018. It seems that most students passed the mid-term test,

with many scoring the maximum 20 points. Only 14 students (10%) failed to reach the minimum performance of 60%, i.e., 12 points. However, if we split the students by GPT use, we get a more nuanced picture.

Figure 1 The distribution of students' Total scores

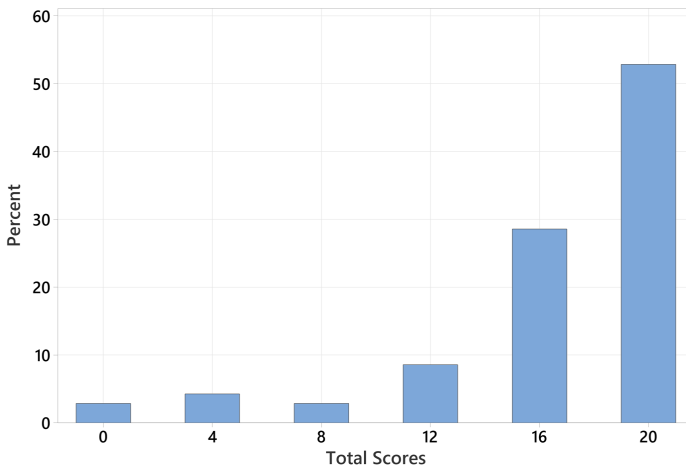
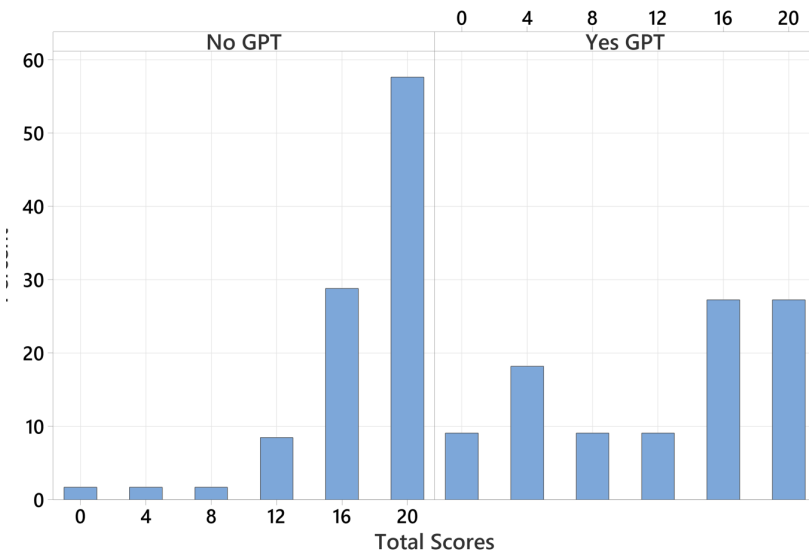


Figure 2 shows the distribution of Total scores for students who do not use ChatGPT and students who use ChatGPT separately. The mean Total score for students not using ChatGPT was 17.356 with a standard deviation of 4.110, and the mean Total score for students using ChatGPT was 12.36 with a standard deviation of 7.26. On the one hand, it is striking how much lower the average score of those who used ChatGPT was, and on the other hand, the distribution of scores in the two cases varies considerably. Among the ChatGPT users the highest scorers are few, and while 36.3% of them failed to reach the minimum 12 points, only 5.1% of non-users failed.

To check that this trend is not only apparent in these samples, but that a similar result would be obtained from the whole population, we performed a two-sample t-test for considering the difference of the means of the Total scores. Let μ_1 be the population mean of the questions Total score when GPT was not used and let μ_2 be the population mean of the questions Total score when GPT was used. Let the null hypothesis be $\mu_1 - \mu_2 = 0$ and the alternative hypothesis be $\mu_1 - \mu_2 > 0$. Now the observed t-value is 4.04, and the P-value is less than 0.0001. This means that the difference between the mean Total scores is highly significant.

Figure 2 The distribution of students' Total scores for students not using ChatGPT and students using ChatGPT



As the distributions of the two samples are quite different, and thus the application of the t-test is questionable, we performed a Mood's Median Test as well. Here the observed Chi-square-value is 3.43, and the P-value is 0.064.

This means that the difference between the medians is also significant at this level. Both tests support our finding that, for the given experimental set-up and conditions, there is a significant difference between the mean of the Total scores of students who use GPT and those who do not use GPT. Those using ChatGPT score significantly lower on average.

It is quite surprising. One would think that the GPT would be an extra help in solving tasks and therefore GPT users would have a higher score. Further research questions will address this phenomenon, among others. What are the causes and factors behind:

Question 4. How do students who used ChatGPT differ from other students? Maybe they are the ones who studied less for the test, and this is reflected in the results?

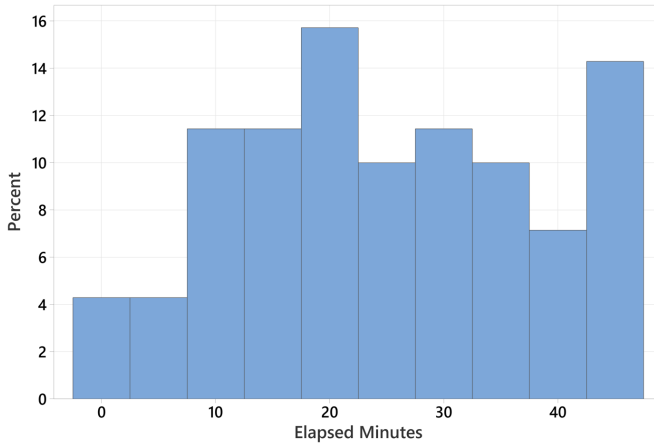
Question 5. Even if they studied less, why didn't the use of ChatGPT make up for it? How correct are the answers given by ChatGPTs?

Question 6. How consistent are the answers given by ChatGPTs? Do all GPTs give the same answer to the test questions in all cases?

Comparison of time used by GPT users and non-users

Figure 3 shows the distribution in minutes of the time students spent solving the test. The average number of minutes was 24.64 with a standard deviation of 12.9 minutes.

Figure 3 The distribution of elapsed minutes



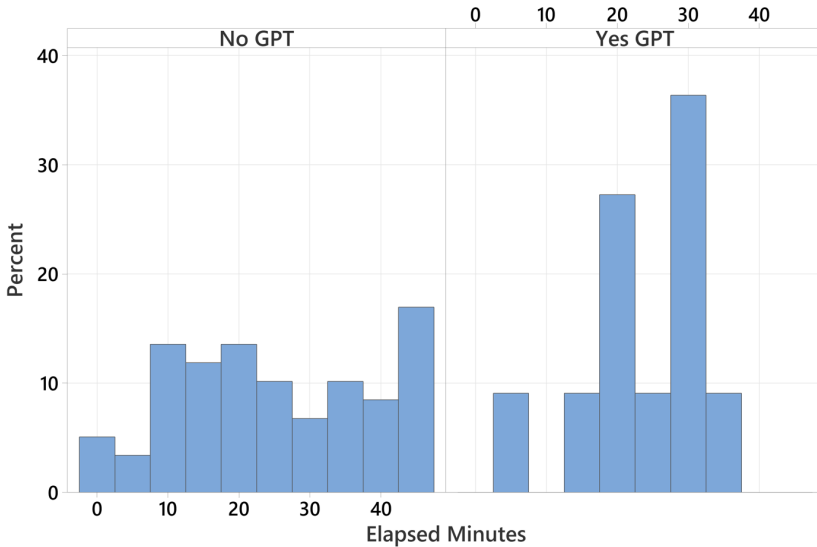
This average value, this distribution, suggests that the test was not difficult in this sense, with only a few students taking the maximum 45 minutes allowed. About half of the students used between 15 and 35 minutes.

Figure 4 shows the relative frequency histogram of elapsed minutes for students not using ChatGPT and students using ChatGPT. The mean of elapsed minutes of students not using ChatGPT was 24.88 with standard deviation 13.6 and mean 23.36 standard deviation 8.18 of students using ChatGPT. The average times used by the two groups are very close. Although the distribution of the data shows some differences in the two samples, the normality test for both samples confirmed that they could be from a normally distributed population, so there is reason to believe that these average times would not be significantly different in the populations.

We performed a two-sample t-test to prove this. For the null hypothesis $\mu_1 - \mu_2 = 0$, and the alternative hypothesis $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ we obtained the observed t-value of 0.50 and the P-value of 0.622.

These values support our finding that the average durations used by the two groups are not significantly different.

Figure 4 The distribution of elapsed minutes for students not using ChatGPT and for those using ChatGPT



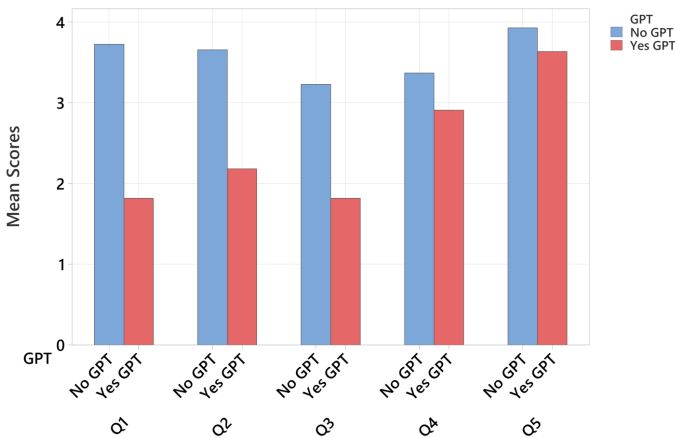
This may also be considered surprising. On the one hand, we might have thought that those who use GPT would finish sooner. On the other hand, we might have thought that someone who uses GPT would get away with comparing the GPT answer with their own answer. This is not the case.

Comparison of scores for non-GPT users and GPT users for questions on different topics

Figure 5 shows the mean scores of the questions on different topics for those who do not use ChatGPT and those who use GPT.

It seems that those without GPT have a more balanced performance on different questions, on different topics. For each question, the average score obtained was between 3.2 and 3.9 points. The same cannot be said for those using GPT, where the results were quite extreme. Question 1, which included calculating the inverse of matrices, had the lowest score of 1.8, while the highest score of 3.6 was for question 5 on complex numbers. It is particularly surprising that their average scores for the first and fourth questions are so different (1.8 and 2.9): Both questions were on the same topic, different questions from the same question bank. If both questions were based on ChatGPT answers, the question arises again whether ChatGPT gives the correct answer in all cases.

Figure 5 The average scores for questions on different topics for those who do not use ChatGPT and those who use GPT



An analysis of variance (ANOVA) was carried out to examine the significance of differences in the responses to the different topics.

A two-factor interaction model was used. The „Question” factor has 5 levels (Q1; Q2; Q3; Q4; Q5) and the „GPT Use” factor has two levels (Yes GPT; No GPT), so that in total $5 \times 2 = 10$ factor level combinations were used to examine the differences in average response scores. Since not only the two factors but also the interaction term was found to be significant in the model, it is worth comparing the average scores for the 10 factor level combinations.

Table1 shows the grouping using the Tukey Method and 95% confidence.

Table 1 Comparison of the average scores for the different questions

	Question*GPT Use	Mean	Grouping		
1.	Q5 No GPT	3.92	A		
2.	Q1 No GPT	3.72	A		
3.	Q2 No GPT	3.65	A		
4.	Q5 Yes GPT	3.63	A	B	
5.	Q4 No GPT	3.36	A	B	
6.	Q3 No GPT	3.22	A	B	
7.	Q4 Yes GPT	2.90	A	B	C
8.	Q2 Yes GPT	2.18		B	C
9.	Q3 Yes GPT	1.81			C
10.	Q1 Yes GPT	1.81			C

According to this notation, if we want to compare two factor level combinations, those that have at least one grouping symbol (A, B, ...) that appears in both are not significantly different. Thus, there is no significant difference between the cases in the

first 7 rows of the table, because the group A symbol appears in each case. The case in row 8 (Q2-Yes GPT) is different from the cases in the first three rows. The cases in rows 9 and 10 are significantly different from the cases in the first six rows. This clustering also shows that, for those using GPT, the mean scores for questions 1 and 4 are significantly different, even though these questions are from the same topic and the same question bank. The rows in the table are arranged in descending order of average scores. Question 5 on complex numbers was among the easy questions for both GPT users and non-users. Among the GPT users, the lowest scores were for questions 1 and 3, i.e. the inverse of matrices and different types of multiplication of vectors were the most challenging.

Student learning activities

The students took the test in Moodle, where their learning activity was tracked. By activity, we mean the number of clicks made by the student. So, we could measure the number of times a student clicked on the file containing the course material or completed the practice test.

Figure 6 shows student activity by received scores. The first column shows that the average activity of students with a score of 0 was close to 50 clicks. In addition, the last column shows that the average activity of students with a score of 20 was close to 270 clicks. Obviously, we would expect that students with higher scores would have been more engaged in learning the course material.

Figure 6 The mean number of activities per students vs. Total scores

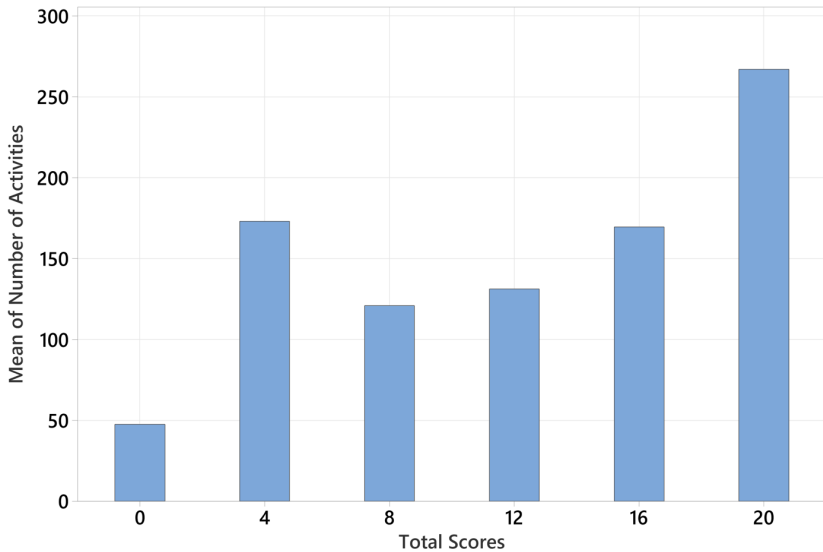


Figure 7 The mean number of activities per student vs. GPT usage

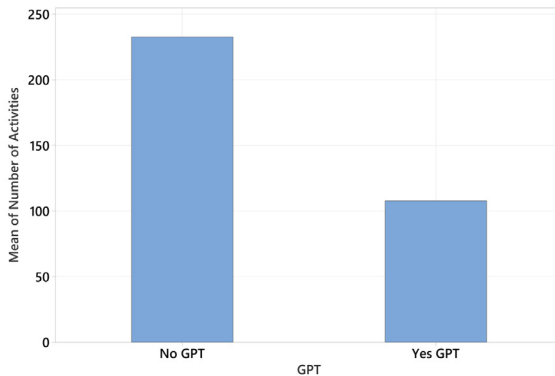


Figure 7 presents a comparison of the activity levels of students using GPT and those not using it. To determine whether

there is a statistically significant difference between their activities, we conducted a two-sample two-sided t-test. Let μ_1 be the population mean of clicks of students not using GPT and μ_2 be the population mean of clicks of students using GPT. Let the null hypothesis be $\mu_1 - \mu_2 = 0$ and the alternative hypothesis be $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$. Now the observed t-value is 2.33, and the P-value is 0.023. This means that the difference between the mean click counts is statistically significant.

Figure 8 shows the activity of students using GPT and students not using GPT by scores received. The average number of clicks for students not using GPT was extremely high at 4 scores. The activity of students not using GPT is generally higher. We can speculate that the less prepared students used a chatbot.

Figure 8 The mean number of activities per student vs. Total scores and GPT usage

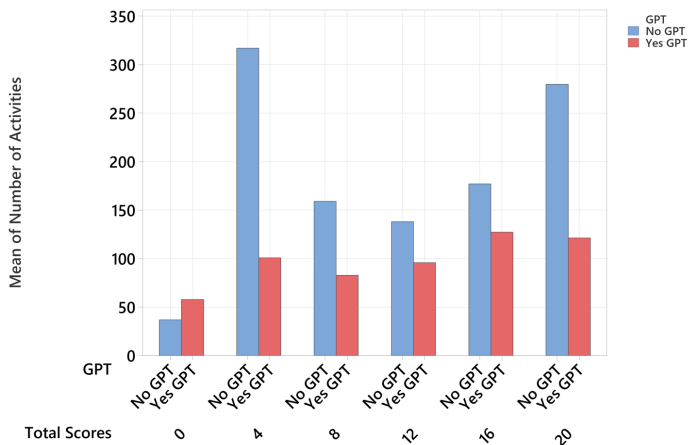
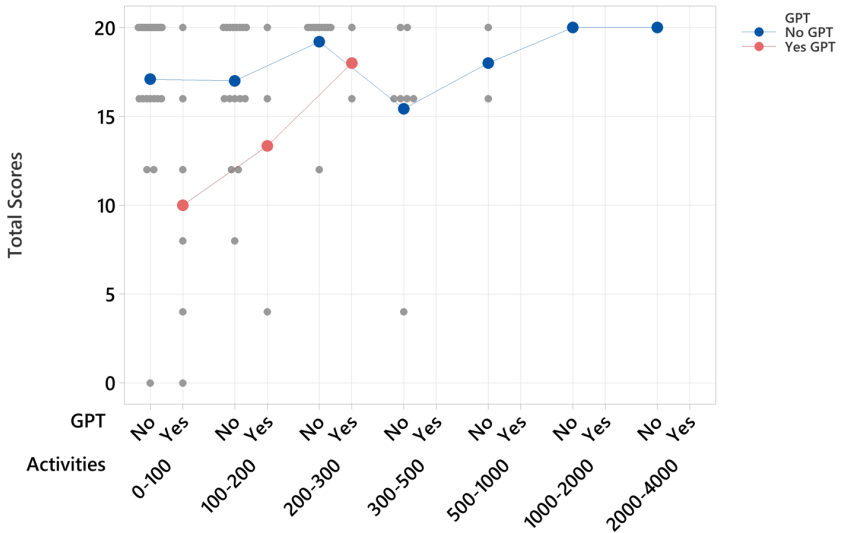


Figure 9 shows the individual value plot of the total scores and the trends. Again, it is obvious that the student who has practiced more will get a higher score.

This can be seen in the trend of the students who use GPT and in the trend of the students who do not use GPT.

Figure 9 The Total scores vs. the mean of the number of activities and GPT usage



Conclusions

In this study examining the impact of using ChatGPT in a mid-year math exam, several noteworthy findings emerged, shedding light on the complexities and nuances associated with integrating AI tools into educational settings.

Performance Discrepancy:

Contrary to expectations, students using ChatGPT demonstrated significantly lower average total scores compared to their non-GPT counterparts. The distribution of scores among Chat-

GPT users exhibited fewer high achievers, and a notable proportion failed to reach the minimum performance threshold.

Time Usage:

Surprisingly, the average time taken by students using ChatGPT and those who did not, was not significantly different. The assumption that ChatGPT users might finish sooner or engage in comparison with GPT-generated answers was not supported by the data.

Student Learning Activities:

Student activity, measured by the number of clicks, revealed a positive correlation between engagement and higher scores. Notably, students who scored lower were generally less active, indicating a potential link between engagement in learning activities and academic performance. Despite the lower learning activity among ChatGPT users, the question still remains as to why both ChatGPT and Copilot failed to compensate for this lack of engagement.

References

- Bender, E. M.–Gebru, T.–McMillan-Major, A.–Shmitchell, S. (2021): On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?. In: *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. pp. 610–623.
- Buolamwini, J.–Gebru, T. (2018): Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification. In: *Conference on Fairness, Accountability and Transparency*. pp. 77–91. PMLR.
- Butterick, M. (2022): *GitHub Copilot Investigation*. Joseph Saveri Law Firm & Matthew Butterick. Retrieved from <https://githubcopilotinvestigation.com/>
- Dohmke, T. (2022): *GitHub Copilot Is Generally Available to All Developers*. Retrieved from <https://github.blog/2022-06-21-github-copilot-is-generally-available-to-all-developers/>

- Gulwani, S.–Polozov, O.–Singh, R. (2017): Program Synthesis. *Foundations and Trends* in Programming Languages*, 4., (1–2.), pp. 1–119.
- Hu, K. (2023): *ChatGPT Sets Record for Fastest-Growing User Base – Analyst Note*. Reuters. Retrieved from <https://www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-recordfastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/>
- Johnson, A. (2023): *ChatGPT In Schools: Here’s Where It’s Banned–And How It Could Potentially Help Students*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/ariannajohnson/2023/01/18/chatgpt-in-schools-heres-where-its-banned-and-how-it-could-potentially-help-students/>
- Kreps, S.–McCain, R. M.–Brundage, M. (2022): All the News That’s Fit to Fabricate: AI-generated Text as a Tool of Media Misinformation. *Journal of Experimental Political Science*, 9., (1), pp. 104–117.
- Lau, S.–Guo, J. P. (2023): From “Ban It Till We Understand It” to “Resistance is Futile”: How University Programming Instructors Plan to Adapt as More Students Use AI Code Generation and Explanation Tools such as ChatGPT and GitHub Copilot. In: *ACM Conference on International Computing Education Research (ICER)*:
- Liang, P. P.–Wu, C.–Morency, L.-P.–Salakhutdinov, R. (2021): Towards understanding and mitigating social biases in language models. In: *International Conference on Machine Learning*. (pp. 6565–6576): PMLR.
- Mehdi, Y. (2023): *Reinventing Search with a New AI-powered Microsoft Bing and Edge, Your Copilot for the Web*. Retrieved from <https://blogs.microsoft.com/blog/2023/02/07/reinventing-search-with-a-new-ai-powered-microsoft-bing-and-edgeyour-copilot-for-the-web/>
- Miller, L. A. (1981): Natural Language Programming: Styles, Strategies, and Contrasts. *IBM Systems Journal*, 20., (2.), pp. 184–215.
- OpenAI. (2022): *Introducing ChatGPT*. Retrieved from <https://openai.com/blog/chatgpt>
- Pichai, S. (2023): *An Important next Step on Our AI Journey*. Retrieved from <https://blog.google/technology/ai/bard-google-ai-search-updates/>
- Strubell, E.–Ganesh, A.–McCallum, A. (2019): *Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*. arXiv preprint arXiv:1906.02243.
- Xiang, C. (2023): *OpenAI Is Now Everything It Promised Not to Be: Corporate, Closed-Source, and For-Profit*. Retrieved from <https://www.vice.com/en/article/5d3naz/openai-is-now-everything-it-promised-not-to-be-corporate-closed-source-and-for-profit>

László Bognár–Antal Joós

The Impact of Allowing ChatGPT on Responses to Different Question Types in a Mid-Term Math Exam

University of Dunaújváros, Institute of Computer Engineering, Department of Mathematics

bognarl@uniduna.hu, joosa@uniduna.hu

Keywords: ChatGPT; mathematics education; chatbot.

Abstract:

This study investigates the impact of ChatGPT on student performance in mid-term math exams, focusing on differences in scores across various types of test questions. The findings reveal that students using ChatGPT exhibited significantly lower average scores compared to their non-GPT counterparts, with more erratic performance patterns. In particular, ChatGPT users struggled with complex mathematical operations, such as matrix inverses and vector multiplications. Both ChatGPT and Copilot displayed similar levels of consistency, occasionally providing incorrect or mixed answers, which may have contributed to the lower performance of GPT users. The study suggests that inadequate preparation and unfamiliarity with using GPT during exams could also have played a role in these results. These findings raise important questions about the integration of AI tools in education, particularly in subjects like mathematics, where precision is essential. Future research should explore optimal ways to integrate AI tools like ChatGPT into learning environments to enhance, rather than hinder, academic performance.

Introduction

Research areas such as neural networks, program synthesis (Gulwani–Polozov–Singh 2017), and natural language programming (Miller 1981) have been evolving for decades. However, it was only in the past year that these technologies became widely available to the general public through prominent commercial launches. In June 2022, GitHub Copilot, an AI-powered code generation tool, was officially released following a year of private beta testing (Dohmke 2022): Shortly after, in November 2022, OpenAI launched the ChatGPT AI chatbot (OpenAI 2022), which rapidly attracted an estimated 100 million users within two months, setting a record for the fastest app growth in history (Hu 2023): By early 2023, Microsoft and Google had integrated similar conversational AI into their search engines (Mehdi 2023; Pichai 2023): The quick adoption of AI tools has sparked widespread debate about several concerns, including bias (Buolamwini–Gebru 2018; Liang et al. 2021), ethics (Bender et al., 2021), misinformation (Kreps et al. 2022), data privacy (Butterick, 2022), and environmental impact (Strubell et al. 2019): Among these issues, educators have raised concerns about the role of AI in assisting students with homework and exams in various subjects (Johnson 2023): In the field of computer science education, AI tools have been shown to be particularly effective for programming tasks (Lau et al. 2023): This paper investigates the impact of ChatGPT on student performance in mathematics, with an emphasis on how scores vary across different types of exam questions. We designed an experiment to evaluate whether the use of ChatGPT during a mid-term exam affects student outcomes. Research Question: Is there a significant difference between the average scores of students who use ChatGPT and those who do not on different types of test questions?

Conditions of the experiment

The experiment was conducted with international students enrolled in Mathematics 1 and Engineering Mathematics 1 at the University of Dunaújváros, Hungary. For simplicity, we will refer to both subjects as Mathematics 1 throughout this paper. In Mathematics 1, students are required to take two tests within the Moodle Learning Management System during the semester, and their final grade is based on the combined scores from these two mid-term tests. This study focuses exclusively on the results from the first test.

In this test, each student was presented with 5 questions, each covering a distinct sub-topic. While the structure of the questions was consistent across all students, the parameters within each question were randomized by the Moodle system. A total of 140 students submitted valid tests, of which 22 students self-reported using ChatGPT during the exam. Therefore, across the 140 students, a total of 700 individual questions were answered ($140 \text{ students} \times 5 \text{ questions}$), with 110 of those questions ($22 \text{ students} \times 5 \text{ questions}$) being solved with the assistance of ChatGPT.

The learning material for this test covered fundamental topics in linear algebra, including an introduction to matrices, matrix operations, calculating determinants and inverses, operations with vectors such as scalar and vector multiplication, mixed multiplication, calculating angles between vectors, and operations with complex numbers in algebraic form such as addition, subtraction, multiplication, and division. Specifically, the test evaluated students on these core concepts:

- *The first question (Q1)* was on addition, subtraction, multiplication, transposition, determinant, adjoint and inverse calculus with matrices.

- The second question (Q2) was on addition and subtraction of vectors, multiplication by scalar, linear independence of vectors, base of vectors, rank of matrix, scalar multiplication of vectors and solution of linear system of equations.
- The third question (Q3) was about mixed product of vectors, scalar product of vectors, equation of a plane, equation of a line, length of a vector, product of vectors and closed angle of vectors.
- The fourth question (Q4) was taken from the same set as the first question.
- The fifth question (Q5) was taken from the topics: real and imaginary parts of complex numbers, sum of complex numbers, difference of complex numbers, multiplication of complex numbers and absolute value of complex numbers.

Students had 45 minutes to complete the test, with any unsubmitted tests automatically submitted at the end of this time. Immediately after submission, students were able to view their test results along with the correct answers. While the teaching was conducted face-to-face, the test itself was administered online. On the morning of the test, students were informed that they were permitted to use ChatGPT during the test. The test included a self-report question asking whether they had used ChatGPT. There were no penalties or incentives tied to the use of ChatGPT, and it had not been integrated into any of the prior mathematics lessons. Additionally, the problem-solving capabilities and limitations of ChatGPT had not been demonstrated in class. Students were allowed to use not only ChatGPT but also other similar AI tools.

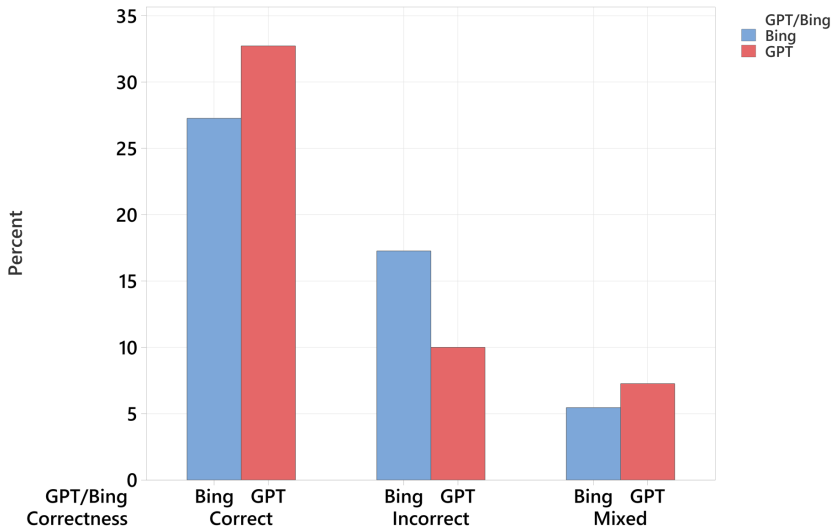
Comparison of the goodness of GPTs

The students were free to use any learning aid they wished, but we specifically examined two, ChatGPT 3.5 and Copilot with Bing Chat. For all 110 questions that GPT users received, we asked the GPTs three times for the correct answer and categorized the goodness of the GPTs based on these answers.

If all three answers for a question were the same, then the GPT's answer to that question is called *consistent*, otherwise it is called *inconsistent*. If all three answers were the same and good, the GPT answer is called *correct*. If the answers are different, but there was a good answer among them, it is called *mixed*. If each answer was wrong (same or different), it is called *incorrect*.

Figure 1 presents a distribution of the correctness of GPT responses, with ChatGPT accounting for 50% and Bing Chat for the remaining 50%. The graph demonstrates that no statistically significant difference exists in the proportion of correct answers between ChatGPT 3.5 and Copilot with Bing Chat. ChatGPT 3.5 displays a slight edge in accuracy, but the difference is not substantial. The figure also reveals that there is no significant difference in the proportion of incorrect answers and mixed answers between the two programs. ChatGPT produces marginally fewer incorrect responses compared to Copilot with Bing Chat. The difference in mixed answers is negligible. The Mixed column indicates that approximately 13% of the time, the responding program is simply making random guesses.

Figure 1 The correctness of ChatGPT and Bing



Percent is calculated within all data.

Figure 2 depicts the distribution of consistent and inconsistent answers for both GPT models, with ChatGPT and Bing Chat representing 50-50% of the data. From *Figure 2*, it's evident that the consistency and inconsistency properties are comparable for the two programs. The rate of inconsistent responses is less than 20% within both ChatGPT and Copilot with Bing Chat categories. The Inconsistent column signifies that nearly 18% of the time, the responding program is resorting to random guesses.

Figure 3 illustrates the percentage of correct, incorrect, and mixed responses in ChatGPT's answers for each question. It indicates that for ChatGPT, question Q2 (involving basic vector operations) was the easiest, but even for this question, the model resorted to guesswork almost 10% of the time. Question Q3 (encompassing various vector multiplications and 3-dimensional coordinate geometry problems) proved to be the most challenging, with a

percentage of correct answers falling below 30%. Figure 4 presents the percentage of correct, incorrect, and mixed responses in Copilot with Bing Chat's answers for each question. The results are intriguing, as question Q5 (requiring basic operations on complex numbers) emerged as the easiest, with no mixed answers. Question Q3, once again, presented the most arduous task, with a percentage of correct answers plummeting below 10%.

Figure 2 The consistency of ChatGPT and Bing

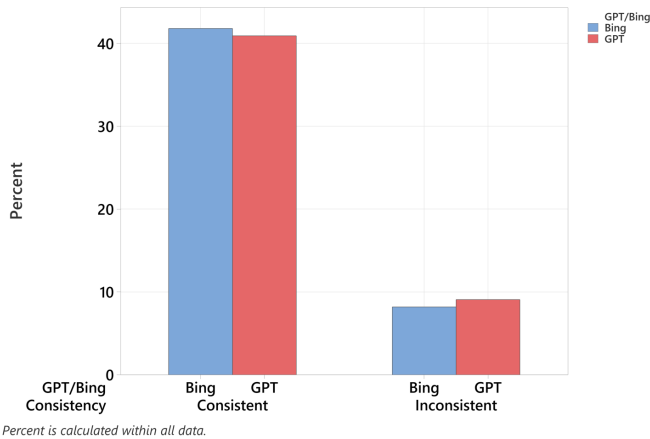


Figure 5 demonstrates the relative proportion of correct responses for each question across ChatGPT and Copilot with Bing Chat. In the case of question Q2, ChatGPT's ratio of correct answers hovered around 91%. This implies that the ratio of incorrect answers for ChatGPT was approximately 9%. Similarly, for Copilot with Bing Chat, the ratio of correct answers neared 72%, while the ratio of incorrect answers approached 28%. Overall, questions Q2 and Q5 emerged as the most accurate, while Q3 (involving various vector multiplications and 3-dimensional coordinate geometry problems) consistently posed the greatest challenge for both models.

Figure 3 The correctness of ChatGPT by question

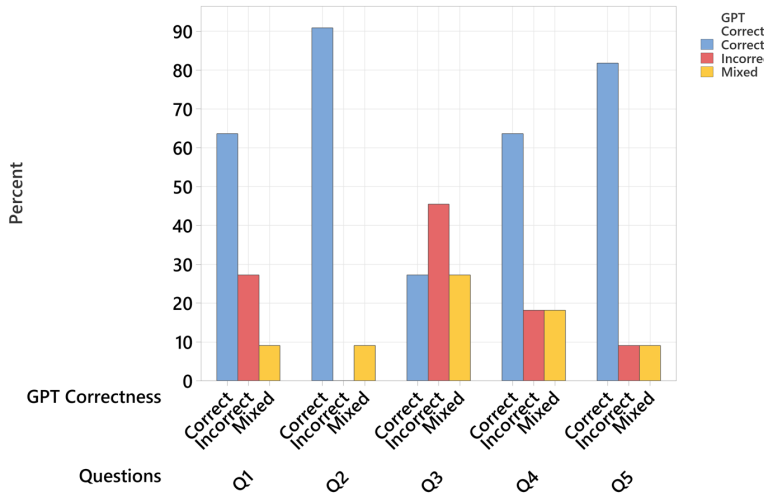


Figure 4 The correctness of Bing by question

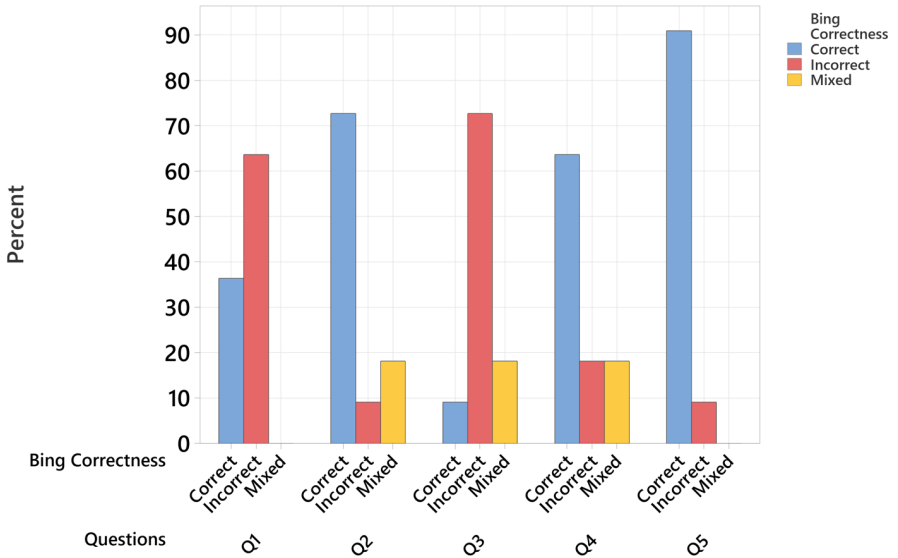
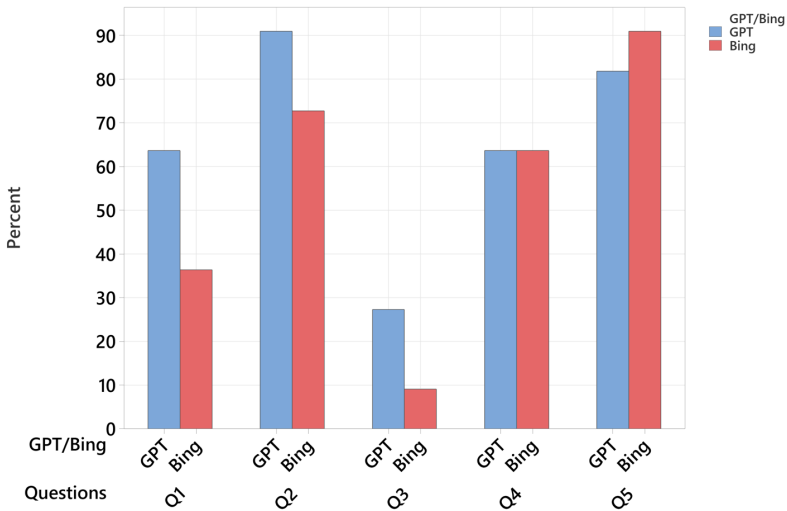


Figure 5 The correctness of ChatGPT and Bing by question



Comparison the goodness of student outcomes with and without a chatbot

We now delve into a comparison of the correctness of the students' responses, considering the accuracy of GPT's responses. Figure 6 illustrates the proportion of correct responses for ChatGPT, students not using GPT, and students using GPT for each question. The first three columns reveal that 63% of ChatGPT's responses were accurate, 92% of students not using GPT provided correct answers, and 46% of students using GPT correctly answered the first question. This implies that if students using GPT had solely relied on ChatGPT's responses, their performance on the first question would have improved.

Conversely, on the third question, ChatGPT's performance significantly trailed that of students using GPT.

ChatGPT's accuracy on the third question was a mere 28%, while students using GPT achieved a correct response rate of 46%. Hence, there were instances where students identified incorrect answers provided by GPT or at that question they did not use it.

Notably, students not using GPT demonstrated superior performance compared to ChatGPT for questions Q1, Q3, Q4, and Q5.

Figure 6 The correctness of ChatGPT, student without GPT and with GPT

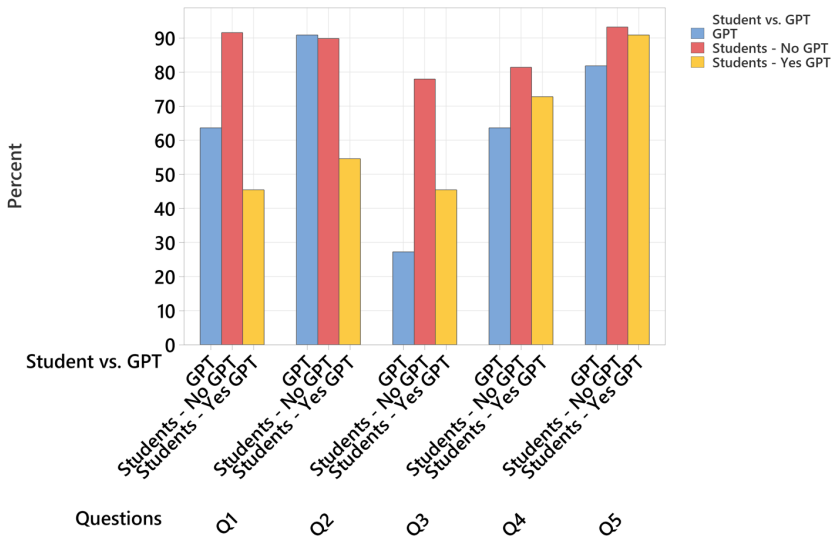


Figure 7 The correctness of Bing, student without Bing and with Bing

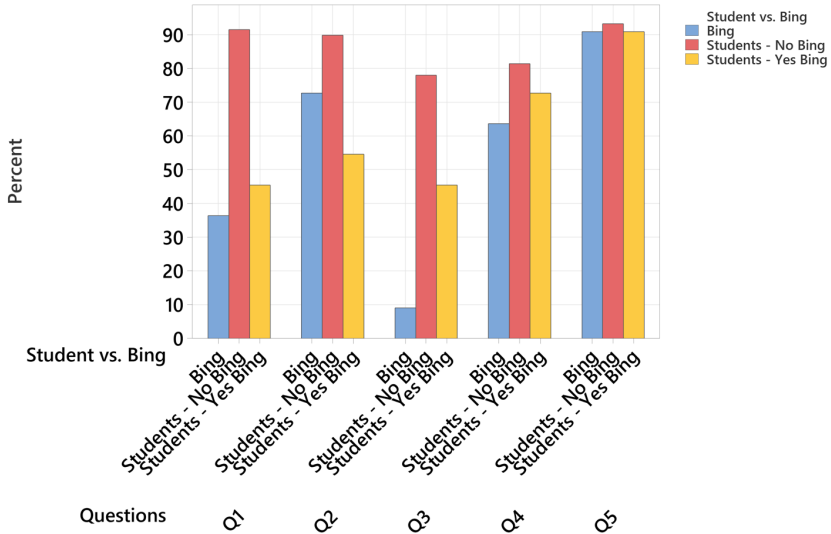


Figure 7 depicts the proportion of correct responses for Copilot with Bing Chat, students not using Bing, and students using it. The second and third columns for all questions mirror those in Figure 11. It's worth noting that the performance of students not using Bing consistently surpassed those of using it.

Conclusions

This study investigating the use of ChatGPT in a mid-term math exam revealed several important findings, highlighting the complexities and challenges involved in integrating AI tools into educational environments.

GPT Consistency:

Both ChatGPT and Copilot with Bing Chat demonstrated comparable levels of correctness and consistency in their responses to the questions posed. The quality of responses from ChatGPT and Copilot did not show a significant difference, with both exhibiting occasional incorrect or mixed answers.

Question-Specific Performance:

Students using ChatGPT displayed more extreme variations in scores across different questions, especially compared to non-GPT users. Notably, questions related to complex mathematical operations, such as matrix inverses and vector multiplications, posed substantial challenges for ChatGPT users.

Implications and Further Questions:

The study prompts further exploration into the reasons behind the lower scores of ChatGPT users. Questions regarding students' study habits, the reliability of GPT-generated answers, and the impact of GPTs on learning outcomes merit deeper investigation.

The circumstances of the current experiment, in particular the fact that students were not prepared to use GPT in class, may have a significant impact on the findings. A further research task could be to compare different experimental set-ups.

The findings underscore the importance of carefully considering the integration of AI tools into educational practices, especially in disciplines like mathematics where precision is crucial.

In conclusion, while the introduction of AI tools like ChatGPT holds promise in educational contexts, this study emphasizes the need for a nuanced understanding of their impact, considering both the potential benefits and challenges associ-

ated with their implementation. Future research should delve into refining AI tools for specific educational contexts and addressing the identified concerns to optimize their effectiveness.

References

- Bender, E. M.–Gebru, T.–McMillan-Major, A.–Shmitchell, S. (2021): On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?. In: *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. pp. 610–623.
- Buolamwini, J.–Gebru, T. (2018): Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification. In: *Conference on Fairness, Accountability and Transparency*. pp. 77–91. PMLR.
- Butterick, M. (2022): *GitHub Copilot Investigation*. Joseph Saveri Law Firm & Matthew Butterick. Retrieved from <https://githubcopilotinvestigation.com/>
- Dohmke, T. (2022): *GitHub Copilot Is Generally Available to All Developers*. Retrieved from <https://github.blog/2022-06-21-github-copilot-is-generally-available-to-all-developers/>
- Gulwani, S.–Polozov, O.–Singh, R. (2017): *Program Synthesis. Foundations and Trends® in Programming Languages*, 4., (1–2.), pp. 1–119.
- Hu, K. (2023): ChatGPT Sets Record for Fastest-Growing User Base – Analyst Note. *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-recordfastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/>
- Johnson, A. (2023): *ChatGPT In Schools: Here's Where It's Banned—And How It Could Potentially Help Students*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/ariannajohnson/2023/01/18/chatgpt-in-schools-heres-where-its-banned-and-how-it-could-potentially-help-students/>
- Kreps, S.–McCain, R. M.–Brundage, M. (2022): All the News That's Fit to Fabricate: AI-generated Text as a Tool of Media Misinformation. *Journal of Experimental Political Science*, 9., (1.), pp. 104–117.
- Lau, S.–Guo, J. P. (2023): From “Ban It Till We Understand It” to “Resistance is Futile”: How University Programming Instructors Plan to Adapt as More Students Use AI Code Generation and Explanation Tools such as ChatGPT and GitHub Copilot. In: *ACM Conference on International Computing Education Research (ICER)*.

- Liang, P. P.–Wu, C.–Morency, L.–Salakhutdinov, R. (2021): Towards understanding and mitigating social biases in language models. In: *International Conference on Machine Learning*. pp. 6565–6576. PMLR.
- Mehdi, Y. (2023): *Reinventing Search with a New AI-powered Microsoft Bing and Edge, Your Copilot for the Web*. Retrieved from <https://blogs.microsoft.com/blog/2023/02/07/reinventing-search-with-a-new-ai-powered-microsoft-bing-and-edgeyour-copilot-for-the-web/>
- Miller, L. A. (1981): Natural Language Programming: Styles, Strategies, and Contrasts. *IBM Systems Journal*, 20., (2.), pp. 184–215.
- OpenAI. (2022): *Introducing ChatGPT*. Retrieved from <https://openai.com/blog/chatgpt>
- Pichai, S. (2023): *An Important next Step on Our AI Journey*. Retrieved from <https://blog.google/technology/ai/bard-google-ai-search-updates/>
- Strubell, E.–Ganesh, A.–McCallum, A. (2019): *Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*. arXiv preprint arXiv:1906.02243.
- Xiang, C. (2023): *OpenAI Is Now Everything It Promised Not to Be: Corporate, Closed-Source, and For-Profit*. Retrieved from <https://www.vice.com/en/article/5d3naz/openaiis-now-everything-it-promised-not-to-be-corporate-closed-source-and-forprofit>

Bognár László

Így szoktuk elrontani az oktatási felméréseinket már a kérdésfeltevésnél

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Matematika és Számítástudományi Tanszék

bognarl@uniduna.hu

Kulcsszavak: Kérdőíves felmérések; felsőoktatás; statisztika; kérdésfeltevés; relevancia; mérhetőség; megbízhatóság; face validity; content validity; pilot study.

Absztrakt:

A kérdőíves felmérések a felsőoktatás szívverései – legalábbis a mi számunkra, akik a statisztikától várjuk, hogy válaszoljon az élet minden nagy kérdésére. Igyekszem bemutatni, hogyan ronthatjuk el már az első lépéseknél a kutatási folyamatot, amikor a kérdéseinket megfogalmazzuk. Amikor nem nézzük meg, hogy a kérdéseink relevánsak-e, megbízhatóak-e, hogy a válaszok mérhetőek-e, és gyermeketnek tartjuk az olyan módszereket, mint „face validity”, „content validity”, „pilot study”. Persze ezekre a vizsgálatokra tényleg csak akkor van szükség, ha feladjuk az eredmények fantáziadús értelmezhetőségének örömét, az új, soha nem látott tézisek felfedezésének katarziséját. Összeszedtem a leggyakoribb hibákat – és egy-két jótanácsot is adok.

Bevezetés

A Dunaújvárosi Egyetemen – és úgy általában a felsőoktatásban – egyre több kérdőíves felmérést végzünk a hallgatók vagy éppen az oktatók körében. Egy statisztikus szemszögéből nézve azonban elég gyakran csúsznak hibák az elemzésekbe. Ahogy mondani szokás, előbb-utóbb biztosan elrontjuk, de azért az nagyon nem mindegy, hogy előbb vagy utóbb.

Sajnos a legnagyobb esélyünk arra van, hogy már az elején elhibázzuk. Ezt két területen tudjuk a legkönnyebben megtenni, a kérdések megfogalmazásában, és abban, hogy hogyan választjuk ki a válaszadókat. Aztán persze nem feledkezünk meg a biztos befutóról, a statisztikai elemzésekről, és az azokból levont következtetésekről. Három kis cikket szentelek ezeknek a problémáknak. Ez a cikk a kérdések megfogalmazásáról szól.

Milyen kérdéseket tegyünk fel, és hogyan?

NE A KÉRDŐÍV KÉRDÉSEKKEL KEZDJÜK A KUTATÁSI KÉRDÉSEK

Mielőtt elkezdenénk a konkrét kérdőív kérdéseket (*survey questions, survey items*) megfogalmazni, elengedhetetlen tisztázni a kutatási kérdéseinket (*research questions*), hiszen ezek irányítják az egész folyamatot. Ha a kutatási kérdések zavarosak, az egész felmérés félresiklik. Íme, egy jó kutatási kérdés feltevésének legfontosabb szempontjai:

Célzott és világos: A kutatási kérdés határozza meg pontosan, hogy mit szeretnénk megvizsgálni, így lesz a kutatás célja világos és egyértelmű. Ez biztosítja, hogy releváns kérdőív kérdéseket tegyünk fel, hogy releváns adatokat gyűjtsünk.

Mérhető: A kérdés olyan formában legyen megfogalmazva, hogy lehetővé tegye a mérhető és elemezhető eredményeket.

Specifikus, de nem túl szűk: A kutatási kérdés legyen elég specifikus ahhoz, hogy konkrét válaszokat adjon, de ne legyen annyira szűk, hogy ne lehessen általánosítani az eredményeket.

Újdonságot hordozó: A kutatási kérdésnek valami újat kell hozatennie a meglévő tudáshoz, különösen, ha a témában már számos kutatás készült.

Érthető a kutatásban részt vevők számára: A kutatási kérdésnek világosnak és érthetőnek kell lennie a célcsoport számára, hogy a kutatásban részt vevők pontosan megértsék, mit vizsgálunk.

Példák a rossz és a jó kutatási kérdésekre:

1. Példa

Rossz: „Hogyan befolyásolja az online oktatási platformok használata a hallgatók teljesítményét a matematika tantárgyakban?” Ez a kérdés túl általános, mivel nem határozza meg, hogyan mérjük a „teljesítményt”, és milyen konkrét eredményeket várunk.

Jó: „Milyen változást okozott az online oktatási platformok használata a hallgatók vizsgaeredményeiben a matematika tantárgyak esetében a 2022/2023-as tanévben?” Ez a kérdés konkrét eredményre fókuszál (vizsgaeredmények), meghatározott időszakot és tantárgyat céloz, valamint mérhető változást vizsgál.

2. Példa

Rossz: „Jobbak-e a hallgatók vizsgaeredményei az online oktatásban, mint a hagyományos oktatásban?” Ez a kérdés túl általános, nem specifikálja a vizsgálni kívánt tantárgyat vagy célcsoportot, és nem ad támpontot a „jobbak” pontos értelmezésére.

Jó: „Milyen különbségek vannak az online és a hagyományos oktatásban részt vevő hallgatók vizsgaeredményei között az informatika alapszakos hallgatók körében?”

Ez a kérdés specifikusan összehasonlítja két oktatási módszert a vizsgaeredmények alapján, egy adott célcsoportot megjelölve (informatika alapszakos hallgatók).

3. Példa

Rossz: „Milyen hatással van a valós idejű visszajelzés a távoktatásban a hallgatókra?” Itt a kérdés nem specifikus, nem világos, milyen „hatást” vizsgálunk, és nem határozza meg, mely szempontok alapján mérjük a visszajelzés eredményeit (pl. elégedettség, teljesítmény stb.).

Jó: „Hogyan változott a hallgatók elégedettségi szintje a valós idejű visszajelzés hatására a távoktatásban az előző félévhez képest?” A kérdés pontosítja, hogy milyen szintű változást keresünk (elégedettségi szint), és meghatározza az összehasonlítás alapját (előző félév).

4. Példa

Rossz: „Milyen hatása van a tanulási szokásokra az éjszakai tanulásnak?” Ez a kérdés túl általános, nem határozza meg, hogyan mérjük a „hatást” és mit értünk „tanulási szokások” alatt.

Jó: „Milyen változást tapasztaltak a hallgatók tanulási hatékonyságában a rendszeres éjszakai tanulás következtében a vizsgaidőszakban?” Ez a kérdés konkrétabb, mérhető eredményre fókuszál („tanulási hatékonyság”), és meghatározza a vizsgálat időszakát („vizsgaidőszak”).

A KÉRDŐÍV KÉRDÉSEI

Most, hogy tisztáztuk a kutatási kérdések szerepét és fontosságát, nézzük a helyes kérdőív kérdésfeltevés szempontjait:

Kapcsolódás a kutatási kérdéshez: A felmérés minden egyes kérdésének világosan kapcsolódnia kell valamelyik kutatási kérdéshez. Ha egy kérdés nem segíti a kutatási cél megvalósítását, akkor felesleges.

Világosság és egyértelműség: A kérdések legyenek egyszerűek és könnyen érthetők. Minden válaszadónak ugyanúgy kell értelmeznie őket, hogy az eredmények összehasonlíthatók legyenek. A kérdés céljának meghatározása: Minden kérdésnek legyen egyértelmű célja: mit szeretnénk megtudni vele? Például, ha egy adott viselkedés gyakoriságát mérjük, ne kérdezzünk véleményt, hanem konkrét számokat.

Ne legyen irányított: A kérdések ne sugallják a helyes választ. A semleges megfogalmazás elengedhetetlen.

A kérdések sorrendje: A kérdéseket úgy kell elrendezni, hogy logikusan kövessék egymást, és ne befolyásolják a válaszadókat. A könnyebb, általános kérdésekkel kezdjünk, majd fokozatosan térjünk rá a komplexebbekre.

Teljeskörű válaszlehetőségek: Gondoskodjunk arról, hogy a válaszlehetőségek lefedjék a lehetséges válaszokat. Kerüljük a hiányos válaszlehetőségeket, és adjunk lehetőséget „egyéb” választ is adni, ha szükséges.

Előítéletek és kettős kérdések elkerülése: Két témát egy kérdésbe sűríteni, vagy előítéletes kifejezéseket használni félrevezető és zavart okoz.

Elemzés szempontjából értelmezhető válaszok: A kérdéseket úgy kell kialakítani, hogy a válaszok egyértelműen és könnyen elemezhetők legyenek.

Ne legyen túl fárasztó: Ha túl sok a kérdés vagy a kérdések/válaszok túl komplexek, túl sokáig tart elolvasni és értelmezni őket, akkor a kitöltők belefáradhatnak a folyamatba. Vagy abbahagyják a kérdőív kitöltését, vagy megbízhatatlan válaszokat adnak. Ha a kérdőív élvezetes, az növeli a kitöltés arányát és javítja az adatok minőségét is.

Példák a rossz és a jó kérdőív kérdésekre:

1. Példa

A kutatási kérdés: „Milyen hatása van az online oktatási platformoknak a hallgatók vizsgaeredményeire a matematika tantárgyban?”

Rossz: „Mennyire találja hasznosnak a tanárok által tartott konzultációkat egy online kurzusnál?” Ez a kérdés nem kapcsolódik közvetlenül a kutatási kérdéshez, mivel a konzultációk hasznosságát méri, nem pedig az online platformok hatását a vizsgaeredményekre. Eltér a fő fókuszról, és nem segíti a kutatási cél elérését.

Jó: „Mennyire segítette az online oktatási platform használata a vizsgára való felkészülést a matematika tantárgyban?” Ez a kérdés közvetlenül a kutatási kérdésre vonatkozik, és mérhető választ

ad arról, hogyan befolyásolta az online platform használata a hallgatók felkészülését a vizsgára, ami összhangban van a kutatás céljával.

2. Példa

Rossz: „Mennyire szereti az online tananyagokat?”

Válaszlehetőségek: 1 (egyáltalán nem szereti) – 5 (nagyon szereti). Az alapvető probléma az, hogy a „szereti” túl szubjektív és többféleképpen értelmezhető. Néhány válaszadó az érzelmi élményt, míg mások a tananyag hasznosságát vagy könnyű használhatóságát értékelhetik, ami torzíthatja az eredményeket. Nem biztosít megbízható, mérhető adatokat, amelyek összehasonlíthatók lennének más válaszokkal.

Jó: „Mennyire érzi hatékonynak az online tananyagokat a tanulási folyamatában?”

Válaszlehetőségek: 1 (egyáltalán nem hatékony) – 5 (nagyon hatékony). Ez a kérdés specifikus, jól mérhető, skálázott választ biztosít, így az eredmények könnyen elemezhetők.

3. Példa

Rossz: „Milyen gyakran használja az online oktatási platformokat?”

Válaszlehetőségek: „Soha”, „Ritkán”, „Gyakran”, „Mindig”. A kérdés nem ad meg időintervallumot (pl. naponta vagy hetente), így a válaszok nem lesznek összehasonlíthatók, és nehéz lesz az adatok elemzése.

Jó: „Milyen gyakran használja az online oktatási platformokat egy hét alatt?”

A válaszlehetőségek: „Soha”, „1-2 alkalommal hetente”, „3-4 alkalommal hetente”, „5-6 alkalommal hetente”, „Napi rendszerességgel (7 alkalom vagy több hetente)”. Ez a változat pontosabb

képet ad arról, hogy a válaszadók milyen rendszerességgel használják a platformokat, így az eredmények jobban összehasonlíthatók és értelmezhetők. A kérdés világosan meghatározza az időintervallumot (egy hét), és lehetőséget biztosít az egyértelmű válaszokhoz.

4. Példa

Rossz: „Mennyire elégedett a visszajelzésekkel?”

Válaszlehetőségek: „Egyáltalán nem elégedett”, „Kissé elégedett”, „Semleges”, „Elégedett”, „Nagyon elégedett”. Ez a kérdés túl általános, mivel nem tisztázza, hogy pontosan milyen aspektusra vonatkozik az elégedettség (pl. gyorsaság, minőség, hasznosság). Így a válaszok nem lesznek egyértelműen értelmezhetők, és az elemzés nehezítetté válik.

Jó: „Mennyire elégedett a tanároktól kapott visszajelzések gyorsaságával?”

Válaszlehetőségek: 1 (nagyon elégedetlen) – 5 (nagyon elégedett). Ez a kérdés konkrétan egy aspektust mér (visszajelzések gyorsasága), és jól használható skálát biztosít az elemzéshez.

5. Példa

Rossz: „Mely tényezők befolyásolták leginkább az online tananyagok hatékonyságát az Ön tanulási folyamatában? (Válasszon ki akár több lehetőséget, és értékelje mindegyik fontosságát 1-től 5-ig terjedő skálán!)”

Válaszlehetőségek:

- A tananyag minősége (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)
- Az oktatási platform kezelhetősége (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)

- A tanárok visszajelzése (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)
- Az időbeosztás rugalmassága (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)
- A tananyag elérhetősége (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)
- A tanulók motivációja (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)
- A technikai problémák (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)
- Az internetkapcsolat sebessége (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)
- Egyéb (kérem, részletezze) (Értékelés: 1 – egyáltalán nem fontos, 5 – nagyon fontos)

Ez a multi choice kérdés túl sok opciót ad meg, és a válaszadók akár több tényezőt is választhatnak, ami nagymértékben megnehezíti az elemzést. Az ilyen típusú kérdéseknél az adatok rendszerezése és értelmezése szinte lehetetlen feladat, mivel a különböző válaszkombinációk száma nagyon magas lehet, ami megnehezíti a világos következtetések levonását. Ez még akkor is igaz, ha nem engedjük kiválasztani, hogy melyik válaszlehetőséget pontozzák, hanem az összeset pontozniuk kell.

Jó: „Az alábbi tényezők közül melyik befolyásolta leginkább az online tananyagok hatékonyságát az Ön tanulási folyamatában? (Válasszon egyet!)”

Válaszlehetőségek:

- A tananyag minősége
- Az oktatási platform kezelhetősége
- A tanárok visszajelzése
- Az időbeosztás rugalmassága
- A tananyag elérhetősége

- *A technikai problémák*
- *Az internetkapcsolat sebessége*

Ez a változat egyszerűbbé teszi az elemzést, mivel a válaszadóknak csak egy tényezőt kell kiválasztaniuk, amelyet legfontosabbnak tartanak. A válaszok világosan összehasonlíthatók, mivel csak egy változó van minden válaszadónál, így könnyebb az egyes tényezők relatív fontosságát megállapítani. A válaszlehetőségek kódolása és az eredmények összehasonlítása egyszerűbb, mivel egyértelmű válaszokat kapunk, és nem kell összetett kombinációkat kezelni. Ezáltal az adatok könnyebben elemezhetők és a statisztikai feldolgozás is egyszerűbbé válik, miközben az eredmények következetesebbek és átláthatóbbak lesznek.

6. Példa

Rossz: „Milyen gyakran használja az egyetemi könyvtárat és az online adatbázisokat?”

Válaszlehetőségek: „Soha”, „Ritkán”, „Gyakran”, „Mindig” Ez a kérdés két különböző dolgot kérdez egyszerre, így nehéz meghatározni, hogy a válaszadó melyikre reagál (a könyvtárra vagy az adatbázisokra?). Ez zavart és hibás adatokat eredményezhet.

Jó: „Milyen gyakran használja az egyetemi könyvtárat egy héten belül?”

Válaszlehetőségek: „Soha”, „1-2 alkalommal hetente”, „3-4 alkalommal hetente”, „5-6 alkalommal hetente”, „Napi rendszerességgel”

És külön kérdés az online adatbázisokra:

„Milyen gyakran használja az egyetemi online adatbázisokat egy héten belül?” Ez a változat világosan elkülöníti a két különböző erőforrást, így a válaszok konkrétak és jobban elemezhetők.

7. Példa

Rossz: „Mennyire találja hasznosnak a csoportmunkát a tanulmányai során?”

Válaszlehetőségek: „Egyáltalán nem”, „Kissé”, „Nagyon”, „Extrem módon” A válaszlehetőségek nem egyenletesen skálázottak, mivel a „Kissé” és „Nagyon” közötti átmenet nincs jól meghatározva, ami miatt a válaszadók számára nehéz lehet pontosan elhelyezni a válaszaikat. Ráadásul a „csoportmunka” különféle kontextusokban értelmezhető, ami szintén pontatlansághoz vezethet.

Jó: „Mennyire találja hasznosnak a csoportmunkát az egyetemi órákon?”

Válaszlehetőségek: „Egyáltalán nem hasznos”, „Kissé hasznos”, „Mérsékeltlen hasznos”, „Nagyon hasznos”, „Rendkívül hasznos” A válaszlehetőségek fokozatosan skálázottak, lehetőséget adva a válaszadóknak, hogy árnyaltabb véleményt adjanak. A kérdés pontosítja, hogy melyik környezetben (egyetemi órákon) mérjük a csoportmunkát, így jobban segít a kérdésre vonatkozó konkrét adatgyűjtésben.

8. Példa

Rossz: „Mennyire érzi, hogy a tanárok által nyújtott visszajelzések segítenek a fejlődésében?”

Válaszlehetőségek:

- „A visszajelzések ritkán hasznosak, mivel gyakran túl általánosak vagy nem elég részletesek ahhoz, hogy konkrét iránymutatást adjanak.”
- „A visszajelzések néha érthetők, de gyakran homályosak és nem mindig nyújtanak elegendő útmutatást a további fejlődéshez.”

- „A visszajelzések általában hasznosak, de néha nem elég részletesek ahhoz, hogy pontosan tudjam, mit kell tennem.”
- „A visszajelzések mindig teljesen érthetők, részletesek, és minden esetben segítettek abban, hogy pontosan tudjam, miben kell fejlődnöm és hogyan tegyem meg.”

Ez a kérdés túlságosan részletes válaszokat ad, amelyek olvasása és értelmezése sok időt igényelhet a válaszadótól, ami fáradtságot és frusztrációt okozhat.

Jó: „Mennyire segítik a tanári visszajelzések a fejlődését?”

Válaszlehetőségek:

- „Egyáltalán nem segítenek”
- „Ritkán segítenek”
- „Többnyire segítenek”
- „Nagyon segítenek”

Ez a verzió rövidebb, világosabb válaszlehetőségeket biztosít, így a válaszadás gyorsabb és könnyebb, anélkül, hogy a válaszadó kifáradna.

HOGYAN LEHET ELŐZETESEN MEGBIZONYOSODNUNK A KÉRDŐÍVÜNK MEGBÍZHATÓSÁGÁRÓL ÉS ÉRVÉNYESSÉGÉRŐL?

A kérdőív megbízhatóságáról (*reliability*) és érvényességéről (*validity*) előzetesen megbizonyosodni kulcsfontosságú, hiszen a rosszul kialakított kérdések torz eredményekhez vezetnek. Ma már a tudományos publikációk bírálói is rendszeresen számonkérlik, hogy hogyan ellenőrizték a kérdőívünk minőségét. Itt van néhány szempont és módszer, amelyek segíthetnek biztosítani a kérdőív jó minőségét, de legalábbis meg szokta nyugtatni a

bírálókat. Ezek a módszerek első olvasásra akár gyermetegnek, felesleges túlbonyolításnak is tűnhetnek, de nem így van. Sokat segíthetnek, olyan hibákat, félreérthetőségeket tisztázhatnak, amelyeket a kérdések összeállítója már azért nem vesz észre, mert neki bizonyos dolgok már nyilvánvalónak tűnnek, de egy válaszadónak nem.

Face validity (Első benyomás alapú érvényesség)

A **Face validity** azt vizsgálja, hogy a kérdések első ránézésre megfelelően mérik-e azt, amit mérni szeretnénk. A gyakorlati megvalósítása a következő lépéseken alapul:

- *Szakértői felülvizsgálat*: Szakértők (akik a vizsgált területhez értenek) átnézik a kérdőívet, és véleményt alkotnak arról, hogy a kérdések relevánsak és pontosak-e a kutatási cél szempontjából.
- *Laikus tesztelés*: Kérjünk meg néhány laikust, hogy tekintsék át a kérdéseket, és mondják el, szerintük azok világosak-e, és tükrözik-e a kívánt célt. Ez segít felmérni, hogy a kérdések érthetőek-e azok számára, akik a kérdőívet kitöltik majd.
- *Több körben történő finomítás*: A kapott visszajelzések alapján módosítsuk a kérdéseket, majd ismét végezzük el a tesztet, hogy lássuk, javult-e a megértés és a célhoz illeszkedés.

Content validity (Tartalmi érvényesség)

A **Content Validity** azt méri, hogy a kérdőív lefedi-e a teljes témát, amit a kutatási kérdések érintenek. Ennek gyakorlati megvalósítása a következőképpen történhet:

- *Szakértői panel összehívása*: Több szakértőt bevonva egy panelt alakítunk, amely áttekinti a kérdőívet. A szakértők minden kérdést külön értékelnek, és megvizsgálják, hogy azok lefedik-e a kutatási téma minden lényeges aspektusát.

- *Tartalmi mátrix készítése:* Készítsünk egy mátrixot, amelyben felsoroljuk a kutatási kérdéseket és a kérdőív kérdéseit. A mátrixban megjelöljük, hogy mely kérdések melyik kutatási aspektust fedik le, így biztosítva, hogy minden fontos terület érintve legyen.
- *Hiányosságok feltárása:* Ha bármely kutatási aspektus alul reprezentált, további kérdéseket kell hozzáadni, vagy átfogalmazni a meglévőket, hogy azok jobban illeszkedjenek a teljes tartalmi körhöz.

Pilot study (Próbavizsgálat)

A **Pilot study** egy kisebb mintán végzett teszt, amely feltárja a kérdőív hibáit és hiányosságait a megbízhatóság és az érvényesség szempontjából. Ennek gyakorlati megvalósítása:

- *Kisebbs minta kiválasztása:* Válasszunk ki egy kisebb csoportot (pl. 10–20 fő), amely reményeink szerint reprezentálja a teljes célcsoportot, akik számára a kérdőívet terveztük.
- *Kérdőív kitöltése:* Kérjük meg őket, hogy töltsék ki a kérdőívet. Fontos, hogy a résztvevők a kitöltés során jegyzeteket készíthessenek, ha valamit nehezen értenek vagy nem egyértelmű számukra.
- *Visszajelzések gyűjtése:* A kitöltés után kérdezzük meg a résztvevőket, hogy mely kérdéseket találták nehéznek vagy zavarosnak. Ez segít feltárni a kérdőív szerkezeti vagy megfogalmazási problémáit.
- *Javítás és újra próbálás:* Az első próbavizsgálat eredményei alapján finomítsuk a kérdéseket, és ha szükséges, végezzünk egy újabb tesztelést, amíg a kérdőív megfelelően működik.

A kérdőív finomhangolása interjúkkal

A kérdőív kitöltését követően végzett **interjúk** segítenek megérteni, hogyan értették meg a válaszadók a kérdéseket. Ennek gyakorlati megvalósítása:

- *Problémás kérdések azonosítása:* Az interjúk során kiderülhet, ha egy kérdést másképp értelmeztek, mint ahogy azt mi terveztük. Ilyen esetekben átgondoljuk és módosítjuk a kérdést, hogy a jövőbeni válaszadók egyértelműen tudják értelmezni.

Konklúzió

A kérdőíves felmérések hatékonysága nagymértékben függ a kérdések helyes megfogalmazásától. Ahogy a cikk bemutatta, a kutatási kérdések pontossága és a kérdőív kérdéseinek világossága, specifikussága kulcsfontosságú a releváns és mérhető adatok gyűjtéséhez. A rosszul megfogalmazott kérdések, amelyek homályosak vagy túl általánosak, torz eredményekhez vezethetnek, és megnehezítik az elemzést. Ezen túlmenően a kérdőív validitásának és megbízhatóságának előzetes ellenőrzése – például szakértői felülvizsgálatok és próbavizsgálatok révén – biztosítja, hogy a kérdőív alkalmas legyen a kutatási kérdések megválaszolására. A megfelelő kérdésfeltevés alapjaiban határozza meg a kutatási folyamat sikerét, és segít megelőzni a gyakori hibákat, amelyek negatívan befolyásolhatják az eredményeket.

Irodalom

- Bryman, A. (2016): *Social research methods* (5th Ed.). Oxford University Press.
- Cohen, L.–Manion, L.–Morrison, K. (2018): *Research methods in education* (8th Ed.). Routledge.
- Creswell, J. W. (2014): *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th Ed.). SAGE Publications.
- Csapó, B. (2004): *Tudás és iskola*. Műszaki Könyvkiadó.
- Dörnyei, Z. (2007): *Research methods in applied linguistics: Quantitative, qualitative, and mixed methodologies*. Oxford: Oxford University Press.
- Falus, I. (1998): *Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe*. Műszaki Könyvkiadó.
- Field, A. (2017): *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th Ed.). SAGE Publications.
- Molnár, G. (2016): *Az oktatási technológia alapjai*. Typotex Kiadó.
- Pataki, Gy.–Halász, G. (2010): *Kérdőíves kutatások tervezése és lebonyolítása az oktatáskutatásban*. Oktatókutató Intézet.
- Varga, J.–Kárpáti, A. (2009): *A pedagógiai értékelés elmélete és gyakorlata*. Műszaki Könyvkiadó.

Bognár László

Így szoktuk elrontani az oktatási felméréseinket a résztvevők kiválasztásánál

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Matematika és Számítástudományi Tanszék

bognarl@uniduna.hu

Kulcsszavak: Oktatási felmérések; résztvevők kiválasztása; leíró statisztikai elemzések; mintavétel; reprezentativitás; téves következtetések; mintavételi hibák; statisztikai elemzések.

Absztrakt:

Ez a cikk az oktatási felmérések egyik legkritikusabb részére, a résztvevők kiválasztására összpontosít – vagyis arra, ahol igazán elrontjuk. Bemutatom, hogy van esélyünk arra, hogy már a leíró statisztikai elemzéseknél téves következtetésekre jussunk. A mintavétel során elkövetett hibák pedig gyakorlatilag garantálják, hogy az eredményeink téves következtetésekhöz vezessenek. Végig vesszük a leggyakoribb hibákat, amelyeket hajlamosak vagyunk elkövetni, amikor reprezentatív mintát szeretnénk kapni. Nemcsak a hibákra próbálok rávilágítani, hanem még néhány jótanácsot is adok – azoknak, akik esetleg tényleg el akarnak kerülni ezeket a hibákat. Az ironia csupán azért van, mert bár sokszor tudjuk, mit is kellene tennünk, mégis újra és újra beleesünk ugyanabba a csapdába.

Bevezetés

Ha véletlenül nem rontottuk el a felmérésünket a kérdéseink megfogalmazásánál, azért még maradtak további lehetőségeink. A felmérésben résztvevők kiválasztása, vagy éppen „ki nem választása” még komoly eséllyel kecsegtet. Itt a hibák elkövetésé-

nek módja egy kicsit már összefolyik a statisztikai elemzésünk céljával, így külön szólok a csupán leíró jellegű elemzésekről, és aztán azokról, amelyek alapján szélesebb körű, általánosabb következtetéseket szeretnénk levonni.

Résztvevők a leíró jellegű elemzéseknél

A leíró statisztikai elemzések célja csupán az adatok alapvető tulajdonságainak összegzése és emészthető módon való bemutatása látványos ábrákkal, vagy sokatmondó összegző adatokkal. Kiemelten fontos, hogy pontosan dokumentáljuk, kiknek az adataira épül az elemzés. Bár nem végzünk mintavételt, alapvető, hogy világosan leírjuk a résztvevőket és az adatgyűjtési folyamatot. Az adatok kontextusba helyezése – például a válaszadók demográfiai jellemzőinek és a válaszadási arányoknak a bemutatása – elengedhetetlen ahhoz, hogy a statisztikai eredmények helyesen értelmezhetőek legyenek. Fontos, hogy mely csoportok nem képviseltették magukat az adatokban.

1.1 MIRE NEM VALÓ A LEÍRÓ STATISZTIKAI ELEMZÉS?

Itt van néhány dolog, amire nem alkalmas a leíró statisztikai elemzés:

- *Általánosítások megfogalmazása, következtetések levonása a populációra:* A leíró statisztikák nem alkalmasak arra, hogy a minta adatai alapján következtetéseket vonjunk le egy nagyobb hallgatói sokaságra. Erre csak a következtető statisztika eszköztára, a becslélmélet, vagy a hipotézisvizsgálatok módszertana alkalmas.

- *Ok-okozati kapcsolatok feltárása:* A leíró statisztikák nem adnak információt az ok-okozati kapcsolatok megértéséhez. Csak a megfigyelt adatok mintázatát mutatják be, de nem mondják meg, mi okozza ezeket a mintázatokat.
- *Hipotézisek tesztelése:* A leíró statisztikai elemzések nem teszik lehetővé statisztikai hipotézisek tesztelését, például annak meghatározását, hogy egy adott mintázat az adatokban szignifikáns-e vagy véletlenszerű.

Összességében a leíró statisztika arra szolgál, hogy rendszerezetten és érthetően bemutassa az adatokat, de nem alkalmas mélyebb következtetések vagy általánosítások levonására.

HOGYAN KELL DOKUMENTÁLNI EGY LEÍRÓ ELEMZÉST?

- *A célcsoport pontos meghatározása*

Példa: „A felmérés a Dunaújvárosi Egyetem összes hallgatójára kiterjedt, beleértve az alapképzésben, mesterképzésben és doktori képzésben részt vevő diákokat.”

- *Az adatgyűjtés módjának bemutatása*

Példa: „Az adatok online kérdőíves felmérés formájában kerültek begyűjtésre az egyetem belső platformján keresztül, amelyet minden hallgató számára elérhetővé tettek.”

- *A részvételi arány közlése*

Példa: „A kérdőívet 800 hallgató töltötte ki a 2000-ből, ami 40%-os válaszadási arányt jelent.”

– Hiányzó csoportok vagy résztvevők megemlítése

Példa: „Az adatok nem tartalmazzák azokat a hallgatókat, akik nem használják rendszeresen az egyetem online platformját, illetve azokat, akik nem válaszoltak a kérdőívre.”

– Az adatgyűjtési időszak megadása

Példa: „Az adatgyűjtés 2024 szeptemberében zajlott, és három hétig tartott.”

– Demográfiai jellemzők

Példa: „A résztvevők 60%-a nő volt, 40%-a férfi, az életkoruk 18 és 25 év között volt.”

– Résztvételi feltételek

Példa: „A kérdőív kitöltése teljesen önkéntes volt, és névtelenül történt.”

– Korlátok és torzítások

Példa: „Mivel a kérdőívet online formában osztották ki, a digitálisan kevésbé hozzáférő hallgatók részvétele alacsonyabb lehetett, ami torzíthatja az eredményeket.”

ÍGY SZOKTUK LEGGYAKRABBAN ELRONTANI A LEÍRÓ ELEMZÉSEINKET

Amikor grafikonok vagy számadatok tendenciáit látjuk, könnyen hajlamosak lehetünk túlzott általánosításokat levonni, még akkor is, ha csak leíró adatokat elemzünk, és nem áll rendelkezésünkre következtető statisztikai adat.

– Túlzott általánosítás az adatok alapján

Példa: „Csak leíró statisztikákra (pl. átlagok, gyakoriságok) alapozva túlzott következtetéseket vonunk le, anélkül, hogy a mintavétel miatti torzítást vagy a kis elemszámú minták miatti bizonytalanságot figyelembe vennénk.”

– Tendenciák félreértelmezése

Példa: „Az adatok grafikus megjelenítésekor (pl. oszlopdiagramok, vonaldiagramok) hajlamosak lehetünk az észlelt minták alapján ok-okozati következtetéseket levonni, anélkül, hogy tisztáznánk, csak leíró adatokat vizsgálunk.”

– Megtévesztő vizuális megjelenítés

Példa: „Olyan grafikonokat vagy diagramokat használunk, amelyek túlhangsúlyoznak apró különbségeket vagy véletlen ingadozásokat, így a valós tendenciáknál nagyobb jelentőséget tulajdonítunk nekik.”

– Kisebb különbségek túlértékelése

Példa: „Ha leíró statisztikákkal apró különbségeket látunk (pl. néhány tizedes eltérés az átlagok között), hajlamosak vagyunk ezeket fontosnak tekinteni, miközben ezek a különbségek lehetnek irrelevánsok vagy véletlenszerűek.”

– A szélsőséges értékek félrevezető hatása

Példa: „Szélsőséges értékek (outlierek) alapján hajlamosak vagyunk torz következtetéseket levonni, mivel ezek eltérítik az adatokat a valós tendenciáktól.”

Ezek a hibák mind ahhoz vezethetnek, hogy a leíró statisztikai elemzések alapján helytelen vagy túlzott következtetéseket vonunk le, amelyekre a rendelkezésre álló adatok nem adnak alapot.

Résztvevők a mintavételes felméréseknél

A ROSSZ HÍREK

Mindenki arra törekszik, hogy olyan cikket írjon, amelyet széles körben olvasnak, és amelynek az eredményeit minél szélesebb körben, minél nagyobb hallgatói sokaságra lehet alkalmazni.

Azt minden kutató tudja, hogy ennek a záloga az úgynevezett reprezentatív minta. Ezért aztán mindenki igyekszik reprezentatív mintát venni – vagy legalább elhitetni, hogy amit használ, az tényleg reprezentatív. Nos, ez általában csak többé-kevésbé sikerül. Inkább kevésbé.

Az első rossz hír: Valójában olyan, hogy reprezentatív minta, nem létezik. Egy véletlenszerű minta soha nem fogja teljesen tükrözni a sokaság jellemzőit. Amit valójában használunk, az a reprezentatív mintavételi technika, csak pongyolán és röviden reprezentatív mintáról szoktunk beszélni. A reprezentatív mintavételi technika azt jelenti, hogy elméletben, ha végtelen sokszor vennénk mintát, akkor a különböző minták statisztikai mutatói (átlag, szórás, eloszlás stb.) az ismeretlen sokasági jellemző körül ingadoznának, szóródnának, nem valami más érték körül. Úgy is szoktuk mondani, hogy az ilyen mintákból „torzítatlan” becsléseket tudunk végezni.

De nekünk a valóságban csak egy mintánk van, így soha nem lehetünk teljesen biztosak abban, hogy amit ebből a mintából látunk, az a teljes sokaságra is igaz. Ennek a bizonytalanságnak a mértékét ugyan szoktuk számszerűsíteni, de ennek az értelmezése is még egy külön misét. Erre a statisztikai elemzésekről szóló másik kis cikkben térek ki.

Az egyetlen, elméletileg is torzítatlan becslést eredményező mintavételi technika az úgynevezett *egyszerű véletlen mintavétel*. Ez a kalapból véletlenszerű kihúzás, vagy ennek modern változata a véletlenszámgenerátoros kiválasztás.

Minden más technika, *a rétegzett mintavétel, a klaszteres mintavétel, a szisztematikus mintavétel stb.* már elméletileg sem biztos, hogy torzítatlan eredményt ad. Például gondoljunk a rétegzett mintavételre, ahol a sokaságot rétegekre osztjuk (nők, férfiak, alapképzésesek, mesterképzésesek stb.), és azokból veszünk véletlen mintát. Mivel a rétegek számának, jellegzetességeinek meghatározása egy szubjektív elem, tőlünk függ, torzított eredményt adhat.

A második rossz hír: az oktatási kutatásokban gyakran nemcsak a minta nem lesz reprezentatív, de még a mintavételi technikát sem tudjuk tökéletesen reprezentatívvá tenni.

Ennek a megértéséhez tisztázzunk egy alapvetést: Egy minta csak arra sokaságra vonatkozóan „reprezentatív”, amelyből őt reprezentatív mintavételi technikával vettük.

Ez talán kicsit fából vaskarikának tűnik, de talán az alábbi példák jól szemléltetik, mit jelent ez a mi gyakorlatunkban, és hogyan rontjuk el gyakran a reprezentativitást, és próbáljuk az eredményeinket olyan sokaságra általánosítani, amelyre vonatkozóan ezt talán nem is lenne szabad.

PÉLDÁK

1. Példa: Tanárképzős hallgatók. Összegyűjtjük az önként válaszolók adatait

Képzeljük el, hogy kiküldünk egy kérdőívet a Dunaújvárosi Egyetem tanárképző szakos hallgatóinak, és a hallgatóknak körülbelül a fele önként válaszolt erre. Az a kérdés, hogy milyen hallgatói sokaságra is általánosíthatjuk nyugodt szívvel az eredményeinket?

– *A tényleges statisztikai sokaság: A Dunaújvárosi Egyetem tanárképzős hallgatói közül az önként válaszolók csoportja*

Alapvetően az eredmények csak azokra a hallgatókra vonatkozathatók, akik önként kitöltötték a kérdőívet. Ez egyáltalán nem biztos, hogy a teljes tanárképzős hallgatói populációt reprezentálja, mivel az önként válaszolók különbözhetnek azoktól, akik nem válaszoltak (pl. érdeklődésük, motivációjuk vagy időbeosztásuk miatt). Az eredmények tehát csak az önként válaszolók csoportjára lehetnek biztosan érvényesek.

– *Általánosítás a Dunaújvárosi Egyetem összes tanárképzős hallgatójára*

Az eredmények elméletileg akkor lennének általánosíthatók a Dunaújvárosi Egyetem összes tanárképzős hallgatójára, ha biztosak lennének abban, hogy az önként válaszolók nem különböznek lényegesen a nem válaszolóktól. Ez a gyakorlatban ritkán igaz, mert a válaszadási hajlandóságot befolyásolhatja számos tényező, például a hallgatók tanulmányi eredményei, érdeklődése vagy a felmérés iránti motivációja. Így tehát az eredmények csak korlátozottan általánosíthatók a teljes tanárképzős hallgatói populációra.

– *Általánosítás a Dunaújvárosi Egyetem összes hallgatójára*

Az általánosítás még nehezebb, ha az egész egyetem hallgatói körére szeretnénk kiterjeszteni az eredményeket. A tanárképzős hallgatók egy speciális csoportot alkotnak, akik tanulmányaik során eltérő tapasztalatokkal és érdeklődési körrel rendelkezhetnek, mint például a mérnöki vagy informatikai kar hallgatói. Az eredmények általánosítása az egyetem más szakos hallgatóira nem ajánlott, mivel a különböző szakterületek hallgatói valószínűleg eltérő tapasztalatokat, véleményeket és motivációkat hoznak.

– *Általánosítás más egyetemek tanárképzős hallgatóira*

Ha arra szeretnénk következtetni, hogy a Dunaújvárosi Egyetem tanárképzős hallgatóira vonatkozó eredmények általánosíthatók más egyetemek tanárképzős hallgatóira is, akkor óvatosnak kell lennünk. Az egyetemek közötti különbségek – például az oktatási módszerek, a hallgatói kör jellemzői, vagy az intézmények által nyújtott támogatás – jelentősen befolyásolhatják a válaszokat. Ezért a megállapítások más egyetemek tanárképzős hallgatóira való általánosítása korlátozott, és alaposabb vizsgálatot igényel.

– *Általánosítás a nappali és levelező tagozatos hallgatókra*

Ha a válaszadók között mind nappali, mind levelező tagozatos hallgatók szerepelnek, akkor az eredmények általánosítása ezen csoportokra külön elemzést igényelne. A nappali tagozatos hallgatók tapasztalatai, időbeosztása és tanulási környezete jelentősen eltérhet a levelező tagozatosokétól, akik gyakran munka mellett tanulnak. Ha a két csoport különböző tapasztalatokkal rendelkezik, akkor a vegyes hallgatói minta eredményeinek általánosítása mindkét tagozatra megalapozatlan lehet. Külön elemzés szükséges annak megértéséhez, hogy az eredmények mennyire különböznek a két tagozat között.

– *Összefoglalva*

Az eredmények biztosan csak az önként válaszolókra vonatkoztathatók, és még a Dunaújvárosi Egyetem teljes tanárképzős hallgatói populációjára való általánosítás is kérdéses lehet. Az eredmények más egyetemek hallgatóira, vagy más szakokra történő általánosítása pedig még nagyobb fenntartásokkal kezelendő, mivel a tanulmányi környezetek és tapasztalatok jelentősen eltérhetnek.

2. Példa: További körökben is összegyűjtjük az önként válaszolók adatait

Ha egy hónap múlva újból kiküldjük a kérdőívet, és feltételezzük, hogy senki nem válaszolhat kétszer, akkor az újabb adatgyűjtés növeli a válaszadók számát, de ez nem oldja meg automatikusan a reprezentativitás kérdését. Azok, akik az első körben nem válaszoltak, valószínűleg más okok miatt nem tettek így, például érdektelenségből vagy időhiányból, és elképzelhető, hogy az új válaszadók sem lesznek teljesen reprezentatívak az összes hallgatóra nézve.

Az ilyen helyzetben az eredmények továbbra is csak azokra a hallgatókra lesznek érvényesek, akik az első vagy második körben válaszoltak. Bár a válaszadók száma növekszik, nem biztos, hogy a válaszolók jobban tükrözik a teljes hallgatói populációt. A nem válaszolókat (akik sem az első, sem a második körben nem válaszoltak) továbbra sem képviselik a válaszok, és emiatt a mintánk nem garantálja, hogy az egész tanárképzős populációra vonatkozóan következtetéseket vonhatnánk le.

Így tehát az újbóli kiküldés növeli ugyan a válaszadási arányt, de az eredmények továbbra is csak a válaszadók körére vonatkoztathatók, nem pedig az egész hallgatói populációra.

3. Példa: Kötelezővé tesszük a kérdőív kitöltését

A kérdőív kitöltésének kötelezővé tétele nem feltétlenül javítja a reprezentativitást, és sok esetben akár tovább is torzíthatja az eredményeket. A kötelező kitöltés ugyanis különböző hallgatói reakciókat válthat ki, és ezek az ellenérzések megjelenhetnek a válaszokban. Íme néhány fontos szempont, amelyet figyelembe kell venni ebben az esetben:

- Kényszer hatására torzuló válaszok

Amikor a kitöltést kötelezővé tesszük, sok hallgató nem azért tölti ki a kérdőívet, mert valódi érdeklődést mutat a téma iránt, vagy hiteles válaszokat szeretne adni. Sokuk számára ez egy adminisztratív teher lesz, amit minél hamarabb le akarnak tudni. Ez különösen akkor jelent problémát, ha a kérdőív témája számukra nem releváns, vagy ha az intézményes elvárásokat túlzónak érzik.

Ennek eredményeképp az eredmények torzulhatnak, mivel:

- Gyorsan, átgondolatlanul tölthetik ki a kérdőívet.
- Egyesek cinikus vagy semleges, esetenként minden kérdésre teljesen azonos válaszokat adhatnak a kötelezettség miatti frusztrációjuk kifejezéséeként.
- Mivel az elégedetlenség általában negatívan befolyásolja a kérdésekre adott válaszokat, ez szisztematikus torzítást eredményezhet az eredményekben.
- Reprezentativitási illúzió

Bár elméletben a kötelezővé tett kitöltés biztosítja, hogy mindenki válaszoljon, ez nem jelenti azt, hogy az eredmények reprezentatívak lesznek a hallgatói populáció tényleges véleményeire nézve. A kényszer hatására adott válaszok nem tükrözik hitelesen a hallgatói álláspontokat, így az adatokból levont következtetések félrevezetőek lehetnek.

4. Példa: Ösztönzőket használunk a kitöltési arány növelésére

Az ösztönzők, mint például a kedvezmények vagy a plusz pontok, motiválhatják a hallgatókat a kérdőív kitöltésére. Azok a hallgatók is válaszolhatnak, akik egyébként nem érdekeltek a felmérés témájában, vagy nem szánnának időt a kitöltésre. Ezáltal több válaszadónk lehet, ami elméletben közelebb visz a teljes sokaság reprezentálásához.

Azonban ennek is vannak potenciális hatásai az eredmények megbízhatóságára és reprezentativitására.

– *Motivációs torzítás*

Azok a hallgatók, akik a kedvezményért vagy a plusz pontokért töltenek ki egy kérdőívet, nem feltétlenül azért válaszolnak, mert érdeklik őket a kérdések vagy valódi véleményt akarnak megosztani.

– Gyorsan és átgondolatlanul válaszolhatnak, csökkentve a válaszok minőségét.

– Azok, akik egyébként nem töltötték volna ki a kérdőívet, esetleg teljesen más módon gondolkodnak a kérdőív tárgyáról, mint azok, akik valódi érdeklődéssel válaszoltak volna.

– Az ösztönzők elfedhetik, hogy valójában ki érdeklődik a kérdések iránt, és ki tölti ki a kérdőívet pusztán a jutalomért. Így az eredményekben nem feltétlenül tükröződik a tényleges érdeklődés vagy vélemény a felmérés témájával kapcsolatban.

Az ilyen típusú ösztönzésekkel gyűjtött adatok alapján levont következtetéseket óvatosan kell kezelni, mert ezek nem mindig tükrözik a hallgatók valódi véleményét vagy tapasztalatait.

5. Példa: Válaszok az egyetem széles hallgatói rétegeiből

A többféle szakról, évfolyamról, tagozatról stb. vegyesen érkező válaszok lehetőséget adnak a „jobb” reprezentativitás felé. Azonban, ha egyes csoportokból aránytalanul több válasz érkezik, mint másokból, az eredmények továbbra sem lesznek reprezentatívak az egyetem összes hallgatójára nézve.

Akkor mégis hogyan vegyünk mintát?

Az igazán reprezentatív mintavétel, bármennyire is kívánatos, a gyakorlatban szinte lehetetlen, mindig kompromisszumokkal jár. Minden mintavételi technika hordoz magában bizonyos fokú nem-reprezentativitási kockázatot, és soha nem lehetünk biztosak abban, hogy a minta tökéletesen tükrözi a célpopulációt. A különböző mintavételi technikák más-más típusú torzításokkal járnak, ezért fontos tudatosan mérlegelni, melyik módszer milyen kockázatot hordoz.

Felvállalva szubjektivitás kockázatát, az alábbiakban sorba rendezem a példákban említett technikákat a legnagyobb nem-reprezentativitási kockázattól a legkevésbé kockázatosig, és néhány óvatos tanácsot is adok az alkalmazásukhoz.

MELYIK A LEGKOCKÁZATOSABB?

– Csak egy bizonyos réteg (például szak, évfolyam, tantárgy stb.) adataiból általánosítani (legnagyobb kockázat)

Ez a legnagyobb nem-reprezentativitási kockázattal jár, mivel az általánosítás alapja egy szűk, homogén csoport. Ha például csak egyetlen szakról vagy évfolyamról gyűjtünk adatokat, akkor az eredmények nem tükrözik az egyetem többi hallgatójának véleményét, akik jelentősen különbözhetnek e csoporttól. Az ilyen típusú minta nem képes figyelembe venni a hallgatói sokaság változatosságát, és a következtetések torzítottak lesznek.

Miért rosszabb, mint a többi?

Egyetlen rétegből (pl. csak egy szak vagy évfolyam) érkező adatok nem mutatják meg az egyetemi populáció sokszínűségét, és a minta túlzottan homogén. Az eredmények kizárólag az adott

csoport sajátosságait tükrözik, így rendkívül korlátozott a reprezentativitás.

Tanács: Ha ilyen mintavételre van lehetőség, akkor nagyon körültekintően kell eljárni az általánosításnál. Világosan kommunikálni kell, hogy az eredmények csak az adott csoport véleményére vonatkoznak, és nem alkalmazhatók más csoportokra vagy az egész hallgatói populációra.

– Csak az önkéntes válaszadókból általánosítani

Az önkéntes válaszadók általában azok közül kerülnek ki, akik érdekeltek vagy motiváltabbak a kérdőív témájában. Ez a torzítás akkor is fennáll, ha több különböző szakból érkeznek válaszok, mivel az aktívabb vagy érdeklődőbb hallgatók válaszolnak. Az önkéntes válaszadás tehát egy szűrt csoportot eredményez, és nem garantálja, hogy a teljes populáció véleménye megjelenik a válaszokban.

Miért jobb, mint az előző?

Bár az önkéntes válaszadók csoportja torzított lehet, mégis több szak vagy évfolyam bevonható, mint amikor csak egyetlen rétegre koncentrálunk. Az önkéntes válaszadás még mindig jobb, mint a szűk, homogén mintavétel, mivel legalább többféle csoport képviseltetheti magát a válaszokban.

Tanács: Ilyen helyzetben célszerű minél több szakból és évfolyamból adatokat gyűjteni, hogy legalább részlegesen csökkentjük a torzítást. Fontos felhívni a figyelmet arra, hogy az önkéntes válaszadók különbözhetnek a nem válaszolóktól, és ennek megfelelően érdemes az eredmények általánosítását óvatosan kezelni.

– A kötelezővé tett kitöltésre válaszolók válaszaiból általánosítani

A kötelező kitöltés magasabb válaszadási arányt biztosít, ami szélesebb mintát eredményezhet.

Miért jobb, mint az előző?

A kötelező kitöltés kiküszöböli az önkéntességből fakadó válaszadási torzítást, mivel mindenkitől érkeznek válaszok, nem csak a motivált hallgatóktól. Így a válaszadók szélesebb köre képviselteti magát, még ha a válaszok minősége néha gyengébb is lehet a kényszer miatt.

Tanács: Ha a kérdőív kitöltése kötelező, különösen figyelni kell arra, hogy a válaszadók kényelmesen érezzék magukat, és ne érezzék túlságosan terhesnek a folyamatot. Érdemes hangsúlyozni a kérdőív célját, és ösztönözni az őszinte válaszokat, minimalizálva a frusztrációt vagy a sietséget.

– Valamilyen ösztönzők bevetése utáni válaszokból általánosítani

Az ösztönzők (pl. jutalmak, plusz pontok) használata növelheti a válaszadási arányt anélkül, hogy a kötelezővé tétellel járó frusztrációt okoznának. A válaszadók szélesebb rétegeit vonhatjuk be, mivel az ösztönzők olyan hallgatókat is motiválhatnak, akik egyébként nem válaszoltak volna.

Miért jobb, mint a kötelező kitöltés?

Az ösztönzők ösztönzik a válaszadást anélkül, hogy a kényszer hatására adott felületes válaszokkal kellene számolnunk. Bár a válaszok minősége itt sem mindig tökéletes, az önkéntesség és a motiváció keveréke nagyobb eséllyel eredményez jobb minőségű adatokat, mint a kötelező kitöltés.

Tanács: Fontos az ösztönzőket úgy beállítani, hogy a hallgatók ne érezzék úgy, hogy pusztán a jutalomért válaszolnak. Az ösztönzők mellett érdemes hangsúlyozni a kérdőív célját és fontosságát is, hogy a válaszadók valóban őszintén válaszoljanak.

– Az egész hallgatói sokaságból érkező önkéntes válaszokból általánosítani (legkisebb kockázat)

Az önkéntes válaszok gyűjtése az egyetem teljes hallgatói sokaságából a legkisebb kockázatú módszer, feltéve, hogy a válaszok különböző szakokról, évfolyamokról és tagozatokról érkeznek. Ez a minta a legszélesebb rétegeket fedi le, így jobban tükrözi a teljes hallgatói populációt, bár továbbra is fennáll az önkéntes válaszadás torzításának lehetősége.

Miért jobb, mint az előzőek?

Az önkéntes válaszadás ellenére a teljes hallgatói sokaságból származó válaszok biztosítják a legszélesebb lefedettséget, így a különböző hallgatói csoportok is képviselve lesznek. Bár még mindig nem teljesen torzításmentes, a különböző szakterületek és évfolyamok bevonása révén az eredmények jobban általánosíthatók a teljes hallgatói populációra.

Tanács: Annak érdekében, hogy az önkéntes válaszadás torzítását tovább csökkentsük, itt is érdemes lehet ösztönzők használata.

TANÁCSOK A NEM-REPREZENTATIVITÁS KEZELÉSÉRE

– A nem válaszolók elemzése

Törekedjünk arra, hogy a nem válaszolók is beazonosíthatók legyenek (pl. a válaszadók Neptun kódját is kérdezzük, így utólag kiszűrhetők a nem válaszolók), és az ő jellegzetességeiket össze

tudjuk hasonlítani a válaszadókéval. A nem válaszolók elemzése segíthet feltárni, hogy a válaszolók mennyiben különböznek azoktól, akik nem válaszoltak. Ha adatokat gyűjtünk a nem válaszolókról (pl. életkor, évfolyam, tanulmányi eredmények stb.), jobban megérthetjük, hogy a válaszok mennyire reprezentálják a teljes hallgatói populációt. Ez segíthet abban, hogy finomítsuk a következtetéseket, és jobban megalapozott általánosításokat tegyünk.

– Rétegezett mintavétel a beérkezett válaszokból vagy a válaszok súlyozása

Az önkéntes válaszadáson alapuló felmérések esetében a nem-reprezentativitás kockázatát csökkenthetjük, ha rétegezett mintavételt alkalmazunk a beérkezett válaszokból. A hallgatókat különböző szempontok alapján (pl. évfolyam, szak, tagozat) csoportokra bonthatjuk, és minden csoportból arányosan veszünk mintát. Ez biztosítja, hogy minden csoport képviselve legyen a felmérésben, és az eredmények jobban tükrözzék a teljes hallgatói populáció jellemzőit. Hasonló, talán egy kicsit jobb módszer, amikor nem mintát veszünk a beérkezett válaszokból, hiszen így csökkentjük a válaszolók számát, hanem az egyes rétegek populációbéli arányai szerint súlyozzuk a válaszokat.

– Az általánosítás korlátainak tudatosítása

Minden felmérésnél elengedhetetlen, hogy világosan dokumentáljuk az általánosítás korlátait. Ha a válaszok nem reprezentatívak a teljes hallgatói populációra nézve, ezt egyértelműen jelezni kell az elemzés során. Például, ha a válaszadók túlnyomó része elsőéves vagy nappali tagozatos, az eredmények általánosítása a végzős vagy levelező tagozatos hallgatókra nem lehet megalapozott. Ez az információ fontos az eredmények értelmezéséhez és az azokból levont következtetések pontosságához.

– *Eredmények szegmentált elemzése*

Ez talán a legfontosabb. Az eredmények szegmentálása lehetőséget ad arra, hogy részletesebb képet kapjunk az egyes csoportok véleményéről, anélkül, hogy az egész hallgatói populációra általánosítanánk. Az eredmények szegmentálása (pl. évfolyamok, szakok, tagozatok alapján) különböző hallgatói csoportok sajátos tapasztalatait és véleményét tükrözheti. Például vizsgálhatjuk, hogy a nappali és levelező tagozatos hallgatók válaszai mennyiben különböznek, vagy milyen különbségek vannak az elsőévesek és a végzősök között. Ezzel elkerülhetjük a téves általánosításokat.

Összegzés

Az önkéntes válaszadási rendszer nem garantálja a reprezentativitást, de a fent említett módszerek segíthetnek csökkenteni a nem-reprezentativitás kockázatát. Fontos hangsúlyozni, hogy az eredmények általánosítása a teljes hallgatói populációra, vagy más intézmények hallgatóira mindig óvatosságot igényel, és alaposabb elemzést, szegmentált vizsgálatot igényelhet.

Konklúzió

Az oktatási kutatásokban gyakran a felmérésekben rejlő legnagyobb kihívás a reprezentatív adatok gyűjtése. Bár a kutatók törekednek arra, hogy a kutatásaik eredményei széles körben alkalmazhatók legyenek, fontos felismerni, hogy a „reprezentatív minta” eszméje többnyire elméleti fogalom marad. Valójában a mintavételi technikák mindegyike bizonyos mértékben hordozza a nem-reprezentativitás kockázatát, legyen szó önkéntes

válaszokról, kötelező kitöltésről vagy ösztönzők használatáról. A legnagyobb kockázatot a túlzott általánosítás jelenti, különösen akkor, ha szűkebb rétegből, például egyetlen szak vagy tárgy hallgatóitól gyűjtjük az adatokat, vagy ha csak az önkéntes válaszadók adataira támaszkodunk. Bár a kötelező kitöltés és az ösztönzők használata növelheti a válaszadási arányt, ezek a módszerek sem garantálják a torzítatlan eredményeket, mivel mindkettő sajátos torzító hatásokkal bír.

Ahhoz, hogy a nem-reprezentativitás kockázatát csökkentjük, fontos az adatgyűjtés tudatos tervezése, például a válaszadók jellegzetességeinek dokumentálása. Emellett az eredmények szegmentált elemzése, a különböző hallgatói csoportok sajátos válaszainak megértése elengedhetetlen ahhoz, hogy elkerüljük a téves általánosításokat. Végül, a kutatási eredmények publikálásakor mindig hangsúlyozni kell az általánosítás korlátait, és világosan kommunikálni, hogy a felmérés eredményei mely csoportokra vonatkoznak.

Irodalom

- Babbie, E. (2010): *A társadalomtudományi kutatás gyakorlata*. Balassi Kiadó.
- Creswell, J. W. (2014): *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Field, A. (2017): *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE Publications.
- Fowler, F. J. (2014): *Survey research methods* (5th ed.). SAGE Publications.
- Hunyadi L–Vita L. (2008): *Statisztika közgazdászoknak*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.
- Klinger A. (2020): *Statisztikai becslések megbízhatósága az oktatáskutatásban*. Oktatókutatási és Fejlesztő Intézet.
- Székelyi M.–Barna I. (2008): *Túlélőkészlet az SPSS-hez: Többváltozós elemzési technikákról társadalomkutatók számára* (2nd ed.). Typotex Kiadó.
- Tóth, M. (2017): *Kutatási módszerek és technikák az oktatásban*. ELTE Eötvös Kiadó.

Bognár László

Így szoktuk elrontani el az oktatási felméréseinket a statisztikai elemzéseknél és az azokból a levont következtéseknél

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Matematika és Számítástudományi Tanszék

bognarl@uniduna.hu

Kulcsszavak: Oktatási felmérések; statisztikai elemzések; statisztikai hibák; tervezett kísérletek; megfigyeléses adatok; t-próba; ANOVA; korreláció; regresszió; khi-négyzet próba; normalitásvizsgálat; függetlenségvizsgálat.

Absztrakt:

Az oktatási felmérések statisztikai elemzése során számos lehetőségünk van arra, hogy hibát kövessünk el és téves következtetéseket vonjunk le – és sokszor élünk is ezekkel a lehetőségekkel. Ez a cikk a leggyakoribb hibákat tárgyalja, amelyeket elkövethetünk, miközben azt gondoljuk, hogy pontos elemzéseket végzünk. Bemutatja a tervezett kísérletek és a megfigyeléses adatok közötti különbségeket, valamint a legkedveltebb statisztikai módszerek – mint a t-próba, ANOVA, korreláció, regresszió és khi-négyzet próba – alkalmazásánál elkövetett tipikus hibákat. Kiemelt figyelmet fordítunk a statisztikai feltételezések ellenőrzésére, a normalitás vizsgálatára, a függetlenség vizsgálatára, és az adatok megbízhatóságára, mert ahogy mondani szokták: a statisztika nem hazudik, de miért ne segítenénk neki egy kicsit.

Bevezetés

Ha már valahogyan túlvergődtünk a kérdések megfogalmazásán, a résztvevők kiválasztásán, és eddig nem követtünk el nagy hibát,

akkor már csak a következtető statisztikai elemzések tengernyi lehetősége, feltételei és korlátjai között kell eligazodnunk.

Nem vállalkozom arra, hogy az oktatási felmérésekben alkalmazott módszerek mindegyikénél részletezzem az elkövetett matematikai jellegű hibákat, hiszen az alkalmazott módszerek tárháza rendkívül széles. Csak a leggyakrabban használt módszerekről lesz szó. A bonyolultabb matematikai elemzéseket hagyjuk meg a statisztikusoknak. Leginkább a koncepcionális hibákról beszélek – arról, amikor rossz módszereket alkalmazunk, vagy annak ellenére vonunk le következtetéseket, hogy nem biztosítottuk az adott módszer alkalmazhatóságának a feltételeit.

Tervezett kísérletek kontra megfigyeléses adatok

A tervezett oktatási kísérletek során szándékosan manipulálunk bizonyos körülményeket, például különböző oktatási módszereket vagy eszközöket alkalmazunk, hogy megfigyelhessük, hogyan hatnak ezek a hallgatói teljesítményre vagy egyéb kimenetelekre. Ilyenkor ellenőrzésünk alatt tartjuk a beavatkozást, és különböző csoportokat hasonlítunk össze, hogy megbízható ok-okozati következtetéseket vonhassunk le.

Ezzel szemben, ha megfigyeléses adatokkal dolgozunk, egyszerűen feljegyezzük, mi történt a természetes oktatási környezetben, anélkül, hogy szándékosan beavatkoznánk. Bár ezek az adatok is hasznosak lehetnek, sokkal óvatosabban kell kezelnünk őket, hiszen a különféle zavaró tényezők miatt nem tudunk biztosan ok-okozati összefüggéseket megállapítani. Ilyenkor az adataink együttállásáról lehet csak beszélni.

OK-OKOZATI ÖSSZEFÜGGÉSEK FELTÁRÁSA TERVEZETT KÍSÉRLETEKBŐL

Az egyik leggyakoribb hiba az ok-okozati összefüggések feltárásában, amikor csupán megfigyelt adatokból próbálunk ilyen következtetéseket levonni. A korreláció, azaz az adatok együttállása nem bizonyítja, hogy az egyik változó értékének a változása okozza a másik változó értékének a változását. Az ok-okozati kapcsolat csak speciálisan megtervezett kísérletekből, randomizált, kontrollált vizsgálatokból vonható le, ahol kizárhatók a zavaró tényezők.

Egy jó példa a tervezett kísérletre:

Azt szeretnénk vizsgálni, hogy a ChatGPT használatának engedélyezése javítja-e a vizsgaeredményeket egy adott tantárgy adott félévében. Ehhez randomizált, kontrollált kísérletet tervezünk.

A hallgatókat véletlenszerűen két csoportra osztjuk, tankörből függetlenül. A kísérleti beavatkozás (a ChatGPT használata) csak az újonnan létrehozott csoportokra vonatkozik, ezekkel a csoportokkal dolgozunk a kísérlet során.

Az első csoportnak (kísérleti csoport) engedélyezzük a ChatGPT használatát az órákon és a házi feladatok elkészítésekor, míg a második csoportnak (kontrollcsoport) nem. Fontos, hogy a vizsgákon és a ZH-kon egyik csoport sem használhatja a ChatGPT-t – ezeknél a megmértetéseknél minden hallgatónak a saját tudására kell támaszkodnia. Mindkét csoportot ugyanaz a tanár tanítja, ugyanazon tananyagon dolgozik, és ugyanazokat a feladatokat kapja az órákon és a vizsgákon is. Az egyetlen különbség, hogy a kísérleti csoport szabadon használhatja a ChatGPT-t az anyag feldolgozására az órákon és a házi feladatok megoldására. A félév végén összehasonlítjuk a két csoport vizsgaeredményeit, hogy megvizsgáljuk, volt-e hatása a ChatGPT használatának az órákon. A véletlenszerű hozzárendelés biztosítja, hogy a csoportok között

ne legyenek szisztematikus különbségek, így, ha az eredmények eltérnek, az a ChatGPT használatának tulajdonítható.

Hogyan lehet ezt a kísérletet elrontani?

Sokféleképpen. Itt van néhány példa:

Önkéntes csoport választás: Ha a diákokat nem véletlenszerűen osztjuk be a kísérleti és a kontrollcsoportokba, hanem hagyjuk, hogy maguk válasszanak, ez súlyos torzítást okozhat, mert azok a diákok, akik önként választják a ChatGPT használatát, valószínűleg motiváltabbak, jobban érdeklődnek a technológia iránt, vagy eleve jobb tanulmányi eredményekkel rendelkeznek. Ez azt eredményezi, hogy az eltérések a vizsgaeredményekben nem feltétlenül a ChatGPT hatását tükrözik, hanem inkább a diákok motivációjának, érdeklődésének vagy előzetes tudásának különbségeiből adódhatnak.

Nem ugyanaz a tanár, tananyag vagy vizsgakörnyezet: Ha a csoportok nem azonos tananyagot kapnak, vagy nem azonos tanár tanítja őket, vagy eltérő vizsgakörnyezetben teljesítenek, az eredményeket ezek a zavaró tényezők torzíthatják.

Évfolyamok vagy egyéb rétegek keverése a csoportokban: Ha a csoportokat úgy osztjuk be, hogy elsőéves és felsőbb évfolyamos hallgatókat keverünk, az eredmények torzulhatnak az eltérő tapasztalati szint miatt. A felsőbb éves hallgatók, akik már több tapasztalattal rendelkeznek, valószínűleg jobban tudják kihasználni a ChatGPT-t, mint az elsőévesek, akik még csak most ismerkednek a felsőoktatási követelményekkel. Ez azt eredményezheti, hogy a teljesítménybeli különbségek nem csak a ChatGPT használatából, hanem az évfolyamok közötti különbségekből is adódnak.

Tantárgyak közötti különbségek figyelmen kívül hagyása: Ha a ChatGPT használatát különböző tantárgyak hallgatói között vizsgáljuk anélkül, hogy ezt megfelelően kontrollálnánk, az eredmények torzulhatnak. Bizonyos tantárgyak, mint például az informatika, nagyobb mértékben profitálhatnak a ChatGPT használatából, míg más tantárgyak, például a művészetek, kevésbé. Ha a csoportok tantárgyi összetétele eltér, akkor az eredmények nem csak a ChatGPT használatát, hanem a tantárgyi különbségeket is tükrözni fogják.

ÖSSZEFÜGGÉSEK VIZSGÁLATA MEGFIGYELT ADATOKBÓL

Megfigyelésből származó adatok esetén, ha ok-okozati összefüggéseket nem is, de sokféle egyéb hasznos vizsgálatot végezhetünk. A megfigyelt adataink jelentik a mintát, és természetesen itt sem egyszerűen a mintában látható összefüggéseket akarjuk csak leírni (ez a leíró statisztika dolga), hanem a minta mögötti hallgatói sokaságra vonatkozó összefüggéseket, relációkat szeretnénk találni.

Az alkalmazott statisztika módszerek mind a tervezett kísérleteknél, mind a megfigyelt adatok elemzésénél ugyanazok lehetnek, de a következtetéseink alapvetően különböznek, hiszen az egyiknél ok-okozati összefüggéseket tárhatunk fel, míg a másiknál csak az adatok csoportjainak jellegzetességeiről, azok relációjáról, kapcsolataik szorosságáról, az együttállási tendenciákról győződhetünk meg.

A leggyakoribb elemzési feladatok és a hozzájuk tartozó statisztikai módszerek

Egy vagy többmintás összehasonlítások

Az egy- és többmintás összehasonlítások olyan statisztikai módszerek, amelyek segítségével különböző csoportok vagy egy csoport különböző időpontbeli adatait tudjuk összehasonlítani. Ezek a módszerek alapvetően arra szolgálnak, hogy megvizsgáljuk, van-e statisztikailag szignifikáns különbség a csoportok valamilyen jellemzője között. (A szignifikáns különbségről később beszélünk.)

– Egymintás t-próba:

Az egymintás t-próbát akkor használjuk, ha egy csoport átlagát szeretnénk összehasonlítani egy ismert populációs átlaggal. Például, ha tudjuk, hogy az egyetemi hallgatók országos átlagpont-száma egy adott teszten 70 pont, akkor ezt az átlagot összehasonlíthatjuk egy helyi egyetem hallgatóinak tesztátlagával, hogy megtudjuk, szignifikánsan eltér-e az országos átlagtól.

– Kétmintás t-próba:

A kétmintás t-próba két független csoport átlagainak összehasonlítására szolgál. Ez hasznos, ha például azt szeretnénk vizsgálni, hogy a ChatGPT-t használó hallgatók és a nem használók vizsgaeredményei között van-e különbség. A két csoport független egymástól, és a módszer megmutatja, hogy az átlagos teljesítmények eltérnek-e olyan mértékben, amire azt mondhatjuk, hogy ez statisztikailag szignifikáns.

– *Páros t-próba:*

A páros t-próbát akkor használjuk, ha ugyanannak a csoportnak minden tagját kétszer mérjük meg, például egy beavatkozás előtt és után. Ez hasznos, ha azt szeretnénk vizsgálni, hogy ugyanazon hallgatók eredményei változtak-e, miután egy új oktatási eszközt (pl. ChatGPT) bevezettünk.

– *ANOVA (varianciaanalízis):*

Az ANOVA akkor jön jól, ha több mint két csoportot szeretnénk összehasonlítani. Például, ha három különböző tanulási módszert (hagyományos oktatás, ChatGPT-használata, egyéb technológiai eszközök használata) szeretnénk összehasonlítani, az ANOVA segít megvizsgálni, hogy van-e szignifikáns különbség a csoportok átlagos teljesítményei között.

Korreláció

A korrelációs számítás az a statisztikai módszer, amely két változó közötti kapcsolat (vagy együttjárás) mértékét méri. Arra használjuk, hogy megállapítsuk, van-e lineáris kapcsolat két változó között, és ha van, milyen irányú és erősségű ez a kapcsolat. A korrelációs együttható az értéket tekintve -1 és +1 között mozog.

Egy vagy többváltozós regresszió

A regresszió egy olyan statisztikai módszer, amelynek a segítségével megvizsgálhatjuk egy vagy több független változó (prediktorok) kapcsolatát egy függő változóval (kimeneti változó, válasz változó). Oktatási kutatásokban a regressziót gyakran használjuk arra, hogy feltárjuk, milyen tényezők befolyásolhatják például a hallgatók teljesítményét, vagy hogy megbecsüljük, mennyire hatékony egy oktatási beavatkozás. A lineáris regresszió a regresszió

legegyszerűbb formája, ahol feltételezzük, hogy a függő és független változók közötti kapcsolat lineáris. Fontos azonban, hogy megfigyeléses adatok esetén a regresszió csak a változók közötti kapcsolatot mutatja meg, de nem bizonyít ok-okozati összefüggést.

Regresszió kontrollváltozókkal

A regresszió kontrollváltozókkal egy továbbfejlesztett elemzési technika, amely lehetővé teszi, hogy egy adott független változó hatását tisztábban vizsgáljuk a függő változóra, miközben más, zavaró tényezők (kontrollváltozók) hatását kiszűrjük. Ezek a kontrollváltozók olyan tényezők, amelyekről tudjuk, hogy befolyásolhatják a függő változót, de nem közvetlenül érdekelnek minket a jelenlegi kutatásban. Például, ha azt vizsgáljuk, hogy a ChatGPT használata javítja-e a hallgatók vizsgaeredményeit, a kontrollváltozók között lehet a hallgatók előzetes tudása, motivációja vagy akár az évfolyam, amelyre járnak. A kontrollváltozók beépítése a regressziós modellbe segít elkülöníteni a vizsgált független változó (pl. ChatGPT-használat) hatását a zavaró tényezőktől, így pontosabb eredményeket kapunk.

Két vagy több kategóriális változó közötti függetlenség vizsgálata khi-négyzet próbával

A khi-négyzet próba a különböző kategóriákhoz tartozó megfigyelt és várható gyakoriságok különbségét vizsgálja. A megfigyelt gyakoriságok a különböző kategóriákban megfigyelt adatok számát jelenti. Ezeket hasonlítjuk össze azokkal a gyakoriságokkal, amelyeket akkor várnánk, ha a kategóriális változókról tudnánk, hogy függetlenek egymástól. Ha az eltérések jelentősen nagyobbak, mint amit csak a véletlenszerűség miatt várnánk, akkor a khi-négyzet értéke magas lesz, valószínűleg szignifikáns kapcsolat áll fenn a változók között.

Egy alkalmazási példa lehet, amikor azt szeretnénk vizsgálni, hogy van-e kapcsolat a hallgatók órákon való részvétele és a vizsgán elért eredményeik között. A kérdés az, hogy a rendszeresen órákra járó hallgatók eredményei szignifikánsan jobbak-e, mint azokéi, akik ritkábban járnak órákra vagy ez a két dolog független egymástól.

A statisztikai elemzések, következtetések

LEHETŐSÉGEK AZ ELEMZÉSEK ELRONTÁSÁRA, MIELŐTT MÉG HOZZÁKEZDENÉNK AZ ELEMZÉSEKHEZ

Mielőtt ténylegesen nekikezdenénk az adatok elemzésének, már számos lehetőség kínálkozik arra, hogy elronthassuk az elemzést, ha nem fordítunk kellő figyelmet a kezdeti lépésekre. Ezek közé tartozik a szélsőséges értékek (outlierek) és a gyanús értékek kiszűrésének helyes elvégzése, valamint a kérdőív megbízhatóságának ismételt ellenőrzése, most már a beérkezett válaszok tükrében. Mindkét területen elkövetett hibák könnyen vezethetnek félrevezető eredményekhez és helytelen következtetésekhez.

A szélsőséges értékek kiszűrése

Az outlierek, vagyis szélsőséges értékek, azok az adatok, amelyek lényegesen eltérnek a többi adattól, és jelentős torzítást okozhatnak az elemzés során. Ezeket kiemelt figyelemmel kell kezelni, mert befolyásolhatják az összesített statisztikai mutatókat. Az átlag például jelentősen eltérhet a valós középértéktől, ha egy-két szélsőséges adat hatása érvényesül.

Fontos megjegyezni, hogy nem minden outlier hibás adat. Előfordulhat, hogy egy szélsőséges érték valós választ tükröz, esetleg

valami érdekes vagy rendkívüli körülményhez tartozik. Ezért az outlierek kiszűrésekor nemcsak automatikusan távolítjuk el őket, hanem ha lehetőségünk van rá, elemeznünk kell, hogy valóban hibás adatokról van-e szó, vagy éppen egy ritka körülmény áll fenn. Az outlierek szűréséhez használjunk megbízható statisztikai módszereket (például z-score vagy box-plot módszert), majd gondosan mérlegeljük, hogy mely adatokat töröljük. Az outlierek eltávolítását alaposan dokumentálni kell, hogy később visszakereshető legyen, miért történt meg a kizárás, és hogy az elemzés milyen mértékben változott ennek hatására. A túlzott outlierszűrés probléma lehet. Ha túl sok adatot zárunk ki, az elemzésünk veszít a megbízhatóságából és általánosíthatóságából, hiszen csökkentjük a minta méretét, ami hatással van az eredményekre.

A gyanúsan válaszolók kiszűrése

Fontos, hogy kiszűrjük azokat a válaszokat is, amelyekből arra lehet következtetni, hogy a válaszadók nem vették komolyan a kitöltést, vagy mechanikusan válaszoltak.

Ha egy válaszadó minden kérdésre ugyanazt a választ adja, az arra utalhat, hogy nem figyelmesen töltötte ki a kérdőívet, és a válaszai nem megbízhatók. Ilyen válaszok esetén a válaszok szórása nulla, ami az egyik leggyakoribb jele a nem megbízható válaszadási mintázatnak.

Ha a válaszadó túl gyorsan tölti ki a kérdőívet (pl. jóval kevesebb idő alatt, mint amennyi az ésszerű kitöltéshez szükséges), akkor feltételezhető, hogy nem adott átgondolt válaszokat. Az ilyen válaszok is torzíthatják az elemzés eredményeit.

Ha a válaszadó válaszai között nagy következetlenségek vannak (például ellentmondásos válaszok a különböző kérdéseknél), az arra utalhat, hogy nem figyelmesen válaszolt.

Ezt például úgy lehet észlelni, hogy összehasonlítjuk az egyes kérdésekre adott válaszokat és figyeljük, hogy azok logikailag összhangban vannak-e egymással.

A kérdőív megbízhatóságának vizsgálata a beérkezett válaszok tükrében

A kérdőív megbízhatóságának (reliability) vizsgálata nélkülözhetetlen lépés az adatgyűjtés után. Ez biztosítja, hogy a kérdőív következetesen mérje azokat a fogalmakat, azokat a kutatási kérdéseket, amelyeket mérni szeretnénk. A Cronbach-alfa a leggyakrabban használt mérőszám, amely azt mutatja meg, hogy a kérdőívben szereplő kérdések mennyire vannak összhangban egymással. Az általánosan használt kritérium, hogy ennek az értéke 0.7-nél nagyobb legyen.

Hogyan ronthatjuk el a Cronbach-alfa számítását?

- Például úgy, hogy egész kérdőívre, az összes kérdésre együtt nézzük a Cronbach-alfa értéket, ahelyett, hogy az egyes kutatási kérdésekhez kapcsolódó kisebb kérdéscsoportokat külön vizsgálnánk. A Cronbach-alfa értékének specialitása, hogy minél több kérdést tartalmaz egy kérdéscsoport, annál nagyobb az alfa értéke, ami miatt könnyen téves következtetéseket vonhatunk le. Ha az egész kérdőívre számolunk alfa értéket, lehet, hogy úgy tűnik, a kérdőív megbízható, miközben az egyes kérdéscsoportokon belül nem kapunk következetes eredményeket.

A helyes megközelítés:

- Minden egyes kutatási kérdéshez tartozó kérdéscsoportnál külön kell ellenőrizni a megbízhatóságot. Ha az adott kérdéscsoport Cronbach-alfa értéke magas (általában 0,7 felett), akkor azt mondhatjuk, hogy az adott kérdéscsoport belső konzisztenciája jó.

A túl alacsony Cronbach-alfa érték kezelése:

- Ha egy adott kérdéscsoport Cronbach-alfa értéke túl alacsony, nem feltétlenül kell az egész kérdéscsoportot kidobni. Első lépésként érdemes megvizsgálni, hogy egyes kérdések hozzájárulnak-e az alacsony értékhez. Egy vagy több olyan kérdést is találhatunk, amelyek nem illeszkednek jól a többihez, és ezek eltávolításával javítható a megbízhatóság.

HIPOTÉZISVIZSGÁLATOK. MIT IS JELENT A SZIGNIFIKÁNS KÜLÖNBSÉG?

A statisztikai elemzések célja, hogy segítsenek nekünk bizonyos döntéseket meghozni. Ennek a leggyakoribb módszere az úgynevezett hipotézisvizsgálat. Igyekszem konyhanyelven összefoglalni, hogyan is működik a döntési mechanizmus.

Hipotézisvizsgálatok

1. A döntések, amiket szeretnénk meghozni, soha nem a kiválasztott mintákra vonatkoznak, hanem azokra a sokaságokra, amikből a mintákat vettük. Úgy is mondhatnánk, hogy azokra a sokaságokra, amelyekre a minták alapján általánosíthatunk. Szóval, ha rosszul határoztuk meg, hogy egy minta alapján melyik sokaságra általánosíthatjuk a döntésünket, akkor azon a legprecízebb hipotézisvizsgálat sem segít.
2. Egy hipotézisvizsgálatnál az eldöntendő kérdések általában ilyenek: *Történt változás az eredetihez képest? Van különbség a kettő között? Különbözik legalább egy a többitől? Van összefüggés ezek között?*
(Ezek a kérdések mindig a sokaságnak valamilyen jellemzőjére vonatkoznak, nem a mintáéra.)

3. Általában akkor nyugodnánk meg, akkor lennénk elégedettek, ha azt kapnánk ezekre a kérdésekre válaszul, hogy: *Igen, történt változás. Igen, van különbség. Igen legalább az egyik különbözik. Igen, van összefüggés.* Persze az igazi elégedettségünkhöz még az is kell, hogy az elemzés azt mutassa, hogy ezekben az igen válaszokban nagy bizonyossággal hihetünk, az elemzések nagyon meggyőző bizonyítékot szolgáltatnak erre. Szóval csak ilyenkor hisszük el ezeket az igen válaszokat.
4. A döntési módszer a következő:
- Tétélezzük fel, hogy: *Nem, nincs itt változás. Nem, nincs különbség a kettő között. Nem, nincs egy sem, amelyik különbözik. Nem, nincs itt összefüggés, ezek függetlenek. Egy ilyen feltételezés a nullhipotézis.*
 - Ezután az elemzés során kiszámítjuk, hogy mekkora annak a valószínűsége, hogy ha igaz a nullhipotézisünk (ami, ne felejtjük el, mindig a sokaság valamilyen jellemzőjére vonatkozik), akkor egy ilyen, a nullhipotézisnek megfelelő sokaságból egy véletlen mintavétel során pont olyan mintát kapjunk, mint amilyet éppen kaptunk. **Ez a valószínűség a P-érték.** Abban reménykedünk, hogy ez a valószínűségi érték kicsi (általában 5%-nál kisebb), mert akkor joggal gondolhatjuk, hogy a mi mintánk extrém módon eltér attól, amit várnánk a nullhipotézis fennállása esetén, szóval, valószínűleg ez azért van mert nem is igaz az, amit a nullhipotézisben feltételeztünk. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a feltételezett érték és a tényleges érték között **statisztikailg szignifikáns különbség** van, és inkább elfogadjuk az igenlő válaszokat, amiket **alternatív (vagy kutatási) hipotéziseknek** szoktunk hívni.

A szignifikáns különbség illúziója

A P-érték kiszámítása algoritmusának az a sajátossága, hogy minél nagyobb elemszámú mintából számítjuk ki, annál kisebb P-értéket kapunk. Ez azt jelenti, hogy ha nagy elemszámú (100-1000 fős) mintával dolgozunk, ami a kérdőíves kutatásoknál gyakran előfordul, akkor egészen kicsi eltérés esetén is statisztikailag szignifikáns különbséget kapunk, holott ez a különbség a számunkra a gyakorlatban lehet, hogy érdektelen. Például, ha egy adott tárgyhoz tartozó vizsgaeredményeket hasonlítunk össze a nők és a férfiak között, akkor egy 500 fős mintából a 4.23-as férfi átlag és a 4.24-es női átlag között is statisztikailag szignifikáns különbséget mutathatunk ki, de ez a különbség olyan kicsi, hogy nem igazán érdekel bennünket. Ezért aztán a statisztikailag szignifikáns különbséges esetén is mindig meg kell nézni, hogy ez a gyakorlatban is szignifikáns különbséget jelent-e a számunkra.

A LEGGYAKRABBAN ELKÖVETETT HIBÁK AZ EGYES STATISZTIKAI MÓDSZEREKNÉL

A teljesség kedvéért ejtsünk szót arról, hogy milyen tipikus hibákat szoktunk elkövetni az egyes statisztikai vizsgálatoknál, a szoftveres elemzéseknél.

– Egy és kétmintás t-próba, páros t-próba

Nem megfelelő feltételezések teljesítése: A t-próba egyik legfontosabb feltétele, hogy a sokaság, amelyből a mintát vettük, normális eloszlású. Gyakori hiba, hogy ezt a normalitási feltételt nem ellenőrizzük.

A normalitást vizsgálni kell. Ezt Anderson-Darling teszttel, Shapiro-Wilk vagy Kolmogorov-Smirnov tesztekkel lehet ellenőrizni. Ha kiderül, hogy az adatok nem normális eloszlásból származnak, nem-paraméteres módszereket, például a Mann-Whitney U-tesztet kell alkalmazni, amely nem igényli a normális sokasági eloszlást.

Likert-skálás adatok kezelése: Az oktatási felmérésekben gyakran használt Likert-skálák (pl. 1–5 vagy 1–7 közötti értékelések) alapvetően ordinális skálák. Bár ezek a skálák nem folytonos adatokat eredményeznek, sokszor mégis t-próbát alkalmazunk rájuk, ami különösen kis elemszámú minták esetében okozhat nagyobb hibákat.

Ha Likert-skálás adataink vannak, és a mintaméret kicsi, érdemes nem-paraméteres teszteket, például Wilcoxon-rangsoros próbát alkalmazni, mivel ez jobban illeszkedik az ordinális adatok természetéhez. Ha a minta elegendően nagy, a t-próba is alkalmazható, mivel a centrális határeloszlás-tétel ilyenkor érvényesülhet.

Kétmintás t-próbánál a varianciák azonosságának figyelmen kívül hagyása: A kétmintás t-próba egy fontos feltétele, hogy a két minta mögötti sokaságok varianciája megegyezzen. Ha a varianciák különböznek (heteroszkedaszticitás), akkor a t-próba eredményei torzulhatnak.

A varianciák egyenlőségét Levene-teszttel érdemes ellenőrizni. Ha a varianciák eltérnek, akkor a t-próba egy olyan változatát kell használni, amely nem feltételezi a varianciák azonosságát, mint például a Welch-féle t-próba.

A függetlenség feltételezésének megsértése: A kétmintás t-próba feltételezi, hogy a két minta független egymástól. Ez gyakran hibás feltételezés lehet, ha például ugyanazok a résztvevők szerepelnek

két különböző mérésben, vagy ha valamilyen kapcsolat van a két minta között.

Ha a minták között valamilyen kapcsolat van (pl. ugyanazok a hallgatók szerepelnek két mérésben), célszerűbb párosított t-próbát alkalmazni, amely figyelembe veszi a mérések közötti összefüggéseket, és pontosabb eredményt ad.

– ANOVA (varianciaanalízis):

A normális eloszlás feltételének figyelmen kívül hagyása: Az ANOVA egyik alapvető előfeltétele, hogy a sokaságok, amelyből a csoportok mintái származnak, normális eloszlásúak. Gyakran előfordul, hogy ezt a feltételt nem vizsgáljuk meg, különösen kisebb minták esetében okoz nagy hibákat.

Ha az adatok nem követik a normális eloszlást, érdemes nem-paraméteres alternatívákat használni, mint például a Kruskal-Wallis-teszt.

A csoportok varianciáinak egyenlősége (homoszkedaszticitás): Az ANOVA feltételezi, hogy a minták mögötti sokaságok varianciái azonosak (homogének). Ha ez az előfeltétel nem teljesül, a teszt eredményei megbízhatatlanok lesznek, mivel az ANOVA túlérzékeny a heteroszkedaszticitásra.

A varianciák azonosságát Levene-teszttel vagy Bartlett-teszttel ellenőrizhetjük. Ha a varianciák különböznek, érdemes a Welch-féle ANOVA-t használni, amely nem érzékeny a varianciák különbségére.

Túl sok csoport összehasonlítása post hoc teszt nélkül: Az ANOVA csak azt mutatja meg, hogy van-e statisztikailag szignifikáns különbség a csoportok között, de nem mondja meg, hogy pontosan mely csoportok különböznek egymástól. Gyakori hiba, hogy a

kutatók elfelejtik elvégezni a post hoc tesztek, amelyek lehetővé teszik a páros összehasonlításokat a csoportok között.

Ha az ANOVA szignifikáns eredményt mutat, mindig post hoc tesztek kell alkalmazni (például Tukey-tesztet), hogy pontosan megállapítsuk, mely csoportok között van különbség.

ANOVA alkalmazása ismételt mérés adatokra: Az ANOVA feltételezi, hogy a csoportok függetlenek egymástól. Ha ismételt mérésekkel dolgozunk, vagyis ugyanazokat a résztvevőket mérjük több időpontban vagy körülmény között, az adatok nem függetlenek, és az egyszerű ANOVA nem ad megbízható eredményt.

Ilyenkor ismételt mérés ANOVA-t (Repeated Measures ANOVA) kell használni, amely figyelembe veszi, hogy ugyanazok az alanyok szerepelnek több mérésben.

Csoportméretek nagy különbsége: Az ANOVA feltételezi, hogy a csoportok méretei hasonlóak. Ha az egyik csoport sokkal nagyobb vagy kisebb, mint a többi, az torzíthatja az eredményeket és csökkentheti a teszt statisztikai erejét.

Bár az ANOVA tolerál bizonyos mértékű csoportméret-különbséget, ha a csoportok méretei nagyon eltérnek, érdemes ki-egyenlíteni a mintákat, vagy alternatív tesztet alkalmazni, mint a Generalized Linear Model (GLM).

– Korreláció

Ok-okozati összefüggés feltételezése: Az egyik leggyakoribb hiba, hogy a korrelációból ok-okozati összefüggést vonunk le. A korreláció csak azt mutatja meg, hogy két változó között van valamilyen statisztikai kapcsolat, de nem jelzi, hogy az egyik változó okozza-e a másik változót.

Korreláció kiszámítása nem lineáris összefüggésekre: A Pearson-féle korrelációs együttható csak lineáris kapcsolatot mér a változók között. Ha a kapcsolat nem lineáris (például U-alakú), akkor a Pearson-korreláció nem lesz képes megfelelően jellemezni a kapcsolatot, és hamis következtetéseket vonhatunk le arról, hogy nincs kapcsolat a változók között.

Mielőtt elvégeznénk a Pearson-féle korrelációt, grafikus ábrázolással (pl. szóródásábrával, scattergrammal) meg kell vizsgálni a változók közötti kapcsolat természetét. Ha a kapcsolat nem lineárisnak tűnik, akkor érdemes nem-paraméteres korrelációs módszert használni, mint például a Spearman-féle rangkorreláció.

Túlágosan kis minta használata: A korrelációs elemzés eredményei különösen érzékenyek a mintanagyságra. Kismintás esetben a korrelációs együttható megbízhatatlan lehet, mivel egy-két kiugró érték erősen befolyásolhatja az eredményt, és a véletlenszerű együttmozgás is könnyen félrevezető eredményt adhat.

Törekedjünk arra, hogy megfelelően nagy mintát használjunk, és ha a minta kicsi, akkor érdemes a megbízhatóságot bootstrap módszerrel fokozni.

Outlierek figyelmen kívül hagyása: Az outlierek, vagyis szélsőséges értékek, komolyan befolyásolhatják a korrelációs együtthatót. Egyetlen kiugró adatpont torzíthatja a kapcsolat erősségét és irányát is, ezért fontos az outlierek azonosítása és kezelése az elemzés előtt.

– Egy és többváltozós regresszió

Itt a hibák elkövetésének tárháza szinte végtelen. Ezt tényleg jobb, ha egy statisztikusra bízunk. Csak a legtipikusabb hibákat említem.

Lineáris kapcsolat feltételezése, amikor az nem áll fenn: A regressziós elemzés során gyakran előfeltételezzük, hogy a függő és a független változók közötti kapcsolat lineáris. Azonban ez nem mindig igaz, és ha a kapcsolat nem lineáris, akkor a lineáris regresszió alkalmazása helytelen eredményekhez vezethet. Mielőtt alkalmaznánk a lineáris regressziót, grafikus ábrázolással kell megvizsgálni a változók közötti kapcsolatot. Ha a kapcsolat nem lineáris, akkor más módszerek, nem-lineáris modellek alkalmazása indokolt.

Túl sok független változó bevonása a modellbe (overfitting): A többváltozós regresszió esetében gyakori hiba, hogy túl sok független változót vonunk be a modellbe. Ez a modell túlzott illeszkedéséhez (overfitting) vezethet, ami azt jelenti, hogy a modell túl jól alkalmazkodik a mintához, de nem teljesít jól új adatok esetén.

A jó modell kiválasztásához használhatunk olyan módszereket, mint a lépésenkénti regresszió (Stepwise regression), vagy a legjobb részhalmaz szerinti regresszió (Best subset regression), amelyek segíthetnek minimalizálni a túlzott illeszkedés kockázatát.

Multikollinearitás figyelmen kívül hagyása: A többváltozós regresszió esetében a független változók közötti erős korreláció (multikollinearitás) problémát jelenthet, mivel torzítja a becsült regressziós együtthatókat, és nehezíti a változók hatásának megfelelő értelmezését. A multikollinearitás kimutatására használhatjuk a Variance Inflation Factor-t (VIF). Ha egy változó VIF értéke túl magas (általában 10 felett), az jelzi a multikollinearitást. Ilyenkor célszerű lehet eltávolítani egy vagy több erősen korreláló független változót, vagy módosítani a modellt.

Heteroszkedaszticitás figyelmen kívül hagyása: A regresszió egyik fontos feltétele, hogy a reziduumok (vagy maradékok), azaz a függő változó megfigyelt értékei és a modell által előrejelzett értékek

közötti különbségek szórása állandó a megfigyelések során. Ezt nevezzük homoszkedaszticitásnak. Ha azonban a reziduumok szórása nem állandó – vagyis a szórás az adatok különböző szaka-szaiban eltér –, akkor ezt heteroszkedaszticitásnak nevezzük. Ez torzíthatja az eredményeket, mivel ilyenkor a modell egyes ada-toknál pontosabb, míg más adatoknál kevésbé pontos lehet, ami csökkenti az elemzés megbízhatóságát és érvényességét.

A reziduumok grafikus ábrázolásával ellenőrizhetjük, hogy fennáll-e heteroszkedaszticitás. Ha heteroszkedaszticitás van je-len, akkor olyan regressziós modellek kell használnunk, amely ke-zeli ezt a heteroszkedaszticitást.

Hiányzó változók problémája: Ha egy fontos változót kihagyunk a modellből, az úgynevezett hiányzó változó torzítást okozhat (Omitted variable bias), ami azt jelenti, hogy a többi változó be-csült együtthatói torzak lesznek, mivel egy fontos magyarázó té-nyező nincs figyelembe véve.

Extrapoláció túl messzire: A regressziós modell által adott eredmé-nyeket gyakran túl messzire extrapoláljuk, olyan tartományokra, ahol nincsenek mintaadatok. Ez különösen veszélyes, mivel a mo-dell nem biztos, hogy jól működik a vizsgált tartományon kívül. Csak a megfigyelt adatok tartományán belül szabad a regressziós modellet alkalmazni. Ha extrapolációra van szükség, először to-vábbi adatokat kell gyűjteni a kérdéses tartományban.

– Khi-négyszet próba

Kis cellaszám figyelmen kívül hagyása: A cella a khi-négyszet pró-bában a két vagy több kategoriális változó különböző kategóriái-nak kombinációját jelenti. A cellában található érték a megfigyelt gyakoriságot mutatja, amely azt jelzi, hogy az adott kategóriakom-

binációban hány esetet figyeltünk meg. Például, ha a „nem” (férfi/nő) és a „szak” (műszaki/természettudományos) kategoriális változókat vizsgáljuk, akkor egy cella a férfiak és a műszaki szakosok kombinációját jelenti, és a cellában lévő szám azt mutatja, hány férfi műszaki szakos hallgató van a mintában. Az egyik leggyakoribb hiba, hogy a táblázat egyes celláiban túl kevés megfigyelés található. A khi-négyzet próba alapvető feltétele, hogy a várható gyakoriság minden cellában legalább 5 legyen. Ha ennél kisebb, akkor a próba eredménye megbízhatatlan lehet.

Ha a várható gyakoriságok túl alacsonyak, érdemes egyes kategóriákat összevonni, hogy növeljük a cellákban lévő értékeket. Alternatív megoldás lehet a Fisher-féle egzakt próba használata, amely jobban működik kis minták esetén.

Összefüggés interpretálása függetlenség helyett: Gyakori hiba, hogy amikor a khi-négyzet próba eredménye szignifikáns, akkor a kutatók összefüggést vagy ok-okozati kapcsolatot feltételeznek a változók között. A khi-négyzet próba csak a függetlenséget vizsgálja, és nem mutatja meg, hogy a változók között valódi ok-okozati kapcsolat van-e.

Konklúzió

Az oktatási felmérésekben gyakran alkalmazott statisztikai elemzési módszerek helytelen használata számos hibalehetőséget kínál. Bár a statisztikai elemzés a megbízható következtetések levonásának elengedhetetlen eszköze, a módszerek alkalmazhatóságához szükséges feltételek hiánya, könnyen téves eredményekhez vezethet. A leggyakoribb hibák közé tartozik a normalitásvizsgálatok hiánya, a minták függetlenségének megsértése, illetve a különböző statisztikai próbák alkalmazása olyan szituációkban, amikor valami más módszert kellene használni.

Emellett gyakran követünk el hibákat a megfigyeléses adatokból való ok-okozati következtetések levonásánál, mivel ezek az adatok sokszor nem biztosítják a zavaró tényezők megfelelő kontrollját.

A statisztikai elemzés szabályainak betartása, az alkalmazhatósági feltételek ellenőrzése, a megbízhatóság és érvényesség vizsgálata mind-mind fontosak ahhoz, hogy az eredmények valóban hasznos és pontos következtetésekhez vezessenek. Ha nem figyelünk ezekre, akkor az elemzés téves eredményekhez, és végül félrevezető döntésekhez vezethet.

Irodalom

- Bognár, L. (2019): *Statisztika Online*. <https://www.statisztika-online.hu/>
- Cohen, J. (1988): *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd Ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Field, A. (2018): *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th Ed.). Sage Publications.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E.–Tatham, R. L. (2010): *Multivariate data analysis* (7th Ed.). Pearson.
- Howell, D. C. (2013): *Statistical methods for psychology* (8th Ed.). Wadsworth Cengage Learning.
- Kovács, E., & Nagy, J. (2015): *Statisztikai elemzések az oktatási kutatásokban: Módszertani áttekintés és gyakorlati példák*. Akadémiai Kiadó.
- Pallant, J. (2020): *SPSS survival manual* (7th Ed.). McGraw-Hill Education.
- Tabachnick, B. G.–Fidell, L. S. (2019): *Using multivariate statistics* (7th Ed.). Pearson.
- Zalai, E. (2018): *Statisztikai módszerek és alkalmazásaik*. Typotex Kiadó.

Farkas Imre

Műveltséggel kapcsolatos kérdőívek élete a közösségi felületen és az így szerzett tapasztalatok

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Számítógéprendszerek és Irányítástechnika Tanszék; Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Neveléstudományi Doktori Iskola

farkasi@uniduna.hu

Kulcsszavak: Kitöltési szám, hivatkozás, like.

Absztrakt:

A közösségi felületeken bármely témában minden információ a nap 24 órájában támad minket. Jelen cikkben a közösségi médiában közreadott űrlapok életének bemutatása történik saját tapasztalatok alapján. Tárgyalásra kerül a kérdőíves kutatási módszer lényege, valamint a vizsgálat alá vont terület bemutatása. A szemléltetésre kerül kérdőívek kitöltöttségének alakulása, és az abban történt változások okainak tárgyalása. A cikk végén a szerző kísérletet tesz a két kitöltés közötti különbségek magyarázatára, és az ebből nyert hasznos tapasztalatok ismertetésére, melyeket a legközelebbi hasonló kutatásnál érdemes betartani.

Bevezetés

A 21. század embere napjainkban átlagosan minimum 5–6 órát tölt naponta a képernyő előtt, mely szám az évek során folyamatosan növekedett, és emelkedni is fog (Tessényi 2024). Az internet, televízió és egyéb digitális tartalmak a különböző infokommunikációs eszközökön keresztül történő felhasználása mind azt segíti elő, hogy minél több időt töltsön a felhasználó magányosan az eszközével kettesben. A gyorsan változó világ, a gyors információfogyasztást segíti elő.

Ez az állapot az emberekben kifejlesztette azt a képességet, hogy pár másodperc alatt (esetleg annak töredéke alatt) el tudja dönteni mi az, ami érdeklí, és mi az, ami nem. A legtöbb időt a közösségi médiában töltik el kortársak, hiszen ott tartják a kapcsolatot az ismerősökkel, rokonokkal. Ott szereznek be minden új pletykát, ezzel helyettesítve az utcai kispadokat. Ezen felületeknek komoly személyiség formáló hatása is van (Alexa 2020). Jelen cikk két kérdőív életét mutatja be, melyek megjelenése között másfél év telt el. Az úrlapok témája mindkét esetben a műveltség és annak növelésének lehetséges módjai települési szinten. A cikk szerzője azt szemlélteti, hogy milyen tapasztalatokat szerzett ezen két kérdőív kitöltési ideje alatt, és milyen életet is éltek a közösségi médiában (facebook-on). Levonható-e következtetés a kitöltöttség szempontjából a megjelenés napja között? Az aktivitásra milyen módon tud hatni a kérdőív készítője? A többszöri megosztásnak, felhívásnak van-e serkentő hatása?

A kérdőíves kutatás módszere

A kérdőív segítségével nem mélyreható összefüggések feltárása volt a cél (erre nem is alkalmas). A legnagyobb előnye a kérdőív készítésnek, hogy segítségével rövid idő leforgása alatt nagy adatmennyiség gyűjthető össze, ami elősegíti a kutatás objektivitását, reprezentativitását és az eredmények általánosíthatóságát. Ez köszönhető annak, hogy ma a közösségi médiában gyorsan közre lehet adni egy kérdőív linkjét, és ugyan ilyen gyorsan begyűjthetők az eredmények. A legnagyobb hátránya ennek a módszernek, hogy a kutatás mélyebb összefüggéseire, a vizsgálati alanyok egyéni jellegzetességeire nem képes rávilágítani. Egy pillanatkép a vizsgált populációról, adott körülmények között (Molnár 2010).

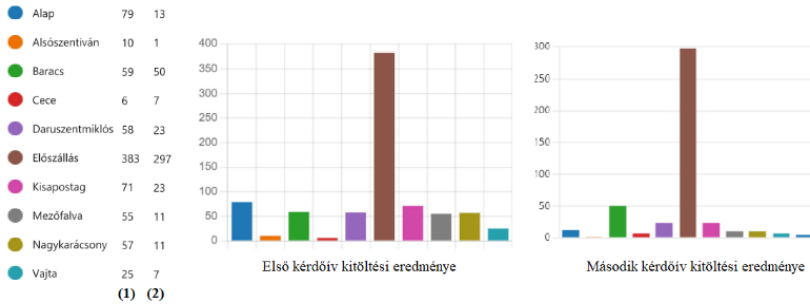
A kérdőív összeállításánál fontos arra ügyelni, hogy ne legyen túl hosszú és rövid sem az űrlap. Az előre jelzett kitöltési időt egy átlagos felhasználó se lépje túl nagy mértékben, mert akkor félbehagyja a kitöltést. Túl kevés kérdés esetén pedig felmerül a kitöltőben az, hogy mi szükség volt ezt ilyen formában megkérdezni.

A kérdések összeállításánál mindig szükség van pár (a kérdések feldolgozása szempontjából) releváns demográfiai adat begyűjtésére (Farkas 2023). Ezt követhetik a lényegi kérdések, melyek a kutatás területére koncentrálnak. A vizsgálat szempontjából fontos kérdéseket, más szövegezéssel érdemes többször is feltenni, melynek célja az, hogy a kérdésre adott válaszok megbízhatóságát lehet vele ellenőrizni. A kitöltés előtt fontos megemlíteni, hogy szigorúan anonim a kitöltés és az adatokat csak a kutatáshoz kerülnek felhasználásra. A kitöltés végén pedig illik megköszönni a kitöltést.

A kérdőívek által vizsgált terület

A vizsgálatban szereplő két kérdőív 10 község lakosainak számára volt elérhető (Farkas 2024). Ezen községek területét általában úgy szokták nevezni, hogy Dél-Fejér térsége. Ebbe a térségbe tartozik Baracs, Daruszentmiklós, Kisapostag, Mezőfalva, Nagykarácsony, Alsószentiván, Alap, Cece, Vajta és Előszállás települések. Ezen települések összes lakosságszáma 20 962 fő (2022. január elsejei KSH adatok alapján). A kérdőívet a települések polgármesterei osztották meg a községek közösségi oldalain, így jutott el minden településre. A kitöltés szám természetesen a cikk írójának lakóhelye szerinti településen a legnagyobb.

1. ábra. Kitöltések darabszáma



Az 1. ábrán jól látható, hogy Előszállás településen sokkal többen töltötték ki az űrlapot, mert a személyes ismertség ott volt a legnagyobb. A többi településen a kitöltési aktivitás ennek töredéke, de itt is megfigyelhető, hogy néhány helyen a 50–70 a kitöltési szám, míg máshol tíz alatti érték is előfordul. Ez annak is köszönhető, hogy a település vezetője mennyire aktív a közösségi médiában, mennyire elfogadott személy a községben. A kitöltésből látszik, hogy a második kérdőívet majdnem csak fele annyian töltötték ki, mint az első. Ezen cikk megírását ez a tény indukálta, hogy van-e ennek valamilyen jól kimutatható oka, vagy csak véletlen.

Az űrlapok élete

A kérdőívek mindkét alkalommal 13 napig voltak kitölthetők. Az első kérdőív megjelenése 2022. augusztus 18-i napon, mely egy csütörtök volt, a második megjelenése 2024. február 2-án egy pénteki napon történt. Az időpontok azért érdekesek, mert a kitöltési eredmény szempontjából meglepő, hogy melyik űrlapot hányan töltötték ki.

A nyári időponttal kapcsolatban azt lehetne feltételezni, hogy viszonylag kevés számú kitöltés érkezne, hiszen ebben az időszakban a nyaralások még zajlanka. A februári hétvégi időpont pedig azt jelezne előre, hogy itt több kitöltés érkezik, hiszen a munka végeztével a korai esti órákban a megkérdezettek jobban ráérnek és szívesebben tesznek eleget egy ilyen kitöltési kérésnek. Ahogy az *1. ábrán* látható volt, ez nem így történt

Következtetés

A két közreadott kérdőív kitöltésének sikerességével kapcsolatban az alábbi tapasztalatok vonhatók le:

- Pénteken nem szabad kérdőívet közre adni, mert a kitöltési hajlandóság nem megfelelő. Helyett inkább a hét eleji napok preferáltak (hétfő, kedd esetleg szerda).
- Ha több településről is be kell gyűjteni kitöltéseket, akkor olyan személyeket kell megkérni a települési csoportban való megosztásra, akik rendszeres mozgatói a közösségi életnek (pl. közösségsszervező, művelődési ház vezető), és erre nem feltétlenül a polgármester a legalkalmasabb.
- Kétszer hasonló témába ne kerüljön ki rövid időn belül kérdőív, mert az unalmassá, érdektelenné válhat.
- Érdemes elgondolkozni több település esetén egy verseny meghirdetéséről a kitöltési mennyiség szempontjából (nem azonosak az esélyek, hiszen nagyobb lélekszámú településről több kitöltés érkezik). Az egyenlőséget a laksok száma és a kitöltési szám aránya biztosíthatná. Természetesen ilyenkor gondoskodni kell valamilyen díjról is.
- A motiváció a kitöltési hajlandóság növelésére. Ismertetni kell, hogy amennyiben kitöltik, milyen előnyökkel járhat ez a kitöltő számára az életének későbbi szakaszában (pl. tartalmasabb közösségi rendezvények).

Referenciák

- Alexa, C. (2020): Hangadók az ifjúság szociális életében. *Kulturális Szemle*, 95.
- Farkas, I. (2023): Kérdőív összeállításának kérdései, az eredmények feldolgozásának lehetséges módszerei saját példán keresztül, In: *Informatika Korszerű Technikái 2023 „Tudomány: iránytű az élhető jövőhöz” nemzetközi tudományos konferencia: programfüzet és rövid cikkek*, Dunaújváros, Magyarország: DUE Press, pp. 190–201.
- Farkas, I. (2024): Kisiskolák kapcsolat a település műveltségi szintjével és a közösségi élettel. *Opus et Educatio*, 11., (1.).
- Molnár, D. (2010): Empirikus kutatási módszerek a szervezetfejlesztésben. *Humán Innovációs Szemle*, 1., (1–2.), pp. 61–72.
- Tessényi, J. (2024): Egyetemisták médiahasználati szokásainak vizsgálata= Examination of university students' media usage habits. *GRADUS*, 11., (1.).

Hadarics Kálmán

Linux szerver automatikus telepítése on-premise környezetben

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet

hadarics@uniduna.hu

Kulcsszavak: Linux, szkript, automatikus telepítés.

Absztrakt:

„Az automatizálás a banális és ismétlődő feladatok visszaszorulását eredményezi.”

Rendszermérnökként gyakran találkozunk olyan feladattal, amelyet időről időre el kell végezni, és a munkafolyamat előre meghatározott lépésekből áll. Azért, hogy az emberi hibát minimalizáljuk Linux operációs rendszer telepítést és konfigurálását is automatizálhatjuk.

Jelen cikk azt mutatja be, hogy egy világszinten jelentős szolgáltató esetében milyen módon valósítható meg egy bérelt on-premise szerver telepítése és előkészítése további konfiguráció menedzsment feladatok végrehajtására.

Bevezetés

Manapság sok olyan infrastruktúra szolgáltató létezik, amely fizikai szerverek bérletét teszi lehetővé ügyfelek számára. Ezen szolgáltatás igénybevétele esetén a szolgáltató a hálózati infrastruktúrát és a hardver meghibásodások kezelését/cseréjét biztosítja az ügyfeleknek alapértelmezésként. A szerver számítógépre telepített szoftverek konfigurálása, üzemeltetése az ügyfél feladata.

Ezen publikáció esetében ismertetek egy saját megoldást, amely adott szerver szolgáltató által biztosított lehetőségek fi-

gyelembevételével, automatizált Debian GNU/Linux telepítés és konfiguráció menedzsmentjének megoldására mutat be egy gyakorlati megoldást.

A szolgáltató sajátosságai

A Hetzner Online [1] Európa egyik legnagyobb adatközpont üzemeltetője. 1997 óta foglalkozik IT infrastruktúra szolgáltatásokkal, szerverek elhelyezésével és bérbe adásával. Németországi adatközpontjai mellett Finnországban, USA-ban, Szingapúrban is rendelkezik telephelyekkel. Több százezer működő szervert szolgál ki az infrastruktúrája. Az ügyfeleket elsősorban az innovatív technológiákkal és a vonzó árakkal igyekszik magához csábítani, de kiemelten figyel a fenntarthatóságra is. Németországban 100%-ban a szükséges villamos energiát megújuló energiaforrás (vízenergia) segítségével állítja elő.

A Hetzner Online az ügyfelek részére egy speciális Linux netboot környezetet biztosít bérelt szerverek esetében. Az ún. Rescue környezet segítségével az ügyfeleket többek között:

- operációs rendszereket telepíthetnek, az ún. Installimage [2] segítségével,
- hardver ellenőrzéseket futtathatnak,
- egy esetlegesen nem működő (nem boot-oló) rendszer esetében adatmentést, helyreállítás végezhetnek Linux parancsok segítségével.

A szolgáltató emellett lehetővé teszi az ún. Robot Webservice API [3] használatával ügyfél oldali műveletek automatikus elvégzését.

A kliens oldali környezet, és működési feltételek

A címbéli automatizált szerver telepítési megoldással kapcsolatban az alábbiak a célkitűzések:

- Input adatként használja fel a szolgáltatótól kapott paramétereket.
- Végezze el előre meghatározott módon a szerver meghajtóinak particionálását és a szerver nevének beállítását.
- Kezelje a szerver újraindítását, és újraindítást követően folytódjon a végrehajtása.
- Telepítse a választott konfiguráció menedzsment megoldást (Ansible [4]), és tegye lehetővé az újonnan telepített szerver távoli menedzsmentjét.
- Az automatizált telepítést Linux asztali környezetből vagy egy korábban létrehozott szerverről lehessen indítani, adott szkript végrehajtásával.

Az előzőek figyelembevételével, a működési feltételek az alábbiak:

- *openssh-client* – OpenSSH kliens parancsok
- *sshpas* – SSH jelszó alapú hitelesítés használata

A szolgáltató a sikeres bérlés követően az alábbi adatokat biztosítja az ügyfél részére (minta):

„Your server #server_id (192.168.108.1) has been activated and is now ready for use. Currently it is booted in the Rescue System. You can access the server via SSH2 using the following details:

IPv4 Address: 192.168.108.1

IPv6 Address: fe80::250:56ff:fec0:8

Username: root

Password: xDm8MieTXsU9ue

Host key: MYsjNcUoTgGEVHSUYfeJhRW9BOmh1m
HDFTLQaZ7bh/c (ECDSA 256)
k0pj5G4hiE7xBgf6325xfoicLUERmN8Kl5kLm-
VCNpno (ED25519 256)
Qvty3unE+4mAgTS2RFA7XcicBm/OPx88cXv/
Fb3tHfQ (RSA 3072)

„

Az előző táblázatban alkalmazott IPv4 és IPv6 címek módosításra kerültek, és helyükre értelemszerűen a szolgáltatótól kapott publikus címeket kell elképzelnünk.

Az elkészített megoldás

A megoldás esetében egy input nevű fájlban rögzítjük a telepítendő szerver szolgáltatótól kapott releváns paramétereit és az új szerver nevét:

```
server="192.168.108.1"  
hostname="debian12server"  
sshuser="root"  
export SSHPASS="xDm8MieTXsU9ue"  
export TERM="xterm-256color"  
sshtimeout=20  
sshhostkeyalg=ECDSA  
sshhostkeysize=256  
sshhostkeytype="SHA${sshhostkeysize}"  
sshhostkeyfingerprint="MYsjNcUoTgGEVHSUYfeJhRW-  
9BOmh1mHDFTLQaZ7bh/c"
```

1. ábra. Forráskód első része

```
debian12_install_publ_oksh - hetzner_installer - Visual Studio Code
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
$ debian12_install_publ_oksh X
$ debian12_install_publ_oksh
1 #!/usr/bin/env bash
2
3 . input
4
5 providedfingerprint=$(sshhostkeysize) $(sshhostkeytype):$(sshhostkeyfingerprint) $(server) $(sshhostkeyalg))"
6 actualfingerprint=$(ssh-keyscan -4 -t ecdsa "$server" 2>/dev/null | ssh-keygen -lf - )"
7
8 if [ "$providedfingerprint" = "$actualfingerprint" ]; then
9
10 # Add new server to known hosts
11 ssh-keygen -F "$server" &> /dev/null
12 ret=$?
13
14 if [ $ret -eq 1 ]; then
15 | ssh-keyscan -4 -t ecdsa "$server" >> ~/.ssh/known_hosts 2> /dev/null
16 fi
17
18 # Generate installimage configuration
19 installconfig="installimage.conf"
20 cat << EOF > "$installconfig"
21 DRIVE1 /dev/nvme0n1
22 DRIVE2 /dev/nvme1n1
23 SWRAID 1
24 SWRAIDLEVEL 1
25 HOSTNAME $(hostname)
26 USE_KERNEL_MODE_SETTING yes
27 PART /boot/efi esp 256M
28 PART swap swap 64G
29 PART /boot ext3 1024M
30 PART / ext4 all
31 IMAGE /root/.oldroot/nfs/install/./images/Debian-1207-bookworm-amd64-base.tar.gz
32 EOF
33
34 # Upload installer config
35 command="cat > /$(installconfig)"
36 cat "$installconfig" | sshpass -e ssh -o 'StrictHostKeyChecking=yes' -o 'ConnectTimeout=${shtimeout}' $(sshuser)@$(server) "$command"
37
38 # Execute installer
39 installimage="/root/.oldroot/nfs/install/installimage"
40 command="bash $(installimage) -a -c /$(installconfig)"
41 result=$(sshpass -e ssh -t -o 'StrictHostKeyChecking=yes' -o 'ConnectTimeout=${shtimeout}' $(sshuser)@$(server) "$command")
42 echo $result
43
44 # Reboot the server
45 command="reboot"
46 result=$(sshpass -e ssh -t -o 'StrictHostKeyChecking=yes' -o 'ConnectTimeout=${shtimeout}' $(sshuser)@$(server) "$command")
47 echo $result
48
49 # Remove old server from known hosts
50 ssh-keygen -f ~/.ssh/known_hosts -R "$server"
```

Forrás: Saját ábra.

A szkript az alábbiakat végzi el:

- Beolvassa az input fájlbeli paramétereiket.
- ellenőrzi, hogy a szolgáltató által küldött SSH ECDSA 256 kulcs lenyomata egyezik-e azzal, amit az aktuális kapcsolódáskor kapott a szkript. Amennyiben nem, akkor a szkript az ujjlenyomatok értékeivel fog visszatérni.
- Amennyiben egyezik az ujjlenyomat, akkor az alábbiak kerülnek végrehajtásra:

2. ábra. Forráskód második része

```
debian12_install_publ_ok.sh - hetzner_installer - Visual Studio Code

# debian12_install_publ_ok.sh
51
52 # Check server rebooted
53 command="true"
54 until sshpass -e ssh -o 'StrictHostKeyChecking=no' -o 'ConnectTimeout=${sshtimeout}' ${sshuser}@${server} "${command}" 2>/dev/null;
55 do
56     sleep 30
57 done
58
59 # Ansible installer
60 ansible_installer="ansible_install.sh"
61 cat << 'EOT' > "${ansible_installer}"
62 #!/bin/bash
63 # Task:
64 # - setup SSH and ansible user on a new Debian 12.x server
65 # - install ansible
66 #
67 # Author: Kálmán Haderics <kalmah@haderics.hu>
68 # -----
69
70 # Constants
71 admin_group="admins"
72 admin_gid=200
73 ansible_user="ansibleadmin"
74 ansible_user_home="/home/${ansible_user}"
75
76 # Setup SSH port and IPv4 only
77 sed -i '
78 s/#Port 22/Port 30225/
79 s/#AddressFamily any/AddressFamily inet/
80 ' /etc/ssh/sshd_config
81
82 systemctl restart ssh.service
83
84 # Add admin group and ansibleadmin user
85 groupadd --gid $admin_gid $admin_group
86 useradd --create-home --home-dir $ansible_user_home --gid $admin_gid $ansible_user --shell /bin/bash
87
88 # Upgrade system
89 apt-get update
90 apt-get -y install firmware-realtek
91 apt-get -y install firmware-and-graphics
92 apt-get -y dist-upgrade
93
94 # Install sudo
95 apt-get install sudo
96
97 # Add ansible user sudo
98 echo "${ansible_user} ALL=(ALL) NOPASSWD: ALL" > /etc/sudoers.d/${ansible_user}
99
100 # Generate and refine SSH keys
```

Forrás: Saját ábra.

- Az új szerver hozzáadása a kliens `.ssh/known_hosts` fájljához
- Az `installimage` [2] konfigurációjának (`installimage.conf`) dinamikus létrehozása
- Az `installimage.conf` fájl feltöltése SSH kliens segítségével
- Az `installimage` parancs távoli végrehajtása SSH segítségével a szerveren. Ez elvégzi a konfiguráció alapján a telepítést és a hálózat alapbeállításait.
- A telepített szerver újraindítása
- A korábbi tárolt ujjlenyomatok törlése a `.ssh/known_hosts` fájlból. A szerver újratelepítése új SSH kulcsokat hoz létre, így értelemszerűen az ujjlenyomatok is változnak.

- Várakozás az szerver újraindulására, 30 másodpercenként csatlakozási kísérlet
- Az `ansible_installer.sh` szkript dinamikus létrehozása. Ez a szkript az alábbiakat végzi:
 - admins csoport és rendszer felhasználó (`ansible_admin`) létrehozása (`$ansible_user` változó tartalma)
 - az alapértelmezett OpenSSH port módosítása (biztonsági megfontolásból)
 - a feltelepített rendszer frissítése
 - sudo telepítése és `ansible_admin` sudo privilégiumának konfigurációja
 - SSH kulcspár létrehozása az `ansible_admin` felhasználó esetében
 - Az ansible csomag telepítése, amely lehetővé teszi a távoli adminisztrációt SSH felhasználásával.
- Az `ansible_installer.sh` szkript távoli végrehajtása SSH segítségével a szerveren.
- Az `ansible_admin` számára generált kulcspár privát kulcsának letöltése a helyi rendszerbe, majd a távoli szerverről a privát kulcs törlése.
- Ansible inventory fájl létrehozása, amely felhasználásával a távoli szerver Ansible segítségével távolról vezérelhető lesz.

3. ábra. Forráskód harmadik része

```
debian12_install_publ_ok.sh - hetzner_installer - Visual Studio Code

$ debian12_install_publ_ok.sh
100 # Generate and setup SSH key
101 ssh_dir="$ansible_user_home/.ssh"
102 ssh_key_private="$ssh_dir/$(ansible_user)_${(HOSTNAME)_id_rsa}"
103 ssh_key_public="$ssh_dir/$(ansible_user)_${(HOSTNAME)_id_rsa.pub}"
104 ssh_key_comment="$(ansible_user)@$(HOSTNAME)"
105 ssh_auth_keyfile="$ssh_dir/authorized_keys"
106
107 sudo -u $ansible_user mkdir -m 700 $ssh_dir
108 sudo -u $ansible_user echo -e y | sudo -u $ansible_user ssh-keygen -t rsa -b 4096 -C "$ssh_key_comment" -f "$ssh_key_private" -N ""
109 sudo -u $ansible_user cp "$ssh_key_public" "$ssh_auth_keyfile"
110 sudo -u $ansible_user chmod 600 "$ssh_auth_keyfile"
111
112 # Install ansible
113 apt-get -y install ansible
114 EOF
115
116 # Upload Ansible installer
117 command="cat > /root/$(ansible_installer)"
118 cat "$ansible_installer" | sshpass -e ssh -o 'StrictHostKeyChecking=no' -o 'ConnectTimeout=${ssh_timeout}' ${sshuser}@${server} "$command"
119
120 # Execute Ansible installer
121 command="bash /root/$(ansible_installer)"
122 result=$(sshpass -e ssh -t -o 'StrictHostKeyChecking=no' -o 'ConnectTimeout=${ssh_timeout}' ${sshuser}@${server} "$command")
123 echo $result
124
125 # New ssh port
126 ssh_port=3025
127 # Let's generated Ansible admin private key
128 ansible_user="ansibleadmin"
129 ansible_user_home="/home/$ansible_user"
130 ssh_dir="$ansible_user_home/.ssh"
131 ssh_key_private_file="$ansible_user_${(hostname)_id_rsa}"
132 ssh_key_private_path="$ssh_dir/$(ssh_key_private_file)"
133
134 command="cat $ssh_key_private_path"
135 sshpass -e ssh -o "Port=${ssh_port}" -o 'StrictHostKeyChecking=no' -o 'ConnectTimeout=${ssh_timeout}' ${sshuser}@${server} "$command" > "$ssh_key_private_file"
136
137 # Delete remote Ansible admin private key
138 command="rm $ssh_key_private_path"
139 sshpass -e ssh -o "Port=${ssh_port}" -o 'StrictHostKeyChecking=no' -o 'ConnectTimeout=${ssh_timeout}' ${sshuser}@${server} "$command"
140
141 # Generate Ansible inventory related to host
142 inventory="inventory_${(hostname)}"
143 cat << EOF >> "$inventory"
144     ${hostname}
145     ansible_host: ${server}
146     ansible_ssh_private_key_file: /home/kami/ansible_project/keys/$(ssh_key_private_file)
147 EOF
148
149
```

Forrás: Saját ábra.

Összegzés

Ahol gyakori üzemeltetési feladat Linux szerverek telepítése, mindenképpen gondolkodni kell azon, hogy milyen módon valósítható ez meg automatizált módon. On-premise környezetben az automatizált telepítés megoldása nagyban függ a szolgáltató által biztosított feltételektől és lehetőségektől. Némi szkript írási és integrálási tapasztalatokkal elkészíthető olyan megoldás, amely rugalmasan felhasználható automatikus telepítés kivitelezésére.

A bemutatott megoldás képes arra, hogy az újonnan telepített rendszer Ansible által vezérelhető legyen, a használt Ansible inventory kibővítésével.

Irodalomjegyzék

- [1] Hetzner Online GmbH – <https://www.hetzner.com>
- [2] Installimage – <https://github.com/hetzneronline/installimage>
- [3] Hetzner robot – <https://robot.hetzner.com>
- [4] Ansible – <https://www.ansible.com>

Hadaricsné Dudás Nóra Erzsébet

Adatbázis trendek és technológiák: Hagyományos és modern megközelítések

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Szoftverfejlesztési és Alkal-mazási Tanszék

dudasn@uniduna.hu

Kulcsszavak: SQL, NoSQL, relációs adatbázis, hibrid adatbázis, dokumen-tum-alapú adatbázis, gráf-alapú adatbázis, kulcs-érték, ACID, CAP.

Absztrakt:

Az adatbázis-kezelési technológiák fejlődése az elmúlt évtizedekben for-radalmasította az adattárolás és -kezelés módszereit. A hagyományos SQL alapú relációs adatbázisok évtizedek óta dominálnak, de a megválto-zott adatigények és a Big Data ko-rában megjelenő új kihívások miatt a NoSQL adatbázisok egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek. A cikk áttekinti az SQL és NoSQL adatbázisok közötti főbb különbségeket, különös figyel-met fordítva az ACID és a CAP elvekre, amelyek me-ghatározzák a különböző adatbázisok teljesítményét és megbízhatóságát. Bemutatásra kerülnek a hibrid adatbázisok, amelyek a két tech-nológia előnyeit ötvözik, új megoldásokat kínálnak, alkalmaz-va a relációs mod-ellek struktúráját és a NoSQL rugalmasságát. A hibrid rendszerek nem-csak költséghatékony megoldásokat jelentenek, hanem lehetőséget adnak a különböző adattípusok integrált kezelésére is. A cikk végül bemutatja az egyes adat-bázistípusok leggyakoribb alkalmazási területeit, hangsúlyozva, hogy a megfelelő megoldás kiválasztása az adott üzleti igények és kihívások alapján történik.

Bevezető

Az elmúlt évtizedekben az adatbázis-kezelési technológiák jelentős fejlődésen mentek keresztül. Míg az SQL (Structured Query Language) alapú relációs adatbázisok hosszú ideig uralták az adattárolás világát, az utóbbi években a NoSQL (Not Only SQL) adatbázisok is egyre népszerűbbé váltak a dinamikus, nagy adatmennyiséggel dolgozó rendszerek igényeinek kielégítésére. Az SQL és NoSQL adatbázisok közötti választás sokáig kompromisszumot jelentett a struktúra, rugalmasság, skálázhatóság és teljesítmény terén.

Azonban a technológiai fejlődés lehetővé tette az olyan hibrid adatbázisok megjelenését, amelyek egyesítik az SQL és NoSQL rendszerek előnyeit. Az olyan adatbázisok, mint a CockroachDB és az ArangoDB, mind a relációs, mind a nem-relációs adatok kezelésére alkalmasak, így lehetővé teszik, hogy a felhasználók a legjobbat kapják mindkét technológiából.

A cikk célja, hogy bemutassa a hagyományos SQL és a NoSQL alapú adatbázisok közötti főbb különbségeket, illetve ismertesse az új hibrid adatbázisok adta előnyöket és kihívásokat. Valamint rávilágítson arra, hogy milyen helyeken érdemes alkalmazni ezeket a megoldásokat.

Relációs adatbázisok

A relációs adatbázisok (RDBMS) az 1970-es években váltak népszerűvé, miután Edgar Frank „Ted” Codd kidolgozta a relációs modell alapjait. Ted Codd új elgondolása matematikailag megalapozott eszközöket használ, ezáltal pontosabb leírást tesz lehetővé. Megalkotta a relációs algebrát, mely a relációkon végezhető műveleteket definiálja. Fő gondolata az volt, hogy az

adatokat kétdimenziós táblázatok (relációk) formájában kell tárolni, így az egymással logikai kapcsolatban lévő táblázatok rendszere alkotja majd magát az adatbázist. Tehát amíg a korai modellek, - a hálós és a hierarchikus modell - megvalósításában az egyes rekordok között fizikai kapcsolat van (mutatókon keresztül), addig a táblázatok közötti kapcsolat logikai.

Természetesen akkoriban – ahogy ma is – a szakmai világ kétkedve fogadta az újdonságokat. Az IBM eleinte nem is alkalmazta Codd kutatási eredményeit, nem fogadták el az ötleteit, azaz az adatbáziskezelés relációs elvű megközelítését. Minimum 10 évébe került, hogy meggyőzze a szakmai közvéleményt. Pedig az általa lefektetett alapelvek még a mai napig érvényesek, és szinte egyeduralkodóvá vált a relációs elvű adatbáziskezelés. Nem igazán terjedt el a más szemléletű adatbáziskezelés, kivéve a legutóbbi időben.

NoSQL Adatbázisok

A NoSQL adatbázisok (Not Only SQL) olyan adatbázis-technológiák, amelyek a relációs adatmodellek alternatívájaként jöttek létre a 2000-es évek elején. A NoSQL adatbázisok elsősorban nagy méretű, gyorsan változó, és nem strukturált adatok kezelésére specializálódtak. Ezek az adatbázisok nem kötődnek szigorúan strukturált séma követelményekhez, és nagyobb rugalmasságot kínálnak az adattárolás és kezelés terén is.

A NoSQL adatbázisok négy fő kategóriába sorolhatók:

- Dokumentum-alapú adatbázisok, ahol az adatok dokumentumok formájában tárolódnak (pl. JSON, BSON formátumban).
- Kulcs-érték tárolók, amelyek egyszerű kulcs-érték párok alapján tárolják az adatokat.

- Oszlop-alapú adatbázisok, amelyek táblázatos formában, de oszlop-orientáltan tárolják az adatokat.
- Gráf-alapú adatbázisok, amelyek az adatok közötti kapcsolatokat gráfként kezelik. Az adatokat csomópontok és élek formájában tárolják, ahol a csomópontok entitásokat képviselnek, az élek pedig az ezek közötti kapcsolatokat jelölik.

1. táblázat. NoSQL alapú adatbázistípusok

Adatbázis típus	Adatbáziskezelő	Alkalmazási területek
Dokumentum-alapú	– MongoDB – CouchDB – RavenDB	Webalkalmazások, E-kereskedelem (pl: termékinformációk), Mobilalkalmazások, Keresőmotorok, Tartalomkezelő rendszerek (CMS)
Kulcs-érték tároló	– Redis – Amazon DynamoDB – Riak – Firebase Realtime Database	Gyorsítótárak (pl. webes alkalmazások gyorsítása), Munkamenet-kezelés (pl. felhasználói munkamenetek tárolása), Valós idejű adatok (pl. hőmérsékleti szenzoradatok) feldolgozása, Konfigurációs beállítások kezelése
Oszlop-alapú	– Apache Cassandra, – HBase – Google Bigtable	Big Data elemzések (pl.: Webes elemzések), Naplófájlok feldolgozása (pl.: szerverlogok) Valós idejű analitika (pl.: pénzügyi tranzakciók elemzése)
Gráf-alapú	– Neo4j	Szociális hálózatok (pl. kapcsolatok és interakciók modellezése), Hálózatelemzés (pl. kiberbiztonsági elemzés), Ajánló rendszerek (pl. termék- vagy tartalomajánlás)

Az 1. számú táblázatban látható néhány adatbáziskezelő, és a főbb alkalmazási területeik. Elmondható, hogy NoSQL adat-

bázisok rugalmas adatmodellt használnak, amely lehetővé teszi az adatok strukturálatlan (pl.: különféle bináris fájlok: képek, hangfájlok, videók, ...) vagy félig strukturált (pl.: JSON formátumú dokumentumok) formában történő tárolását. De akár a strukturált adatok (oszlop-alapú adatok) tárolására is alkalmazhatók. Az egyik legfontosabb jellemzőjük a sémamentesség, amely azt jelenti, hogy az adatok szerkezetének előzetes meghatározása nem szükséges, és különböző típusú adatok tárolhatók ugyanabban az adatbázisban. [1]

A NoSQL rendszerek általában elosztott architektúrát használnak, amely lehetővé teszi az adatok több szerveren vagy adatközpontban történő tárolását és elosztását. Ez növeli a skálázhatóságot, és lehetővé teszi a nagy adatmennyiségekkel (Big Data) történő hatékony munkavégzést. Például a webes alkalmazások, a közösségi média és az online szolgáltatások mind-mind hatalmas adatmennyiséget generálnak, melyet a relációs adatbázisok már nem tudnak hatékonyan kezelni.

Hagyományos SQL és NoSQL adatbázisok főbb különbségei

Az SQL adatbázisok, mint például a MySQL, PostgreSQL, és az Oracle Database, a relációs modellre épülnek, és olyan környezetekben használjuk őket, ahol az adatok szerkezete jól meghatározott, és ahol a tranzakciós integritás kritikus.

A relációs adatbázisokat az SQL (Structured Query Language) nyelven keresztül kezeljük, amely lehetővé teszi az adatok hatékony lekérdezését, manipulálását és karbantartását. Az SQL támogatja a tranzakciók ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) tulajdonságait, amelyek biztosítják a megbízható és konzisztens adatkezelést. Azaz egy vagy több adatbázisműveletet egy tranzakcióba csoportosíthatunk, ez lesz egy olyan

munkaegység, amit atomosan (oszthatatlan módon) és más tranzakciótól látszólag elkülönítve (elzártan, rejtve) kell végrehajtani. Miközben minden művelet végrehajtása során rendszerünk egy konzisztens állapotból egy konzisztens állapotba kerül. Valamint az adatbáziskezelő a tartósságot is garantálja, mely során egy befejezett, sikeres tranzakciók eredményei nem veszhetnek el. Ha egy tranzakció sikertelen, akkor pedig a kezdeti állapotnak kell megmaradnia. [2]

A NoSQL adatbázisok nem kötődnek a relációs modellhez, és nem igényelnek előre meghatározott sémát. Ez lehetővé teszi számukra, hogy sokkal rugalmasabban kezeljék a strukturálatlan vagy félig strukturált adatokat. Emellett a NoSQL rendszerek nagy előnye a horizontális skálázhatóság, amely lehetővé teszi, hogy a rendszerek nagy mennyiségű adatot kezeljenek elosztott architektúrákon keresztül.

A NoSQL adatbázisok leggyakrabban a CAP-tétel (Consistency, Availability, Partition tolerance) alapján működnek, és inkább a rendelkezésre állást és a partíciótoleranciát preferálják, szemben a teljes adatkonzisztenciával, azaz kompromisszumot kötnek az adatok konzisztenciájában. Ez lehetővé teszi az adatok gyors hozzáférését, még akkor is, ha a rendszer egyes részei nem elérhetők.

Maga a CAP-tétel elosztott adatbázisokra vonatkozik, és arra mutat rá, hogy egy elosztott rendszerben a konzisztencia (Consistency), rendelkezésre állás (Availability) és partíciótürés (Partition tolerance) három tulajdonságából egyszerre legfeljebb kettőt lehet biztosítani. [3]

- 1. Konzisztencia:** Az adatok minden lekérdezéskor ugyanazok, tehát a frissítések azonnal láthatók a teljes rendszerben.
- 2. Rendelkezésre állás:** A rendszer minden lekérdezésre választ ad, még akkor is, ha nem tudja garantálni a legfrissebb adatokat.

- 3. Partíciótürés:** A rendszer képes tovább működni akkor is, ha hálózati szakadás történik, és a csomópontok közötti kommunikáció megszakad.

Skálázhatóság

A relációs adatbázisok hagyományosan vertikálisan (függőlegesen) skálázhatók, ami azt jelenti, hogy a teljesítmény növelése érdekében a szerver hardveres kapacitását kell növelni (pl. több memória, gyorsabb CPU). Ez a megközelítés azonban költséges és gyakran nehéz, különösen, ha az adatbázis mérete és a felhasználói terhelés gyorsan növekszik.

A relációs adatbáziskezelő rendszerek jól teljesítenek kisebb adatmennyiségeknél és egyszerű tranzakcióknál, de problémák merülhetnek fel, amikor a rendszer terhelése növekszik. Az ACID tulajdonságok fenntartása nagy adathalmazok esetén lassíthatja a rendszert, mivel az adatok konzisztenciáját és integritását minden egyes tranzakció során biztosítani kell.

A NoSQL adatbázisok egyik legnagyobb előnye a horizontális (vízszintes) skálázhatóság, ami azt jelenti, hogy a teljesítmény és a tárhelykapacitás növelése érdekében további szerverek adhatók a rendszerhez. Ez lehetővé teszi, hogy a NoSQL adatbázisok könnyen kezeljenek hatalmas adatmennyiségeket és nagy terhelést, anélkül, hogy drága hardverfrissítésekre, nagyobb szerverek beszerzésére lenne szükség. Ezáltal lehetővé vált az olcsóbb hardvereken való elosztott adatkezelés.

Hibrid adatbázisok: Az SQL és NoSQL Integrációja

A hagyományos SQL alapú és NoSQL rendszerek különböző célokat szolgálnak, és gyakran kiegészítik egymást a különböző alkalmazási területeken. A hibrid adatbázisok olyan megoldások, amelyek az SQL és NoSQL adatbázis-technológiák egyesítésével működnek, kihasználva és kombinálva a két adatkezelési módszer előnyeit.

A hibrid adatbázisok kialakulása a 2010-es évek környékén kezdődött, amikor a vállalatok egyre nagyobb adatkezelési kihívásokkal szembesültek. A relációs adatbázisok már nem voltak elegendők a Big Data korszakában jelentkező, skálázhatósági és teljesítményigények kielégítésére. Azonban az SQL alapú adatbázisok robusztus tranzakciókezelése és adatkonzisztenciája továbbra is nélkülözhetetlen volt. Ezért alakultak ki olyan adatbázisok, amelyek egyesítik a hagyományos relációs rendszerek és a NoSQL rugalmasságát.

ELŐNYÖK ÉS HÁTRÁNYOK

Ha röviden kellene összefoglalni a hibrid rendszerek előnyeit, akkor ezek a következők lennének:

- 1. Rugalmasság:* A hibrid adatbázisok képesek strukturált - relációs adatbázisokban megszokott - és nem strukturált vagy félig strukturált - NoSQL alapú - adatokat is kezelni. Így egy rendszer képes különböző típusú adatok feldolgozására és tárolására.
- 2. Skálázhatóság és teljesítmény:* A NoSQL technológia biztosítja a hibrid adatbázisok számára a horizontális skálázást (több csomópont hozzáadásával), ami lehetővé teszi a nagy méretű adatforgalom kezelését.

3. *Tranzakciók és konzisztencia:* A hagyományos SQL alapú adat bázisok által kínált ACID tulajdonságok a hibrid rendszerekben is elérhetőek, így biztosított a biztonságos és megbízható tranzakciókezelés.
4. *Egyszerű integráció:* A hibrid rendszerek lehetővé teszik, hogy a különböző típusú adatok (strukturált és nem strukturált) egyetlen platformon keresztül legyenek elérhetőek és elemezhetőek, ami egyszerűsíti a fejlesztést és az adatkezelést.
5. *Költséghatékonyság:* A hibrid megoldások csökkenthetik az adatkezelési költségeket, mivel egy platformon lehet integrálni a különféle adatokat, ami megszünteti az igényt több rendszer fenntartására.

Viszont akadnak a hibrid rendszereknek hátrányai is:

1. *Komplexitás:* A hibrid adatbázisok kezelése és karbantartása bonyolultabb lehet, mint a tisztán SQL vagy NoSQL rendszereké, mivel mindkét technológiát integrálni kell. Ez növeli a fejlesztés és karbantartás költségeit.
2. *Optimalizálás nehézségei:* Az eltérő adattípusok és használati esetek miatt a hibrid rendszerek optimalizálása kihívást jelenthet, különösen akkor, ha az adatbázisnak egyszerre kell kezelnie nagyméretű strukturált és nem strukturált adatokat.
3. *Magasabb belépési küszöb:* A fejlesztőknek és rendszergazdák-nak mind SQL, mind NoSQL technológiák ismeretére is szükségük van, ami növeli az oktatási és szakértelmi követelményeket.
4. *Teljesítményproblémák:* A hibrid rendszerek esetenként kompromisszumokat kötnek a teljesítmény terén, ha mindkét típusú adatkezelési technológia előnyeit akarják kihasználni.

Alkalmazási területek adatbázis típusonként

A relációs adatbázisok tipikus alkalmazási területei:

- *Pénzügyi rendszerek*: ahol az adatkonzisztencia és a tranzakciók integritása kritikus.
- *Üzleti alkalmazások*: pl. ERP (Enterprise Resource Planning) rendszerek, ahol a tárolt adatok struktúrája szigorúan szabályozott.
- *Kis- és középvállalkozások webes alkalmazásai*: kisebb adatbázisok, ahol a relációs modell jól kezelhető.

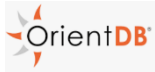
A NoSQL adatbázisok leggyakoribb alkalmazási területei:

- *Big Data rendszerek*: ahol hatalmas adatokat kell tárolni és gyorsan elérni (pl. social media platformok, streaming szolgáltatások).
- *IoT (Internet of Things)*: ahol az eszközök folyamatosan hatalmas mennyiségű, különböző típusú adatokat generálnak.
- *E-kereskedelem és felhasználói interakció alapú rendszerek*: ahol a felhasználói adatok nagy mennyiségben és dinamikusan változnak (pl. Amazon, eBay).

A hibrid adatbázisok leggyakoribb alkalmazási területei:

- *E-kereskedelmi platformok*: A termékinformációk relációs adatok, míg az ügyfélértékelések és felhasználói tartalmak félig vagy nem strukturáltak.
- *IoT rendszerek*: Nagy mennyiségű, változó struktúrájú érzékelőadatok és rögzített, strukturált metainformációk kezelése.
- *Adatvezérelt marketing rendszerek*: Strukturált ügyféladatok és nem strukturált interakciós adatok kombinálása valós idejű analitika és személyre szabott ajánlatok létrehozása céljából.

2. táblázat. Néhány hibrid adatbáziskezelő

Adatbáziskezelő	Típus	Alkalmazási Területek
ArangoDB  [4]	Multimodel adatbázis (dokumentum, kulcs-érték, gráf)	Szociális hálózatok, összetett elemzések, webalkalmazások.
Couchbase  [5]	Dokumentum-alapú és kulcs-érték tároló. Képes SQL-alapú lekérdezések futtatására is.	Mobilalkalmazások, e-kereskedelem.
Microsoft Azure Cosmos DB  [6]	Globális elosztású multimodel adatbázis (dokumentum, kulcs-érték, gráf)	Nagy léptékű webalkalmazások, IoT alkalmazások, Big Data elemzések.
OrientDB  [7]	Multimodel adatbázis (dokumentum, gráf, relációs)	Hálózatelemzés, szociális hálózatok, összetett adatkapcsolatok modellezése.

Összegzés

A relációs, NoSQL és a hibrid adatbáziskezelők mind jelentős szerepet játszanak az adatok kezelésében, de különböző igényekhez és alkalmazási területekhez illeszkednek.

Relációs adatbázisok klasszikus, jól bevált megoldások, amelyek szigorú adatmodellezést és tranzakcióbiztonságot kínálnak

az ACID tulajdonságok révén. Ideálisak olyan alkalmazásokhoz, ahol a strukturált adatok és a magas fokú adatkonzisztencia elengedhetetlen, mint például pénzügyi rendszerek vagy vállalati erőforrás-tervezési (ERP) megoldások.

A NoSQL adatbázisok viszont rugalmasabb megközelítést kínálnak, lehetővé téve a strukturált, félig strukturált és nem strukturált adatok hatékony kezelését. Az horizontálisan skálázható NoSQL rendszerek kiválóan alkalmasak a Big Data kihívások kezelésére, mint például a közösségi média, valós idejű analitika és IoT alkalmazások, ahol a sebesség és a rugalmasság kulcsszerepet játszik.

A hibrid adatbázisok az SQL és NoSQL előnyeit ötvözik, lehetővé téve a felhasználók számára, hogy egyszerre kezeljenek különböző típusú adatokat. Ezek a rendszerek ideálisak a modern, összetett alkalmazások számára, amelyek változatos adatkezelési igényekkel rendelkeznek. Rugalmas adatmodellezésük és a tranzakciók biztonságának megőrzése segít a különböző adatok hatékony integrálásában.

Mindezek a megoldások különböző kihívásokat és előnyöket kínálnak, és a választásuk mindig az adott alkalmazás igényeitől, a tervezett adatmennyiségtől, a szükséges skálázhatóságtól és a teljesítmény elvárásoktól függ. A jövőben valószínű, hogy a különböző adatbáziskezelő rendszerek további fejlődésen mennek keresztül, reagálva a folyamatosan változó adatmennyiségi és kezelési igényekre. Az optimális megoldás kiválasztása érdekében a fejlesztőknek alaposan meg kell érteniük a rendelkezésre álló lehetőségeket, és figyelembe kell venniük a specifikus követelményeket és környezeti tényezőket.

3. táblázat. Legnépszerűbb adatbáziskezelők 2024-ben [8]

1.	 PostgreSQL	6.	 Redis
2.	 MySQL	7.	 Elasticsearch
3.	 SQLite	8.	 MariaDB
4.	 Microsoft SQL Server	9.	 Oracle Database
5.	 MongoDB	10.	 Amazon DynamoDB

Irodalomjegyzék

- [1] Buza A. (2015): *Az adatbáziskezelés alapjai*. Dunaújváros: Rolling.
- [2] Jeffrey D. (1998): Ullman Widom–Jennifer Widom (Szerk.): *Adatbázis-rendszerek alapvetés*, Budapest: Panem.
- [3] <https://db.bme.hu/~gajdos/2012adtb2/3.%20eloadas%20NoSQL%20adat-b%E1zisok%20doc.pdf>, [Online]. Available: <https://db.bme.hu/~gajdos/2012adtb2/3.%20eloadas%20NoSQL%20adtb%E1zisok%20doc.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 2024. október 17.]
- [4] <https://arangodb.com/>, [Online]. Available: <https://arangodb.com/>. [Hozzáférés dátuma: 2024. október 18.]
- [5] <https://investors.couchbase.com/>, [Online]. Available: <https://investors.couchbase.com/>. [Hozzáférés dátuma: 2024. október 18.]
- [6] „<https://medium.com/@t.m.h.v.eijk/develop-solutions-that-use-azure-cosmos-db-az-204-summary-2024-db9c31b9b61f>”, [Online]. Available: <https://medium.com/@t.m.h.v.eijk/develop-solutions-that-use-azure-cosmos-db-az-204-summary-2024-db9c31b9b61f>. [Hozzáférés dátuma: 2024. október 18.]

- [7] „<http://orientdb.com/docs/2.2.x/>,” [Online]. Available: <http://orientdb.com/docs/2.2.x/>. [Hozzáférés dátuma: 2024. október 18.]
- [8] „<https://www.kingswaysoft.com/resources/industry-analysis/top-database-management-systems?srsltid=AfmBOoqsCSYJU9ro7A9ZOUAXTdBrxYE9yFIQ2EdUX5LfjzQxnjhF4fzB>,” [Online]. Available: <https://www.kingswaysoft.com/resources/industry-analysis/top-database-management-systems?srsltid=AfmBOoqsCSYJU9ro7A9ZOUAXTdBrxYE9yFIQ2EdUX5LfjzQxnjhF4fzB>. [Hozzáférés dátuma: 2024. október 18.]

Kocsó Edina

A tanulóelemzés fejlődése és nemzetközi alkalmazása az oktatásban

Dunaújvárosi Egyetem, Tanárképző Központ; Pécsi Tudományegyetem, Oktatás és Társadalom Neveléstudományi Doktori Iskola

kocsoe@uniduna.hu

Kulcsszavak: Learning Analytics, tanulóelemzés, adatvezérelt oktatás.

Absztrakt:

A tanulóelemzés avagy tanulási analitika (Learning Analytics: LA) fogalma és gyakorlata technológia alapúsága miatt viszonylag rövid múltra visszatekintő, interdiszciplináris kutatási terület, ami alapvetően az elektronikus tanulási környezet és annak relevanciájában a tanulás megértésével, optimalizálásával foglalkozik. Az Európai Bizottság magyar „Oktatás és képzés 2020” munkacsoportjának véleménye szerint „komoly potenciállal rendelkezik az oktatás és a tanulás minőségének javítása szempontjából” (Európai Bizottság 2019: 17). A tanulóelemzés egyszerre akadémiai terület és kereskedelmi piac, amely az elmúlt évtizedben gyorsan formálódott. Kutatási és oktatási területként a tanulás (pl. oktatáskutatás, tanulási és értékelési tudományok, oktatástechnológia), az analitika (pl. statisztika, vizualizáció, számítástechnika/adattudomány, mesterséges intelligencia) és az emberközpontú tervezés (pl. használhatóság, részvételen alapuló tervezés, szociotechnikai rendszerekben való gondolkodás) konvergenciáján helyezkedik el. Történetileg a tanulóelemzés legáltalánosabb alkalmazási területe a hallgatók tanulmányi sikerének előrejelzése, pontosabban azon hallgatók azonosítása, akiknél fennáll a veszélye, hogy megbuknak egy kurzuson vagy kiesnek a tanulmányaikból. Habár ezek az indukciós pontok is már elég reális igényt adnak a tanulóelem-

zés alkalmazásához, a kutatások és a gyakorlatból származó bizonyítékok azt mutatják, hogy a tanítás és tanulás támogatására ezen felül további potens és produktív lehetőségek jelennek a használatában. (SoLAR 2021)

A tanuláselemzés tudományterületi elhelyezése

A tanuláselemzés gyökerei ugyan a 20. század első feléig is visszavezetnek, erőteljesebb megjelenése az empirikus neveléstudomány, illetve az abból kibontakozó kvantitatív jellegű kognitív pedagógia korszakában észlelhetőek először. A kognitív neveléstudományi szemléletnek fontos elemei az oktatási rendszerek makrofolyamatainak nemzetközi és országos szinten végzett mérései, mint például az OECD 2000. óta végzett PISA-vizsgálatai (Németh 2013; 2015). Csapó Benő (2015) szerint ezek – az időközben részben, majd teljesen technológia alapúvá vált mérések – vezetnek át a *Big Data* korszakába, ami a neveléstudományi kutatásokat is megújítani látszik az interdiszciplináris kooperáció fokozódásával, valamint az adatgyűjtés és -elemzés kultúrájának újjáteremtésével. A pedagógiai értékelésnek ezen formáihoz a hagyományos diszciplináris kereteket átlépő társadalomtudományi kutatásokon belül olyan összefogásra van szükség, mely kihasználja a gazdaságtudomány, a szociológia, a pszichometria és háttérben az alkalmazott matematika, a statisztika és a számítástechnika eszközeit is (Csapó 2011).

Az információs forradalmak, illetve az elektronikus rendszerek használatából eredő rengeteg adatot számos iparágban – üzleti, egészségügyi, közigazgatási, közlekedési, szórakoztatóipari, telekommunikációs szférában – jóval korábban elkezdtek elemezni, használni, mint azt tesszük mostanra az oktatási szférában. Ez már csak azért is különös, mert az ezek alapját tekintő,

az olyan korszerűnek számító oktatástechnológiai erőforrások, mint a tanulástámogató rendszerek meglehetősen elterjedtek, különösen a felsőoktatásban. (Joksimović et al. 2019; Siemens 2014)

A mai felsőoktatásban a képzési tartalom rögzített formában történő átadási felületei elsősorban elektronikus tanulástámogató keretrendszerek (Learning Management System: LMS), ahol a tanulók mindenekelőtt a tanuláshoz szükséges, általában írásos vagy multimédia alapú tananyagokat, útmutatókat találják (Nagy et al., 2020). Mindazonáltal, ezeket a virtuális tereket már széleskörben használják nemcsak tananyagok, oktatási tartalmak, hanem tanulási tevékenységek, tanulói aktivitások gyűjtőhelyeként is, például tesztekhez és interaktív feladatokhoz (Takács et al. 2024), vagy akár a többirányú, általában aszinkron kommunikációhoz. A képzési tartalmakat bizonyos fókig az oktatók maguk választják csakúgy, mint az oktatási módszereiket. A tanulástámogató rendszerek lehetővé teszik a teljesen online, de segítik a blended típusú, illetve a jelenléti oktatást is. Az egyik nemzetközi szinten elterjedt Moodle rendszer 4.1-es verziójában 8-féle tananyag- és 20-féle tevékenységtípus illeszthető be a kurzusok tartalmába. Az ezekkel a tartalmakkal történő tanulói aktivitásokat – úgymint az oktatási anyagok megnyitása, letöltése, videók megtekintése, tesztek, feladatok elvégzése, pontszáma, kommunikációban való részvétel stb. –, monitorozhatjuk, naplózhatjuk, majd elemezhetjük. Ilyen gyakorlatokról olvashatunk Námesztovszik Zsolt, Ollé János és munkatársaik publikációiban is. (Námesztovszki et al. 2017; Ollé 2019)

Nemzetközi viszonylatban leginkább az Amerikai Egyesült Államok, Ausztrália, az Egyesült Királyság és Kanada felsőoktatási, felnőttképzési gyakorlatában megtalálhatóak a tanulástámogató rendszerekbe ágyazott, a tanulási-tanítási folyamatok vizsgálatára alkalmazott tanuláselemzési példák (Baker–Yacef, 2009;

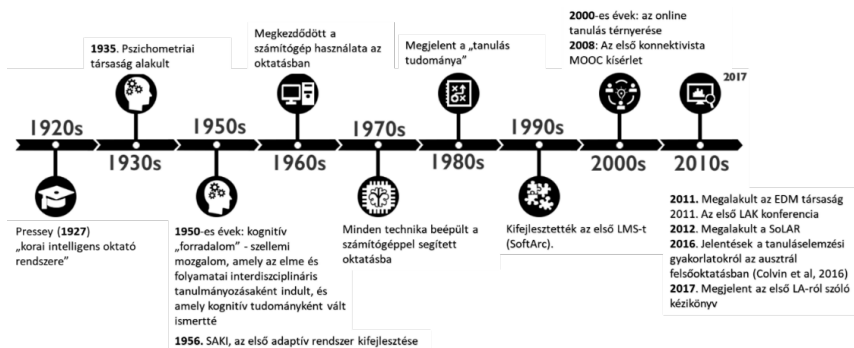
JISC 2016; Picciano 2012; Sclater–Mullan 2017; Sclater–Peasgood 2016), de elterjedése a világban egyértelmű, például Hong Kong Nyitott Egyetemén történt megvalósulásról is fellelhető publikáció (Wong 2017). Ezekhez a tanuláselemzési módszerekhez kapcsolódóan már a mesterséges intelligencia adta lehetőségeket is kihasználják, ami pár éve például a Digitális Jólét Program keretein belül Magyarországon is megjelent, mely során egy kísérleti program eredményeként a korai iskolaelhagyók arányát 20%-kal csökkentették. A tanulói tevékenységek megfigyeléséből, statisztikai elemzéséből rengeteg információhoz juthatunk, ami oktatóknak és döntéshozóknak is igen hasznosak lehetnek (Katonane Gyonyoru 2024). Ezen tanuláselemzési metódusok által képesek lehetünk a proaktív adatvezérelt oktatásra is (Microsoft, 2020). Bár ezek a mesterséges intelligenciát használó alkalmazások még sok esetben kidolgozási fázisban vannak, és rendszerszinten egyelőre inkább csak kísérleti és lokális kontextusban használják (Vincent-Lancrin–Vlies 2020).

Az adatok statisztikai elemzéseiből, illetve a mesterséges intelligencia segítségével predikciókat készíthetünk, amivel előre jelezhetjük a hallgatói teljesítményeket, és feltérképezhetjük azokat, a lemorzsolódás szempontjából veszélyeztetett („at risk”) hallgatókat, akik a kurzus(ok) teljesítésének nehézségeivel küzdenek (Bognár et al. 2021; Nagy et al. 2021). Az elemzések során visszacsatolást kaphatunk a képzési tartalomra, az oktatási módszerekre vonatkozóan is. A mesterséges intelligenciával dolgozó gépi tanulási modellek számára az LMS-ben lévő tanulmányok és tevékenységek tanulói felhasználása szolgál forrásadatként, így azok fejlesztésével nagyobb valószínűségű prognosztikákhoz juthatunk. Az előrejelzések alapján az oktatók proaktív tanulástámogatási metódusokat iktathatnak be még a képzés korai szakaszában a tárgy teljesítése szempontjából különböző fokon veszélyeztetett hallgatók számára.

A tanulóelemzés kialakulásának csomópontjai

A tanulóelemzés történetének összefoglalója a Dél-ausztráliai Egyetem oktatóinak munkája, a „The Journey of Learning Analytics” című tanulmánya, ami a Higher Education Research and Development Society of Australasia (Ausztrál-ázsiai Felsőoktatási Kutatási és Fejlesztési Társaság) „Review in Higher Education” (Felsőoktatási Szemle) folyóiratában jelent meg 2019-ben. Az alábbi történeti áttekintés elsősorban erre a publikációra hagyatkozik. (1. ábra)

1. ábra. A tanulóelemzés genealógiája



Forrás: Joksimović et al, 2019 alapján saját ford. és szerk.)

Srecko Joksimović, Vitimir Kovanović és Shane Dawson véleménye szerint a tanulóelemzés koncepciója Sidney L. Pressey, az Ohio-i Állami Egyetem pszichológia professzorának munkájára vezethető vissza, aki az 1920-as években kifejlesztett egy automatizált oktatógépet tesztek adminisztrálására. Ez egyfajta vizsgáztatógépként működött feleletválasztásos kérdéscsoportokkal aktivizálva a tanulót, a közvetlen megerősítés és egyéni haladás módszerét alkalmazva.

Az volt a célja, hogy a pedagógusok munkáját megkönnyítse a rutinszerű tanulás, az elméleti tananyag elsajátíttatásának gépiesítésével. (Forgó é. n.). Az vitatott, hogy Pressey gépe tekinthető-e az intelligens oktatórendszerek kiindulópontjának, mindamellett, hogy az intelligens oktatórendszerek a tanuláselemzések eredetének egyik kulcsfontosságú területe.

Az *American Psychological Association* (Amerikai Pszichológiai Társaság: APA) 1935-ös ülésén alakult meg – eredetileg egy folyóirat indításának szándékával – a mai napig is tevékeny *Psychometric Society* (Pszichometriai Társaság), aminek alapító tagjai az oktatásban és a pszichológiában alkalmazott kvantitatív módszerek témája iránt érdeklődtek. Mára a társaság egy nonprofit szakmai szervezetként működik, amely a kvantitatív mérési gyakorlatok fejlesztésével foglalkozik a pszichológiában, az oktatásban és a társadalomtudományokban. (*History of The Psychometric Society* é. n.)

Egy másik mérvadó hatás volt a tanuláselemzések kialakulásában a már az előző pontban is említett kognitív tudomány megjelenése, az 1950-es években lezajló kognitív „forradalom”, ami – Joksimović és munkatársa szerint – George A. Miller, a kognitív pszichológia egyik megalapítójának munkájából, valamint a számítástechnika és a mesterséges intelligencia új fejlesztéseiből ered. Gordon Pask, felesége, Elisabeth és Robin McKinnon-Wood publikálta 1961-ben az első adaptív oktatási gép-rendszer, a SAKI (Self-Adaptive Keyboard Instructor: Önadaptív billentyűzetoktató) elkészítését. A SAKI úgy optimalizálta a tanulási sebességet, hogy a feladatok nehézségét a tanuló teljesítményéhez igazította. Ugyancsak fontos felismerés volt Benjamin Bloom „2-sigma” elmélete a személyre szabott oktatás előnyeiről, mely további találmányokkal együtt az intelligens oktatórendszerek és a számítógéppel támogatott oktatás (computer-assisted instruction: CAI) területének fejlődését eredményezte.

A táv- és az online oktatás növekedése ugyancsak hozzájárult a tanuláselemzés fejlődéséhez. A postaszolgáltatások fejlődése, majd a különböző technológiai fejlesztések (rádió, TV, videó, CD/DVD, internet) tovább csökkentették a Michael G. Moore által „tranzakciós távolságnak” nevezett, a tartalom elérése, illetve a tanárukkal és a többi diákkal való interakció közötti időt.

A távoktatás történetének kulcsfontosságú mérföldköve volt a kétirányú kommunikációs technológiák fejlődése az 1980-as években, ami elősegítette az elmozdulást az egyszerű információtovábbítástól a szociálkonstruktivista tanulás és a tanulók-oktatók közötti minőségi interakciók felé. Az 1990-es években a World Wide Web megjelenése web-alapú távoktatási rendszereket hozott létre, amik mára a modern kor online tanulásává, majd a tömeges nyílt online kurzusokká (Massive Open Online Courses: MOOCs) fejlődtek. Az 1990-es és 2000-es években az internet elterjedése vezetett a már említett, web-alapú Learning Management Systems távoktatási technológiákhoz, amelyeket egyre gyakrabban kezdtek használni a hagyományos tantermi oktatás támogatására, majd az online tevékenységek és értékelések egyre szélesebb körben elterjedt alkalmazásával kevert (blended) tanítási-tanulási formák születtek.

Konkréten a tanuláselemzés fogalmának megjelenése az elmúlt évtizedben bontakozott ki, de egy lépéssel megelőzte a *Big Data* jelenségek és módszerek mentén kialakuló, feltörekvő tudományág, az oktatási adatbányászat (Educational Data Mining: EDM), amely az oktatási környezetből származó egyedi és egyre nagyobb léptékű adatok feltárására szolgáló módszerek kidolgozásával, használatával, valamint a tanulók és a tanulási környezet jobb megértésével foglalkozik. A tanuláselemzés egy közeli ágának, az oktatási adatbányászatnak a folyóirata, a „*Journal of Educational Data Mining*” 2009-ben indult, közösségből pedig 2011-ben alakult meg az *International Educational*

Data Mining Society (Nemzetközi Oktatási Adatbányászati Társaság). (International Educational Data Mining Society, é. n.)

Az első nemzetközi konferenciát, ami már kifejezetten a tanuláselemzés témájával foglalkozott, 2011-ben hívta életre egy kisebb kutatócsoport. „*Conference on Learning Analytics and Knowledge*” (A tanuláselemzés és a tudás nemzetközi konferenciája, LAK ’11) címmel Kanadában került megrendezésre.

A konferencia közleményében megfogalmazottak szerint ennek a fórumnak a létrehozását az alábbi okok generálták:

1. A tudással, a tanítással és a tanulással kapcsolatban olyan mennyiségű adat születik, amely már meghaladja a szervezettek azon képességét, hogy megértsék azokat.
2. Az oktatási intézmények és vállalatok kevésbé használják ki azokat az adatokat, amelyeket a tanulók „kidobnak” a tananyagokhoz való hozzáférés, az oktatókkal és társaikkal való interakció, valamint az új tartalom létrehozása során.
3. Egy olyan korban, amikor az oktatási intézményekre egyre nagyobb nyomás nehezedik a költségek csökkentésére és a hatékonyság növelésére, az analitika egy olyan hasznos szemüvegnek ígérkezik, amelyen keresztül láthatóak és tervezhetőek a változások a kurzusok és az intézmények szintjén is.

Fentiek mentén a konferencia elsődleges célja az volt, hogy meghatározzák és megvizsgálják azokat a kutatási területeket, melyek a tanulók tanulásának a gépi tanulás, az adatbányászat és az adatvizualizációs módszerek használatával történő megértésével foglalkoznak.

Ennek az első konferenciának eredményeképp 2012-ben megalakult a *Society for Learning Analytics Research* (SoLAR, Tanuláselemzési Kutatócsoport), és megszületett a tanuláselemzés definíciója: „adatok feltárása, gyűjtése, elemzése és jelentések készítése a tanulókról, valamint kontextusukban a tanulás, illet-

ve a tanulás környezetének megértése, optimalizálása céljából.” (Lang és mtsai., 2017:241)

2011. óta minden évben megtartották a LAK konferenciákat, bővítvén a téma szakirodalmának listáját. Ezenkívül a SoLAR „nyári egyetemeket” szervez (Learning Analytics Summer Institute: LASI), számos kezdeményezést indított a tanulóelemzés körüli együttműködésen alapuló és nyílt kutatások támogatására, a tanulóelemzési kutatások közzétételének és terjesztésének előmozdítására, valamint részt vesz az állami, tartományi és nemzeti kormányokkal való tanácsadásokban és konzultációkban.

A „*Handbook of Learning Analytics*” első kiadása 2017-ben jelent meg, célja a tanulóelemzés új és növekvő területének bemutatása volt. A 355 oldalas dokumentum a kutatás akkori állását tükrözte, és számos kiemelkedő szerző munkáját tartalmazta a tanulóelemzés és oktatási adatbányászat közösségéből. A fejezetek négy fő témakörbe rendeződtek: 1. Alapvető fogalmak, 2. Technikák és megközelítések, 3. Alkalmazások, 4. Intézményi stratégiák és rendszerperspektívák. A fejezeteket a terület elkötelezett szakértői lektorálták, és a Society for Learning Analytics Research (SoLAR) valamint a International Society for Educational Data Mining jóváhagyásával jelentek meg.

2022-ben jelent meg a kézikönyv második kiadása, melynek célja, hogy kiegyensúlyozza a tudományos szigorúságot, a minőséget, a nyílt hozzáférést és a széles körű vonzerőt, valamint bevezetést nyújtson a kutatások jelenlegi állásába. A második kiadás a 2022-es év pillanatfelvételét nyújtja, és a tanulóelemzés közösségének számos prominens szerzőjének munkáját tartalmazza.

A Society for Learning Analytics Research (SoLAR) 2019-ben indította el a SCImago rendszerében mind az oktatás, mind az alkalmazott számítástudományok területén Q1-es szintű

„Journal of Learning Analytics” folyóiratát. A folyóirat azóta is a tanulóelemzés vezető platformja, amely magasan jegyzett tudományos cikkeket és nemzetközi publikációkat közöl. A „*Journal of Learning Analytics*” célja, hogy elősegítse a tanulóelemzési kutatások fejlődését, és interdiszciplináris megközelítést kínáljon, összekötve az oktatási technológiák, az adatelemzés és a pedagógiai kutatások területét. 2023-ra a folyóirat növekvő impaktfaktorral rendelkezik, tovább erősítve pozícióját a nemzetközi tudományos közösségben.

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedben a tanulóelemzés technológia-alapú, interdiszciplináris kutatási területté fejlődött, amely az elektronikus tanulási környezetekből származó adatok elemzésével optimalizálja a tanulási folyamatokat. A Big Data és az oktatástechnológiai innovációk fejlődése nyomán a tanulóelemzés mára olyan eszközöket kínál, amelyekkel előre jelezhető a tanulási siker vagy a lemorzsolódás kockázata. Az LMS-rendszerekből gyűjtött adatok és a mesterséges intelligencián alapuló predikciók lehetőséget adnak az oktatóknak proaktív, adatvezérelt támogatási stratégiák alkalmazására, így javítva a tanulás minőségét és hatékonyságát.

A Society for Learning Analytics Research nemzetközi közösség tagjai különböző országokból és régiókból származnak. Ez a globális jelenlét lehetővé teszi a tanulóelemzés területén szerzett tapasztalatok és tudás széles körű megosztását és együttműködést. A SoLAR által szervezett konferenciák és kiadványok meghatározó szerepet töltenek be a terület fejlődésében. Az LA interdiszciplináris megközelítése – ötvözve a kognitív tudományokat, az adatbányászatot és az oktatástechnológiát

– a modern oktatás egyik kulcsterületévé teszi, amely a hallgatói sikeresség és a pedagógiai innováció előmozdítását szolgálja.

Referenciák

- Baker, R. S. J.–Yacef, K. (2009): The State of Educational Data Mining in 2009. A Review and Future Visions. *Journal of Educational Data Mining*, 1., (1.), pp. 3–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3554658>
- Bates, A. W. (Tony): (2019): Teaching in a Digital Age–Second Edition. Tony Bates Associates Ltd. <https://pressbooks.bccampus.ca/teachinginadigitalagev2/>
- Bognár, L.–Fauszt, T.–Nagy, B. (2021): Machine learning model building techniques for small and medium-sized university courses. *International Journal of Artificial Intelligence*, 19., (2.), pp. 20–43.
- Bognár, L.–Fauszt, T.–Váraljai, M. (2021): The impact of online quizzes on student success. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16., (11.), pp. 225–244.
- Csapó B. (2011): Az oktatás tudományos háttérének fejlődése. *MAGYAR TUDOMÁNY*, 172., (9.), pp. 1065–1076. <http://www.matud.iif.hu/2011/09/06.htm>
- Csapó, B. (2015): A PISA hatása a neveléstudomány fejlődésére. *Educatio*, 2015., (2), pp. 29–38 pp. <http://www.hier.iif.hu/hu/letoltes.php?fid=tartalom sor/2426>.
- Európai Bizottság (2019): Az „Oktatás és képzés 2020” munkacsoportok főbb tevékenységei (2016–2017). https://education.ec.europa.eu/sites/default/files/document-library-docs/education-training-et2020-working-groups-2016-2017_hu.pdf
- Forgó S. (é. n.): A feleltetőgéptől az oktatás programozásáig [Tananyag]. *Meddidadaktikai tervezés 4*. Elérés: 2024. október 30., Forrás: https://forgos.uni-eszterhazy.hu/wp-content/tananyagok/apertus/meddid/meddid_tk_4/a_feleltetgptl_az_oktats_programozsig.html
- History of The Psychometric Society. (é. n.): *Psychometric Society*. Elérés: 2024. november 1. Forrás: <https://www.psychometricsociety.org/history>
- International Educational Data Mining Society. (é. n.): *Educational Data Mining*. Elérés: 2024. november 1., Forrás: <https://educationaldatamining.org/>
- JISC (2016): *Learning Analytics in Higher Education A review of UK and international practice. CASE STUDY A: Traffic lights and interventions: Signals at Purdue University. Joint Information Systems Committee*. <https://analytics.jiscinvolve.org/wp/files/2016/04/CASE-STUDY-A-Purdue-University.pdf>
- Joksimović, S.–Kovanović, V.–Dawson, S. (2019): *The Journey of Learning Analytics*, 6., pp. 37–63. <https://www.hersa.org.au/system/files/HERD-SARHE2019v06p37.pdf>

- Katonane Gyonyoru, K. I. (2024): The Role of AI-based Adaptive Learning Systems in Digital Education. *Journal of Applied Technical and Educational Sciences*, 14., (2.), pp. 1–12.
- Lang, C., Siemens, G.–Wise, A.–Gasevic, D. (Szerk.) (2017): Handbook of Learning Analytics (First). *Society for Learning Analytics Research (SoLAR)*. <https://doi.org/10.18608/hla17>
- Microsoft. (2020): A magyar kormány az AI és a big data segítségével fejleszti az oktatási rendszert. *Microsoft Customers Stories*. <https://customers.microsoft.com/en-us/story/1350551297886456734-digitalis-jollet-nonprofit-kft-education-azure-hu-hungary>
- Nagy, B.–Váraljai, M.–Mihalovicsné, K. A. (2020): E-learning spaces to empower students' collaborative work serving individual goals. *Acta Polytechnica Hungarica*, 17., (2.), pp. 97–114.
- Námesztovszki Z.–Balázs P. D.–Kovács C.–Major L.–Karuovic, D. (2017): Tanulói aktivitás mintázatai három MOOC képzés alapján. *Információs Társadalom*, 16., (4.), pp. 40–60. <https://doi.org/10.22503/inftars.XVI.2016.4.3>
- Németh A. (2013): A neveléstudomány főbb fejlődésmoდეlljei és tudományos irányzatai. *Neveléstudomány*, 1., pp. 18–63. http://nevelestudomany.elte.hu/downloads/2013/nevelestudomany_2013_1_18-63.pdf
- Németh, A. (2015): A neveléstudomány nemzetközi moდეlljei és tudományos irányzatai. *Magyar Pedagógia*, 115.(3.), 255–294. <https://doi.org/10.17670/MPed.2015.3.255>
- Ollé, J. (2019, május 23): Különbözö tevékenységtervezési sémával készülo digitális tananyagok hatékonyságának összehasonlító elemzése. HERA: Prevenció, Intervenció és Kompenzáció, Eger. http://hera.org.hu/wp-content/uploads/2019/05/HuCER_absztrakt2019.pdf
- Picciano, A. G. (2012): The Evolution of Big Data and Learning Analytics in American Higher Education. *Online Learning*, 16(3): <https://doi.org/10.24059/olj.v16i3.267>
- Sclater, N.–Mullan, J. (2017): *Jisc briefing: Learning analytics and student success – assessing the evidence*. https://repository.jisc.ac.uk/6560/1/learning-analytics_and_student_success.pdf
- Sclater, N.–Peasgood, A. (2016): Learning analytics in higher education. *Jisc*. <https://www.jisc.ac.uk/reports/learning-analytics-in-higher-education>
- Siemens, G. (2014): The Journal of Learning Analytics: Supporting and Promoting Learning Analytics Research. *Journal of Learning Analytics*, 1., (1.), pp. 3–5. <https://doi.org/10.18608/jla.2014.11.2>
- SoLAR (2021. december 30): What is Learning Analytics? *Society for Learning Analytics Research (SoLAR)*. <https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/>
- Takács, A. M.–Takács, A.–Augusztinyi, D. G.–Nagy, B. (2024): On some methods of digital assessment for mathematical courses. In: Óbudai Egyetem (Ed.): 2024 IEEE 7th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE). Proceedings. pp. 313–316. IEEE Hungary Section.

- Vincent-Lancrin, S.–Vlies, R. van der. (2020): Trustworthy artificial intelligence (AI) in education: *Promises and challenges*. *OECD Education Working Papers*, No. 218. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/a6c90fa9-en>
- Wong, B. T. M. (2017): Learning analytics in higher education: An analysis of case studies. *Asian Association of Open Universities Journal*, 12., (1.), pp. 21–40. <https://doi.org/10.1108/AAOUJ-01-2017-0009>

Dr. Kővári Attila

A metaverzum fogalma és jelentősége

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Dunaújvárosi Egyetem

kovari.attila@uniduna.hu

Kulcsszavak: Metaverzum, virtuális valóság, kiterjesztett valóság, blokklánc, digitális gazdaság, adatvédelem és biztonság.

Absztrakt:

A metaverzum célja, hogy áthidalja a fizikai és a virtuális világot olyan magával ragadó technológiákkal, mint a virtuális valóság, a kiterjesztett valóság. Ez az ismeretterjesztő cikk a metaverzum jelentését, fogalmát és taxonómiáját tárgyalja, figyelembe véve azt a tényt, hogy a metaverzum egy virtuális tér, amelyben a felhasználók digitális avatárokon keresztül lépnek kapcsolatba egymással. A metaverzum a társadalmiság új formáit és akár a kriptovaluták és NFT-k áramlásán alapuló virtuális gazdaságot is megnyithat. Azonban a metaverzum néhány kritikus kérdést is hordoz magával mind az adatvédelem, mind pedig a biztonság és a szabályozás terén. Jelen ismeretterjesztő cikk ezeket a kihívásokat és a metaverzum további kilátásait tárgyalja.

Bevezetés

A metaverzum fogalma az utóbbi időben felkapottá vált. A metaverzum a fizikai és a digitális világ egy egyedi, összekapcsolt és magával ragadó térben összevont nézetét tárja elénk. A „metaverzum” szó a „meta” és az „univerzum” szóösszetételből adódott, amely egy virtuális környezet, amely egyesíti a valós élményt a kiterjesztett és virtuális valósággal.

Az innovatív koncepció különféle iparágakban érvényesül, mint például az oktatás, gazdaság, társadalmi interakció és.

Sokak szerint a metaverzum lesz az internet következő evolúciója, amely egészen új lehetőségeket nyit meg, és számos kihívást hoz, miközben még fejlesztési folyamatban van.

A metaverzum egy kollektív virtuális tér, amelyben az emberek interakcióba léphetnek egymással. Úgy gondolják, hogy ez egy olyan élmény, amely túlmutat azon, amit a mai internet nyújtani tud azáltal, hogy valós tevékenységeket, a munka, közösségi interakciók és szórakozás, egy magával ragadó 3D-s környezetbe gyűjti, amelyet a felhasználók valós időben osztanak meg egymással (Han et al. 2022). Bár a Second Life, a Roblox és a Fortnite platformok bepillantást engednek abba, hogyan is nézhet ki egy metaverzum, a metaverzum tényleges megvalósítása még mindig fejlesztés alatt áll.

Számos technológia, például a virtuális valóság, a kiterjesztett valóság alkotja ennek a metaverzumnak a gerincét. Ezek a technológiák a jelenlét érzését és az interakció gondolatát kellik, amikor a felhasználók azt hiszik, hogy ugyanazon a helyen vannak, és úgy lépnek kapcsolatba egymással és környezetükkel, mint a fizikailag jelenlévő entitások. Míg a VR teljesen elmerítette a felhasználókat egy virtuális világba, az AR ráteríti a digitális információkat a fizikai világra; ezért interaktív digitális elemekkel gazdagítja a természetes életkörnyezeteket (Dwivedi et al. 2023). A blokklánc biztonságot és átláthatóságot biztosít a digitális eszközök számára, különösen a tulajdonjog és a nem helyettesíthető tokeneket (NFT-eket) és kriptovalutákat érintő tranzakciók tekintetében (Wang et al. 2022).

Társadalmi és gazdasági hatás

A metaverzum hihetetlen potenciált rejt magában a társadalmi változásban. Virtuális hely, ahol az emberek találkozhatnak, együttműködhetnek és megoszthatják tapasztalataikat, újragondolásra késztet abban a tekintetben, hogy miként jöhetnek létre közösségek és milyen módokon fejezhetik ki magukat az egyének. A metaverzumban a felhasználók létrehozzák és személyre szabják avataraikat, kialakítják digitális identitásukat, és újfajta társadalmi dinamikákba kezdhetnek. Ez a személyes megnyilvánulás és kreativitás példátlan szintjeihez vezet, a közösségek és a társadalmi struktúrák új formáját hozva létre, amely egészen más, mint bármi, ami a fizikai világban létezik (Park–Kim 2022).

A virtuális gazdaság fogalma a metaverzumban nagyon különbözik a közgazdaságtan más fogalmaitól. Metaverzumban a különféle digitális eszközök értéket képviselhetnek a való világban. Az ilyen gazdasághoz szükséges működés magában foglalja az NFT és a kriptovaluták alapkoncepcióit, hogy a felhasználók virtuális javak, szolgáltatások és eladását és vásárlását érhék el (Kraus et al. 2022). A virtuális piacterektől a digitális koncertekig és művészeti kiállításokig a metaverzumban a gazdasági tevékenység új lehetőségeket nyit meg. A vállalatok már most próbálják kitalálni, hogyan tudják ezt a marketinghez, a virtuális kirakatokhoz és az ügyfelek kiszolgálásához hasznosítani.

Biztonság, adatvédelem és szabályozás

A nagy ígérek mellett a metaverzum kihívásokkal is jár az adatvédelem, a biztonság és a szabályozás terén. A virtuális interakciókból származó személyes adatok nagy mennyisége aggályo-

kat vet fel az adatvédelem, valamint a felhasználói identitás és a virtuális eszközök védelme tekintetében. Míg a blokklánc technológia biztonságos és megváltoztathatatlan nyilvántartást kínál a tulajdonjogról és a tranzakciókról, a mögöttes szabályozási struktúra még fejletlen. Ezenkívül a javak virtuális tulajdonlása az eszközökön kívül általában nem illeszkedik a meglévő jogi keretek közé. Ezenkívül a metaverzumban decentralizált platformok megjelenésével az etikai normák és a jogi szabályozás még kialakulóban.

Összefoglalás

A metaverzum még a kezdeteknél jár, de gyors növekedése és fejlődése azt sugallja, hogy valóban kiderülhet, hogy jövőnk szerves része lesz a digitális szférában. A metaverzum óriási változást ígér az emberek interakciójában, nemcsak a technológiával, hanem a gazdasággal és egymással. Új utakat nyit meg a munka, a játék és az életvezetés előtt. A sikerhez azonban számos technikai, etikai és szabályozási kihívás leküzdése szükséges. A metaverzum óriási változást jelez a digitális világ megértésében és a vele való interakcióban. A magával ragadó technológiák, a VR és az AR kombinációja, és a blokkláncban rejlő gazdasági lehetőségek egyesítése révén átformálódhatnak az iparágak és a társadalmi interakciók.

Irodalomjegyzék

Dwivedi, Y. K.–Hughes, L.–Wang, Y.–Alalwan, A. A.–Ahn, S. J.–Balakrishnan, J.–Wirtz, J. (2023): Metaverse marketing: How the metaverse will shape the future of consumer research and practice. *Psychology & Marketing*, 40., (4.), pp. 750–776.

- Han, D. I. D.–Bergs, Y.–Moorhouse, N. (2022): Virtual reality consumer experience escapes: preparing for the metaverse. *Virtual Reality*, 26., (4.), pp. 1443–1458.
- Kraus, S.–Kanbach, D. K.–Krysta, P. M.–Steinhoff, M. M.–Tomini, N. (2022): Facebook and the creation of the metaverse: radical business model innovation or incremental transformation?. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 28., (9.), pp. 52–77.
- Park, S. M.–Kim, Y. G. (2022): A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE access*, 10., pp. 4209–4251.
- Wang, Y.–Su, Z.–Zhang, N.–Xing, R.–Liu, D.–Luan, T. H.–Shen, X. (2022): A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 25., (1), pp. 319–352.

Dr. Kővári Attila

Hogyan készítsünk szisztematikus irodalmi áttekintő cikket?

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Dunaújvárosi Egyetem

kovari.attila@uniduna.hu

Kulcsszavak: Szisztematikus szakirodalmi áttekintés; PRISMA 2020; módszertan.

Absztrakt:

Az ismeretterjesztő cikk egy egyszerűsített megközelítést mutat be a szisztematikus irodalmi áttekintő cikkek írásához, a PRISMA 2020 útmutatója alapján. A PRISMA 2020 ajánlás az irodalmi áttekintés folyamatának kulcsfontosságú tevékenységeit tárgyalja, mint a cím kidolgozását, a bevezető rész létrehozását, a módszerek kidolgozását, az eredmények összegzését és ennek megvitatását. Különös hangsúlyt kapnak a tanulmányok kiválasztásának, az adatgyűjtésnek és az eredmények szintézisének módszerei. A PRISMA 2020 ajánlásra alapuló irodalmi áttekintések esetén a kutatók biztosítják, hogy a felülvizsgálat átlátható és reprodukálható legyen a tudományos integritás megőrzése érdekében.

Bevezetés

A szisztematikus áttekintés egy jól bemutatott kép az adott területen folyó kutatások jelenlegi állásáról egy adott témakörben, vagy akár az adott témakörön belüli tudáshézagok felderítésére is szolgálhat. A PRISMA 2020 nyilatkozat egy alapos keretrendszer szisztematikus áttekintések végrehajtásához annak érdekében, hogy az áttekintések átfogóak, átláthatóak és reprodukálhatók legyenek.

Ez a cikk a PRISMA 2020 által javasolt, de egyszerűsített folyamat alapján vázolja fel a szisztematikus szakirodalom áttekintésének lépéseit. Annak ellenére, hogy a teljes PRISMA 2020 ellenőrzőlista összesen 42 elemet tartalmaz, az alábbi útmutató leírja az egyes lényeges lépéseket, különösen azok számára, akik most ismerkednek a szisztematikus áttekintések elvégzésének módszerével.

Szisztematikus áttekintés lépései

1. Cím

A címnek jeleznie kell, hogy ez egy szisztematikus áttekintés, és tükröznie kell a kutatás tömör témáját. Az áttekintés előrehaladtával a cím módosulhat, de a cím korai meghatározása segíthet irányítani az áttekintés céljának irányában történő előrehaladás folyamatát.

2. Bevezetés

A bevezetőnek meg kell adnia az áttekintés szükségességének indoklását, beleértve azt is, hogy az hogyan illeszkedik ez a meglévő tudásba, tématerületbe. Ki kell emelnie a kutatási kérdést vagy problémát, amellyel az áttekintés foglalkozni kíván, és hangsúlyoznia kell annak relevanciáját. A világosan meghatározott célok segítik az olvasót az áttekintés hatókörének megértésében, és keretet adnak a cikknek.

3. Módszerek

Ez egy nagyon fontos rész, amely lehetővé teszi az áttekintés megbízhatóságának és reprodukálhatóságának biztosítását.

A módszertan megközelítésének hét allépése a következő:

Bevételi/kizárási kritériumok: Világosan határozza meg a tanulmányok kiválasztásának kritériumait, például a résztvevők életkorát, a beavatkozás típusát és az érdeklődésre számot tartó konkrét eredményeket. Adja meg a tanulmányok kizárásának okait, amelyek lehetnek szerkesztői cikkek, nem lektorált cikkek stb.

Információforrások és keresési stratégia: Adja meg az áttekintésben szereplő tanulmányok keresésére használt adatbázisokat és egyéb forrásokat. Adja meg a keresési kifejezéseket, alkalmazott szűrőket, a keresés időtartományát. Ez lehetővé teszi más kutatók számára, hogy szükség esetén megismételjék a keresést.

Cikk kiválasztási folyamat: Részletesen mutassa be a vizsgálati szűrés folyamatát, beleértve azt is, hogy kutató önállóan vagy csoportosan és miként dolgozott együtt. Ezenkívül adott esetben azonosítani kell az eredmények szűrésére használt automatizált eszközöket is.

Adatkinyerési módszerek: Mutassa be, hogyan nyerték ki az adatokat a bevont tanulmányokból. Ha bármilyen szoftvereszközt használtak az adatok kinyerésére, azt is meg kell említeni.

Eredmények, mérések: Határozza meg, hogy az áttekintés milyen változókra vagy eredményekre összpontosított, például a résztvevők jellemzőire vagy a beavatkozások hatásával kapcsolatos eredményekre.

A hatás mértéke: Magyarázza el, hogyan számszerűsítették a beavatkozások vagy az eredmények hatásait. Ez magában foglalhatja a tanulmányokban szereplő csoportok közötti általános

átlagos különbségek kiszámítását vagy az arányok összehasonlítását.

Szintézis módszerei: Mutassa be, hogyan szintetizálták a különböző vizsgálatokból származó adatokat. Az adatok természetétől függően ez lehet metaanalízis, narratív szintézis vagy táblázatos összefoglalás formájában.

4. Eredmények összefoglalása

Mutassa be a felvételre kijelölt, átvizsgált és végül a felülvizsgálatba bevont tanulmányok teljes számát. A legtöbb esetben folyamatábrákat használnak a tanulmányválasztás folyamatának bemutatására. Foglalja össze az egyes bevont tanulmányokkal kapcsolatos legfontosabb információkat, mint például a tervezés, a minta mérete, a beavatkozások és a főbb megállapítások.

5. Elemzés

Az elemzés során emelje ki, hogy az áttekintés mit talált az egyes értékelt kutatási kérdésekre vonatkozóan. Kapcsolja össze az eredményeket a szakirodalommal. Ha a megállapítások ellentmondanak a meglévő szakirodalomnak, elemezze az eltérés lehetséges okait. Vegye figyelembe az áttekintés korlátait, például a rendelkezésre álló tanulmányok kevesebb számát vagy a kutatás lehetséges torzításait.

6. Következtetések levonása

A következtetéseknek össze kell foglalniuk az áttekintésből kiválasztott kulcsfontosságú üzeneteket, jelezve a gyakorlatra vagy a politikára gyakorolt hatásokat, és javaslatot kell tenniük a további kutatási területekre.

Ez a rész gyakran tartalmaz ajánlásokat arra vonatkozóan, hogy a jövőbeni tanulmányokat miként lehetne javítani a szigorúság vagy a terjedelem tekintetében.

7. Absztrakt

Az absztraktot utoljára kell megírni, mivel tökéletes áttekintést ad az áttekintés céljáról, a módszerek leírásáról, az áttekintett tanulmányok számáról, valamint a főbb eredményekről és következtetésekről.

Összefoglalás

A PRISMA 2020 ajánlás jelentős módszertani segítséget ad a szakirodalom szisztematikus áttekintéséhez. Ez az egyszerűsített útmutató azokról a fő lépésekről szól, amelyek célja, hogy a szisztematikus áttekintést röviden bemutassák azon kutatók számára, akiknek még nincs tapasztalatuk a szisztematikus áttekintések írásában.

Irodalomjegyzék

Page, M. J. et al. (2021): The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery*, 88., 105906.

Mihálovicsné Kollár Anita

Észrevesszük a mesterséges intelligencia jelenlétét a mindennap-jainkban? - Empirikus kutatás az MI által generált tartalom felis-merésére

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Szoftverfejlesztési és Alkal-mazási Tanszék

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Neveléstudományi Doktori Iskola

mkollar@uniduna.hu

Kulcsszavak: MI generált szöveg, generációk közötti különbség, szövegfelismerés.

Absztrakt:

A mesterséges intelligencia (MI) térnyerése a mindennapokban számos területen megfigyelhető, beleértve az online tartalmak generá-lását, az ügyfélszolgálati interakciókat és a digitális médiafogyasztást. Az előadás azt vizsgálja, hogy az emberek milyen mértékben képesek felis-merni az MI által generált tartalmakat a hétköznapi élet különböző színterein. Az empirikus kutatás során kérdőív segítségével kísérlet tettünk annak felderítésére, hogy a résztvevők észreveszik-e a mes-terséges intelligencia által létrehozott szövegek jellemzőit. Az ered-mények azt mutatják, hogy az emberek időnként nehezen tudják megkülönböztetni az MI-tartalmakat az emberi alkotásoktól, bár bizonyos mintázatok, nyelvi sajátosságok felismerése alapján néhányan képesek többé-kevésbé pontos azonosításra. A kutatás rávilágít az MI jelenlétének ész-lelésével kapcsolatos kihívásokra és annak lehetséges társadalmi, etikai vonatkozásaira.

Bevezetés

A mesterséges intelligencia (MI) az életünk minden területén egyre hangsúlyosabb szerepet tölt be. Az MI által generált tartalmak, legyenek azok szövegek, képek vagy egyéb médiatartalmak, ma már a közösségi média posztjaitól kezdve a híroldalakon megjelenő cikkekig számos helyen találhatók meg. Az MI technológiák fejlesztése lehetővé tette, hogy a tartalmak sokszor emberi kéz által alkotottnak tűnjenek, amely új kérdéseket vet fel a felismerhetőség és az etikai vonatkozások kapcsán. Ez a tanulmány azzal foglalkozik, hogy mennyire képesek az emberek felismerni az MI által készített tartalmakat, és milyen tényezők segítik, illetve nehezítik ezt a felismerést.

A mesterséges intelligencia alkalmazása a tartalomkészítésben egy új korszakot nyitott meg, ahol a számítógépes algoritmusok segítségével létrehozott szövegek, képek és videók egyre kifinomultabbak és nehezebben megkülönböztethetők az emberi alkotásoktól. Az MI általi tartalomgenerálás történeti áttekintése mellett érdemes megvizsgálni azokat a kutatásokat, amelyek a tartalom felismerhetőségével foglalkoznak. Ide tartoznak például az olyan tanulmányok, amelyek a GPT-szerű nyelvi modellek, a deepfake technológia és egyéb MI-eszközök alkalmazásának hatását vizsgálják a tartalom eredetiségének érzékelésére.

Az ezzel foglalkozó kutatások például az alábbi kérdésekre keresik a válaszokat:

- Mennyire képesek az emberek felismerni az MI által generált tartalmakat különböző típusú médiumokban (szöveg, kép, videó)?
- Milyen tényezők befolyásolják a felismerés képességét? (pl. nyelvi sajátosságok, vizuális mintázatok)?

- Vannak-e olyan demográfiai vagy egyéb jellemzők, amelyek hatással vannak az MI-tartalmak felismerésére?
- Mennyire tartják az emberek fontosnak, hogy felismerjék az MI által generált tartalmakat, és milyen etikai kérdéseket vet fel a tartalmak MI-jellegének felismerhetősége?

Elméleti háttér, témához kapcsolódó információk

A mesterséges intelligencia (MI) által generált tartalmak felismerhetőségének problémája kiemelt figyelmet kapott az MI-technológiák rohamos fejlődésével. Az ilyen tartalmak, mint például szövegek, képek és videók, jelentős társadalmi és tudományos kihívásokat vetnek fel, különösen azok hitelességének és eredetiségének meghatározásában. [1]

Az MI által generált szövegek felismerésére különféle gépi tanulási modelleket használnak, amelyek a nyelvi és stilisztikai jellemzők elemzésére építenek. Ezen modellek, például a BERT és CNN alapú megközelítések, a szöveg szintaktikai és szemantikai mintázatait elemzik, hogy az MI-eredetet meghatározzák. [2]

Sajnos azonban az újabb detektálási technikák, például a vízjelzés és az outlier detection, gyakran alulmaradnak a szövegek újraforgalmazása vagy módosítása esetén. [3]

Az MI-tartalmak felismerhetőségével kapcsolatos kihívások nem csupán technológiai, hanem etikai kérdéseket is érintenek. A tartalmak torzítása, félretájékoztatás és a szerzői jogok megsértése mind olyan problémák, amelyek az MI által generált tartalmak széles körű használatából erednek. [4]

A különböző demográfiai csoportok eltérően reagálnak az MI által generált tartalmakra. Egyes kutatások azt sugallják, hogy az idősebb generációk kevésbé érzékenyek az MI-tartalmak stilisztikai és nyelvtani sajátosságaira, míg a fiatalabb generációk nagyobb

magabiztossággal észlelik ezeket az eltéréseket valószínűleg a digitális technológiákkal való nagyobb tapasztalatuk miatt. Azonban a tapasztalati tudás és a kontextuális feldolgozás néhány esetben előnyt jelenthet az idősebb generációk számára, különösen, ha a szöveg specifikus ismereteket igényel. [5] [6] [7]

A kutatáshoz kapcsolódó célok és módszertan áttekintése

Célkitűzés:

Kutatásom célja annak vizsgálata, hogy a különböző generációk milyen mértékben ismerik fel az emberi és mesterséges intelligencia által készített tartalmakat. A kísérlettel az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- Milyen különbség mutatkozik az MI és az ember által létrehozott szöveges állomány felismerési képességében generációként?
- Mennyire magabiztosak a kísérlet során adott válaszok során a csoportok?
- Milyen okok miatt döntöttek a válaszadók a választásuk mellett?

Alkalmazott kutatási módszer:

A kísérletet 2024.májusa és októbere között végeztem. 1 db. ember által és 4 db. ChatGPT segítségével létrehozott általános témájú hirdetésről kellett a válaszadóknak eldönteni, hogy ki készítette, majd megadni, mennyire biztosak a döntésükben, valamint megjelölni a döntés okát. A válaszokat Google Űrlap segítségével, önkitöltős módszerrel gyűjtöttem be. Bár a kérdőív kérdései ezen kívül még egyéb területet is érintettek, de kutatásom jelen fázisában csak két kiválasztott hirdetéssel kapcsolatos eredmények elemzésére térek ki. Az első esetben egy MI által létrehozott szöveget olvashattak, a második esetben pedig ember által írt szöveget láttak.

Eredmények értékelése, következtetések

A kiválasztott kérdések az alapstatisztikai és a mesterséges intelligenciával kapcsolatos kérdéscsoportból kerültek ki.

ALAPSTATISZTIKAI KÉRDÉSCSOPORT

A vizsgálatba összesen 171 főt vontam be, akiket 4 csoportra (generációra) osztottam fel:

- Baby boomerek (1946–1964)
- X generáció (1965–1979)
- Y generáció (1980–1994)
- Z-generáció (1995–2010)

Mind a 4 generációból a válaszadás szempontjából első 15-15 fő került kiválasztásra és vizsgálatra, hogy a reprezentativitás ne okozzon problémát (így kiszűrhetők a különböző csoportok digitális írástudásában megjelenő különbségei). Tehát az összesen 60 fő -ebből 15 fő férfi (25%) és 45 fő nő (75%)- válaszainak elemzése történt meg.

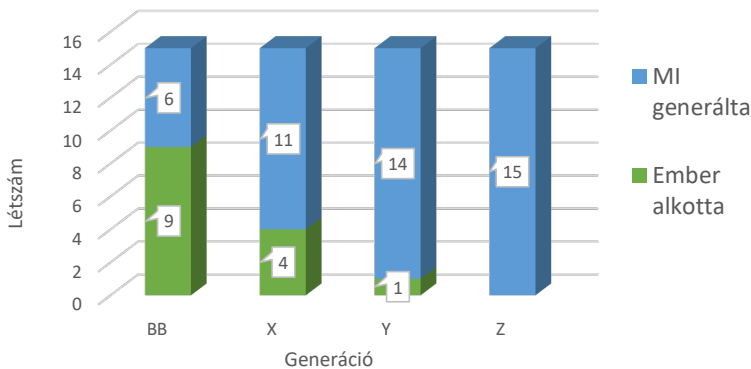
A kiválasztottak nagyjából fele (55%) egyetemi/főiskolai, 42% középfokú/technikus/felsőfokú OKJ-s, és csak 3% alacsony végzettséggel rendelkezik.

MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁVAL KAPCSOLATOS KÉRDÉSCSOPORT

Ebben a kérdéscsoportban arra voltam kíváncsi, hogy a mintahirdetésekről a válaszadók felismerik-e, hogy ember, vagy az MI készítette-e, a válaszaikban mennyire biztosak a válaszadók és mi volt a döntés oka.

Bár összességében 5 mintahirdetést kaptak, de jelenlegi elemzésembe csak az 1. és a 2. hirdetést vontam be (az elsőt a mesterséges intelligencia, a másodikat a szerző írta). A válaszadók nem tudták, hogy a kapott mintafeladatok között mennyi MI által generált került elhelyezésre, így ez sem befolyásolhatta a döntésüket.

1. ábra. Az első mintahirdetésre adott válaszok az ember vs. MI kérdésre



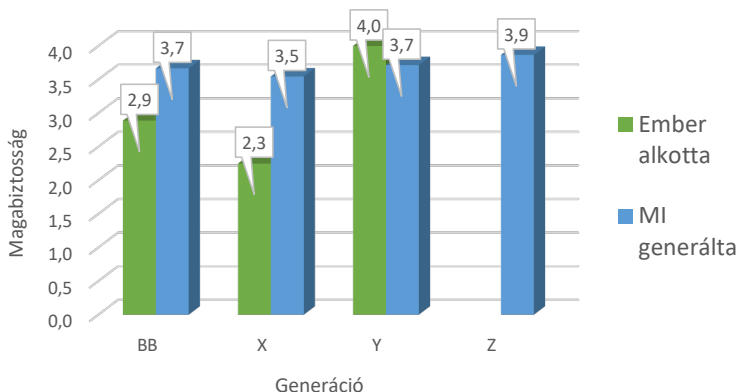
Forrás: Saját ábra.

Az 1. mintahirdetés esetében igen jól látható, hogy ahogy haladunk visszafelé életkorban, úgy egyre inkább felismerték, hogy nem ember által fogalmazott szöveggel találkoztak (ez jól látható az 1. ábrán). Ugyan ebben a tanulmányban nem kerül ismertetésre a többi feladat, de azoknál nem teljes mértékben igaz ez a megállapítás, azonban általánosságban többnyire kijelenthető, hogy szignifikáns a kapcsolat az életkor és a MI által generált tartalom felismerése között.

A 2. ábrán látható, hogy az ötfokozatú Likert skálán általánosságban kb. közepesnél egy kicsit jobban voltak magabiztosak a válaszukban a válaszadók. Azok, akik a helyes választ adták, inkább

éreztek biztosnak azt, mint akik helytelenül válaszoltak. Ennél a feladatnál szembetűnő, hogy a hibásan választók közül az Y generáció tagjai a többi korcsoporttól eltérően egy kicsit jobban bíztak a választuk helyességében (még a jól választóknál is nagyobb mértékben).

2. ábra. Az első mintahirdetésre milyen magabiztossággal válaszoltak a különböző generációk

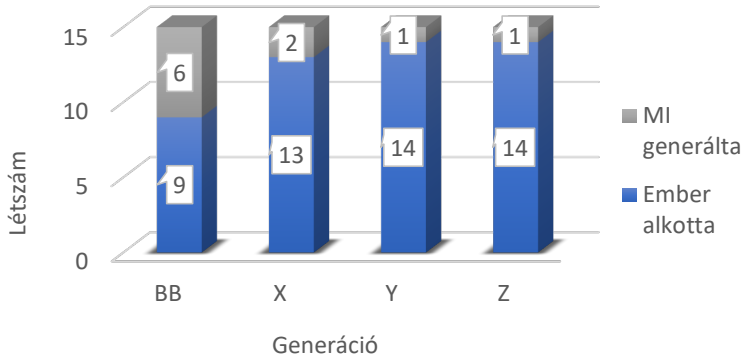


Forrás: Saját ábra.

Ahogy az első mintahirdetésre, úgy a másodikra is többségében eltalálták a választ a megkérdezettek. Ebben az esetben is a fiatalabb generációk inkább adtak helyes válaszokat, mint az idősebbek (ez a különbség jól látható a 3. ábrán is).

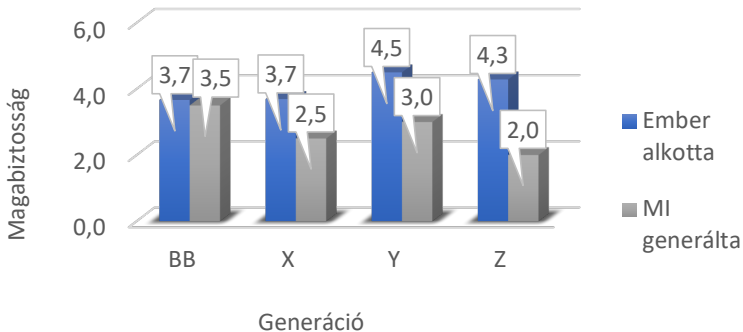
A 4. ábrán is látható, hogy a második mintahirdetés esetében is hasonló a helyzet az elsőhöz: akik a rossz választ adták, jóval kevésbé voltak magabiztosak, mint a másik válasz esetében. Itt is a legbiztosabban az Y-generáció tagjai voltak, a 4,5-ös átlagos érték is ezt mutatja. Az 5 mintakérdés esetében ennél a feladatnál jött ki legmagasabbra a magabiztosság, ebben az esetben átlagosan 3,9-re értékelték a válaszadók a magabiztosságukat az ötfokozatú skálán, a többi hirdetésnél 3,4–3,6 közötti értékeket kaptunk.

3. ábra. A második mintahirdetésre adott válaszok az ember vs. MI kérdésre



Forrás: Saját ábra.

4. ábra. A második mintahirdetésre milyen magabiztossággal válaszoltak a különböző generációk



Forrás: Saját ábra.

Mindkét esetben a döntés indokaként a szokásos okok (nyelvezet, stílus, helyesírás, természetesség) mellett megadhattak egyéb, szabad szöveges válaszokat is.

Itt megmutatkozott, hogy mennyire különbözően gondolkodtak a válaszadók, milyen nyelvi elemeket kerestek a szövegekben. Például az alábbi válaszok érkeztek:

- „Ember fia nem tudja, mi az a pasztell”
- „Generálhatta ember is, de a tagolása, a megfogalmazása mindenképpen gyanús.”
- „Pamutból farmer?”
- „Az árképzés is gyanús, emberek ritkán használják ezt a módszert sima hirdetésnél.”
- „Ez egy intelligensebb ember hirdetése. Ő tagol, de nem úgy, mint a fentiek. Az 500Ft-ra kerekítés is emberre vall.” (- ebben az esetben rossz volt a válasz és az ötfokozatú skálán négyes magabiztosságú volt a válaszadó).

Összefoglalás

A tanulmányom központi kérdése az volt, hogy az emberek képesek-e felismerni a mesterséges intelligencia (MI) által generált tartalmakat a mindennapokban. Az empirikus kutatás kérdőíves módszerrel vizsgálta, hogy a különböző generációk hogyan teljesítenek az emberi és MI által készített szövegek megkülönböztetésében.

A kutatásba bevont résztvevők 4 generációba kerültek besorolásra és öt mintahirdetés képezte a kísérlet alapját, amely ember, illetve mesterséges intelligencia által létrehozott szöveges állomány volt. A válaszok elemzése során figyelembe vettem a magabiztossági szinteket és a döntések mögötti indokokat is.

Az eredmények elemzése során az alábbi következtetésekre jutottam:

- Az idősebb generációk (Baby Boomerek és X generáció) kevésbé pontosan ismerték fel az MI által generált szövegeket, míg a fiatalabb generációk (Y és Z) jobb teljesítményt nyújtottak, vagyis

az MI által generált tartalmak felismerése generációs különbségeket mutatott.

- Az Y generáció tagjai a legnagyobb magabiztossággal válaszoltak, még akkor is, ha a válaszuk helytelen volt.
- A válaszadók döntéseiben a nyelvi stílus, helyesírás és tagolás játszották a legnagyobb szerepet.

Kijelenthető, hogy az MI által generált szövegek egyre nehezebben megkülönböztethetők az emberi tartalmaktól, ami fontos társadalmi és etikai kérdéseket vet fel.

Irodalomjegyzék

- Alamleh, H.–AlQahtani, A. A.–ElSaid, A. (2023): „Distinguishing Human-Written and ChatGPT-Generated Text Using Machine Learning,” *Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)*. Charlottesville. pp. 154–158.
- Alam et al. (2020): „AI-Fairness Towards Activity Recognition of Older Adults,” *MobiQuitous 2020 – 17th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services*.
- Chakraborty et al. (2024): „Position: On the Possibilities of AI-Generated Text Detection,” 41st International Conference on Machine Learning.
- Krishna et. al. (2023): „Paraphrasing evades detectors of AI-generated text, but retrieval is an effective defense,” 37th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2023). pp. 27469–27500.
- Lyu, L. (2023): „A Pathway Towards Responsible AI Generated Content,” Thirty–Second International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-23). pp. 7033–7038.
- Sarzaeim, P.–Doshi, A. M.–Mahmoud, A. M. (2023): *A Framework for Detecting AI-Generated Text in Research Publications*. Istanbul-Türkiye: 11th International Conference on Advanced Technologies (ICAT’23). pp. 121–127.
- Vora et. al. (2023): „A Multimodal Approach for Detecting AI Generated Content using BERT and CNN”. *International Journal on Recent and Innovative Trends in Computing and Communication*, 1. kötet 11., (1.), pp. 691–701.

Mihálovicsné Kollár Anita

Észrevesszük a mesterséges intelligencia jelenlétét a mindennap-jainkban? - Empirikus kutatás az MI által generált tartalom felis-merésére

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Szoftverfejlesztési és Alkal-mazási Tanszék

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Neveléstudományi Doktori Iskola

mkollar@uniduna.hu

Kulcsszavak: Hallgatói sikeresség, tanulásvizsgálat, online környezet.

Absztrakt:

A tanulási folyamat vizsgálata olyan változatos kutatási eredményeket szolgáltat, amelyeknek birtokában mind közelebb kerülhetünk az egyén tanulási folyamatának támogatásához ahhoz az állapothoz, amikor a célul kitűzött egyéni sikeresség, mint ideális kimenet maximálisan megvalósulhat.

Az élethosszig tartó tanulás korában az erőteljes technológiai fejlődéssel történő szoros összefonódás arra sarkallja az oktatási folyamat résztvevőit, hogy a változatos lehetőségek és kínálgzó lehetőségek közül igyekezzenek mindig az adott időben a mindenkori elérendő cél sikeres teljesítéséhez a legoptimálisabb tanulási körülményeket választani.

Kutatásunk ezen fázisában a tanulási terek aspektusából megközelítve vizsgálódtunk a hallgatóink körében, arra fókuszálva, hogy a technológiai támogatottság az online tanulási környezetben mennyire van aktívan jelen és megvalósul-e a modern technológiák elérhetőségének kihasználása a tanulási folyamat során úgy, hogy az egyben az egyén sikerességéhez is hozzájárul.

Bevezetés

Az élethosszig tartó tanulás korában az erőteljes technológiai fejlődéssel történő szoros összefonódás arra sarkallja az oktatási folyamat résztvevőit, hogy a változatos lehetőségek és kínálgzó lehetőségek közül igyekezzenek mindig az adott időben a min-denkori elérendő cél sikeres teljesítéséhez a legoptimálisabb tanu-lási körülményeket választani.

A változás azonban nem csak hatás, hanem egy hatás által ki-váltott válasz is egyben, azaz lehetőségek is adódnak, amelyek újabb igényeket fogalmaznak meg a társadalom tagjaiban. A tech-nológiai fejlődés korában alapvető igénynek tekinthető az innova-tív eszközök és módszerek széles körű, társadalom-szintű alkal-mazása a lehetőségekhez mérten az összes lehetséges területen, így az oktatásban is. Az oktatás szükségszerűen élen kell járjon az innovatív megoldások alkalmazásában, hiszen a megváltott igé-nyekhez alkalmazkodva tudja csak támogatni az egyéni sikeressé- get a tanulási folyamatban.

Elméleti háttér, témához kapcsolódó információk

Az e-learning megoldások -amelyek napjainkban már széles kör-ben elterjedtek a hagyományos képzés mellett, azt hatékonyan támogatva- tényleges és mindennapi gyakorlati alkalmazása megteremtette az oktatásban érintettek számára a tér- és időbeli függetlenséget. [1] [2] [3] Az e-learning oktatás néhány ilyen tu-lajdonság: rugalmasság, függetlenség, önállóság, sokféleség, esély-egyenlőség, kapcsolódás stb. [2] [3]

A tanulói sikeresség elérésének érdekében a tágabb értelemben vett tanulási környezetet szükséges formálni, amely ötvözi az in-dividuális, a közösségi, a személyre szabott, a társas, a kreatív, az

interaktív, az elmélyülő, az együttműködő jelleggel bíró tényezők rendszerét alkalmazkodva a tanulók életkori sajátosságaihoz, generációs jellemzőikhez és egyéni igényeikhez. [4] [5]

A közelmúltban számos tanulmány foglalkozott a hasonló hatások által befolyásolt embercsoportok közös jellemzőinek vizsgálatával, így fogalmazódott meg a nem kimondottan születési alapon besorolt generációk vizsgálatával. [6] Minden generáció különböző jellemzőkkel bír, köszönhetően annak az adott kornak, korszaknak a társadalmi, gazdasági, technológiai és egyéb hatásainak, amelybe beleszülettek. A felsőoktatásban jelenleg túlnyomó többségben a Z-generáció képviselteti magát, azonban jelentős számban részt vesznek képzéseken a korábbi generáció képviselői is.

Számos tudományos kutatás szerint a Z-generáció olyan tanulói társadalmat képez, amelynek tagjai technológiailag rendkívül elkötelezettek. Életük jelentős részét a virtuális térben élik, nem ismerik az internet nélküli létet, állandó igényük az információhoz jutás. [4] [6] A tananyag feldolgozási folyamat során a rövidebb egységekre bontott, audiovizuális, multimédia elemekkel gazdagított, interaktivitásra lehetőséget nyújtó online lehetőségeket preferálják. [7] Egy olyan környezetben, amelynek a tér- és időfüggetlenség az egyént a hagyományostól eltérő módon nagyobb önállóságra készíteti a tanulót az egyéni tanulás során a kívánt oktatási cél elérésében.

A kutatás céljának meghatározása és az alkalmazott módszer áttekintése

CÉLKITŰZÉS

Kutatásomban célom annak vizsgálata, hogy a két csoport milyen eszközöket és forrásokat használ a tanulmányaik során, melyek

azok, amelyek a hallgatói sikeresség elérése érdekében számukra leginkább célravezető és az elmúlt öt évben tanulás, illetve eszközhasználat során történt-e változás.

Az alábbi kérdésekre kerestem válaszokat:

- *Milyen eszközökkel rendelkeznek?*
- *Elsősorban milyen jellegű állományokat használnak a tanulásuk segítésére? (2019-es kérdőívben), illetve Milyen gyakorisággal használják a különböző állományokat a tanulásuk során? (2024-es felmérésben)*

ALKALMAZOTT KUTATÁSI MÓDSZER

Módszeremnek empirikus kutatást, kérdőívet választottam. Google űrlap segítségével 2019. nyarán és 2024. májusában több területet érintő felmérést végeztem a Dunaújvárosi Egyetem magyar nyelvű hallgatói körében. A kérdések egy része megegyezett a két mintavételezéskor. A válaszok begyűjtésére önkitöltős módszert alkalmaztam, így a kérdezőbiztosi torzítást is elkerülhettük.

2019-ben 58 fő válaszolt, nappalis és levelező tagozatos hallgatók, műszaki, gazdaság-, társadalomtudományi, informatikai, valamint pedagógiai képzési területről. Véletlenszerű mintavételezés történt, a kiválasztás során a szerző által oktatott tantárgyak (Informatika, Internet technológia, Informatikai projektvezetés és gyakorlat, valamint a Vállalatirányítási rendszerek) hallgatói között történt a felmérés, a korlátozott lehetőségek miatt, amely jellemzően az idő és a vizsgálati alanyok csoportja.

2024-ben 68 válasz érkezett, szintén mindkét tagozatról, de csak az alapképzésben (BSc) az informatikus és gazdaságinformatikus, valamint mesterképzésben (MA) a mérnöktanár mérnökinformatikus hallgatók körében folyt a vizsgálat, amely az Informatika projekt 1. nevű tantárgyat felvettekre koncentrált, ahol szinte teljes kitöltöttséget értünk el.

Ugyan a kérdőívek a most ismertettnél jóval több területet érintettek, de a kutatás jelenlegi fázisában csak három kérdés eredményei kerülnek bemutatásra, a többi még további vizsgálat tárgyát fogja képezni a jövőben.

Eredmények értékelése, következtetések

Az űrlapos kikérdezés struktúrájában elsőként az Alapstatisztika került meghatározása, majd az Eszközhasználati kérdéscsoportban két területre fókuszáltan vizsgálódom.

ALAPSTATISZTIKAI KÉRDÉSCSOPORT

2019 nyarán négy tantárgy hallgatói közül véletlen mintavételezéssel 58 embert (19 fő nappalis és 39 fő levelezős hallgatót, 41 férfit és 17 nőt) kérdeztem meg. A válaszadók átlagos életkora: $30,36 \pm 1,17$ év.

2024-ben a felmérést a Dunaújvárosi Egyetem Informatikai projekt 1. nappali (27 hallgató) és levelező (41 hallgató) hallgatói körében végezem. Átlagéletkor: $28,34 \pm 1,08$ év. A kérdőívet 59 férfi és 9 nő töltötte ki. Tekintettel arra, hogy az informatikai területen a férfiak erősen felülreprezentáltak, ezért ez a dominancia nem meglepő.

ESZKÖZHASZNÁLATI KÉRDÉSCSOPORT

Ebben a kérdéscsoportban e tanulmányban 2 területtel kapcsolatban készült vizsgálat:

- arra voltam kíváncsi, hogy a hallgatók milyen IKT eszközökkel rendelkeznek,
- valamint megkérdeztem, hogy elsősorban milyen jellegű állományokat használnak a tanulásuk során.

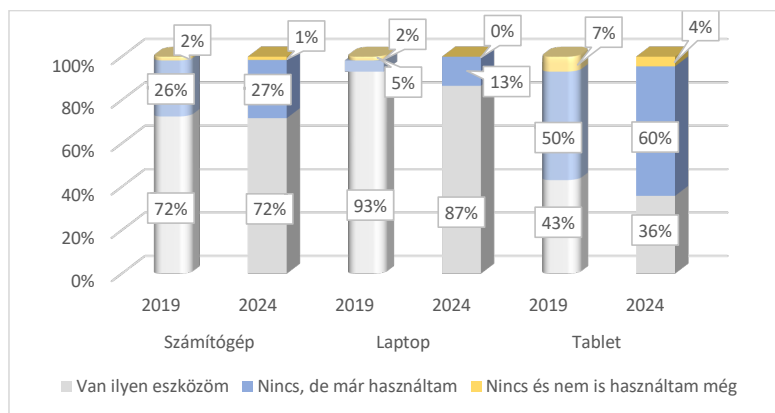
A második kérdésnél a két kérdőívben történt módosítás, mert úgy ítélt meg, hogy nem csak a legjellemzőbb információforrást kell vizsgálni, hanem más forrásokat is, továbbá fontos annak ismerete, hogy azokat a tanulásuk során milyen gyakorisággal használják. Ezért ebben a kérdésben a két időszak válaszai csak önmagukban vizsgálhatók, idősoros elemzésre nem alkalmasak.

K1.: Milyen eszközökkel rendelkezik az alábbiak közül?

A felsorolásban a hallgatóknak azt kellett megjelölni, hogy számítógéppel, laptoppal, tablettel, hagyományos mobiltelefonnal, okostelefonnal, okosórával, konzollal, VR szemüveggel, drónnal, illetve egyéb eszközökkel rendelkeznek-e, vagy sem. Három válaszlehetőséget adtam:

- van ilyen eszközöm
- nincs, de már használtam
- nincs és nem is használtam még.

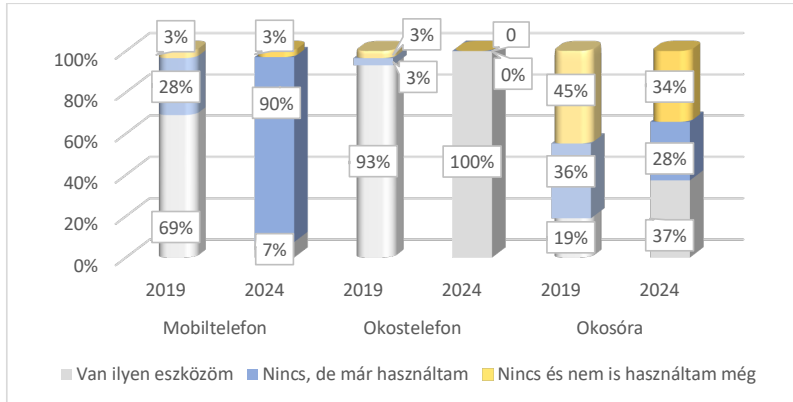
1. ábra. Számítógép, laptop és tabletelletottság 2019-ben és 2024-ben



Számítógépek:

A beérkezett válaszokból kiderült, hogy a hallgatók számítógép ellátottságában szinte nincs változás, ezt a 2019-es és 2024-es eredményeket egymás mellett mutató 1. ábra jól szemlélteti. Kimondható, hogy mindegyike rendelkezik vele (a nemleges választ adók mindkét vizsgált évben birtokoltak laptopot). Tekintettel arra, hogy az elmúlt időszakban online, illetve hibrid oktatási formában folytak az órák, ez számukra szükséges munkaeszköz, tehát a várt eredményt hozta. A lappal rendelkezők részaránya némileg csökkent a vizsgált időszakban.

2. ábra. Mobiltelefon, okostelefon és okosóra ellátottság
2019-ben és 2024-ben

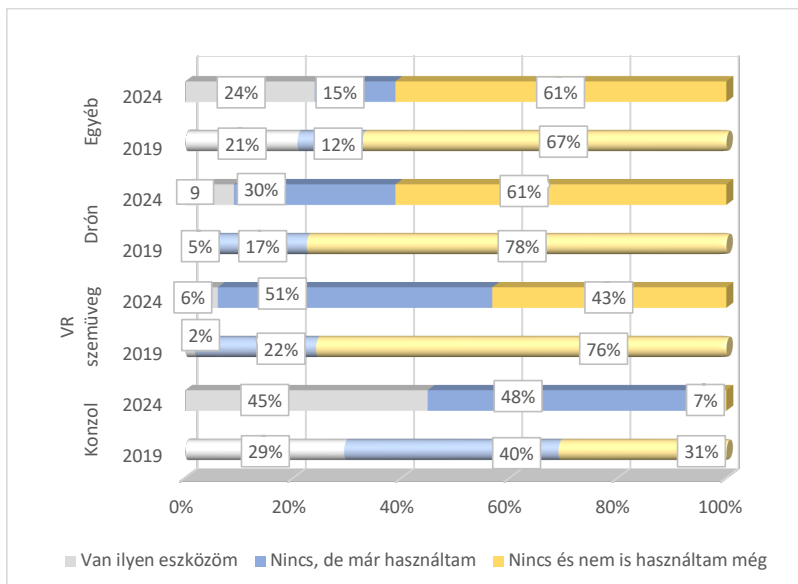


Kommunikációs és okoseszközök:

A legnagyobb változás az elmúlt 5 évben a hagyományos, még nem okos telefonok körében történt: részarányuk 69-ről 7%-ra esett vissza. Ez a csökkenés a „nincs, de már használtam” kategóriában jelentkezik növekményként, itt 2024-re a válaszadók 90%-a jelenik meg, vagyis szinte mindenki használt már hagyományos, még nem okos telefont, de már alig van ilyen a vizsgált csoportban. Ezzel szemben okostelefonja mindenkinek van, amivel 5 évvel ezelőtt még a hallgatók 7%-a nem rendelkezett. (2. ábra)

Az elmúlt 5 évben az okosórával rendelkezők részaránya is megnövekedett, míg 2019-ben még csak a válaszadók 19%-a rendelkezett vele, addig 2024-re már 37%-uknak van ilyen eszköze.

3. ábra. Konzol, VR szemüveg, drón és egyéb eszköz ellátottság
2019-ben és 2024-ben



Egyéb innovatív eszközök

Az számítógépek, mobil és kommunikációs eszközök, valamint az okoseszközök mellett arra is kíváncsi voltam, hogy vajon milyen más egyéb innovatív eszköz használata iránti igény jelenik meg megkérdezettek körében. A 3. ábra jól szemlélteti a konzolok növekvő részarányát, amely 29-ről 45%-ra emelkedett. Szintén emelkedést mutat a VR szemüveg használata

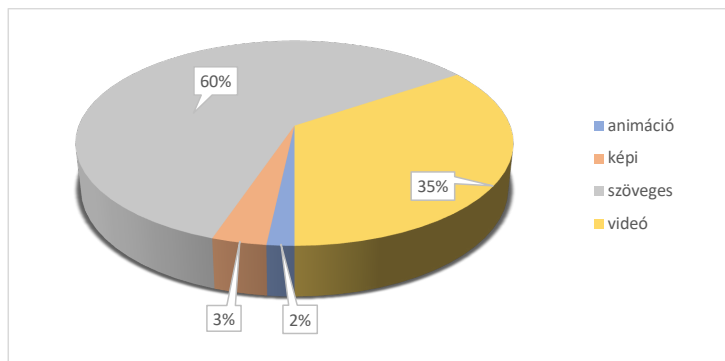
A beérkezett válaszok kiértékelése után összességében az mondható el az egyéb innovatív eszközök használatáról, hogy a saját eszköz birtoklása kismértékben ugyan, ám mégis emelkedést mutat. Az otthonokban való megjelenése tükrözi a technológia fejlődés társadalomra gyakorolt hatását.

Az oktatásban azonban jelenleg ezek az eszközök még nincsenek olyan jelentős mértékben beintegrálva, mint például a számítógépek. Az egyéb innovatív eszközök kérdéskörre kapott eredményeket összevetve a számítógépek és okostelefonok drasztikus és a teljes lefedettséget megközelítő értékeivel, a modern technológia aspektusából vizsgálódva kijelenthető, hogy az online tanulási környezethez való hozzáférést biztosító számítógépek és az azonnali választ és a mindig elérhető kapcsolatot biztosító okostelefonok napjainkra már beépültek a vizsgált sokaság mindennapi életébe, amelynek az oktatás egy jelentős részét képezi. A konzolok, drónok és VR szemüveg, továbbá az egyéb eszközök jelenléte viszont előre jelzi a lehetséges fejlődési és egyben alkalmazkodási irányt, amelyet az innováció az oktatásra gyakorol, ugyanis a birtoklási kategóriánál nagyobb mértékű emelkedés figyelhető meg a használati kategóriában.

Feltételezhetően árnyaltabb következtetések is levonhatók lettek volna, ha az egyéb eszközöknél azt is kérem, hogy nevezzék meg, hogy pontosan milyen készülékre gondoltak, hiszen akár az okostelevíziók is alkalmasak információkeresésre, tanulásra.

K2.: Milyen jellegű állományokat keres a tanulás segítéséhez? (Több válasz esetén a legjellemzőbbet válassza!) / Egy 5 fokozatú skálán jelölje meg, hogy a tanulás segítéséhez milyen gyakorisággal használja az alábbi állományokat? (1-soha, 5- mindig)!

4. ábra. A tanulás során leginkább jellemző információforrás megoszlása 2019-ben



Ennél a kérdésnél a pontosabb eredmények érdekében módosítottam 2024-ben, hogy ne csak a legjellemzőbb állományt tudjam vizsgálni, hanem a többit is, sőt a használat gyakoriságát is elemezni tudjam. Emiatt a két felmérés eredményét nem lehet összevetni, önmagukban értékeltem.

Az első vizsgálatkor csak a tanulásukra legjellemzőbb információs állományt kellett kiválasztani a válaszadóknak. A 4. ábrán látható, hogy 2019-ben elsősorban a szöveges állományokat jelölték meg fő információs állományként (60%), de már a válaszadók 35%-a szívesebben használt videókat tanulmányai során.

A 2024-es felmérés során egy ötfokozatú Likert skálán kellett megjelölni, hogy melyik állománytípust milyen gyakorisággal használnak a válaszadók, így nem csak egy, hanem mindegyik típus használati gyakoriságát vizsgálhatjuk. Az itt kapott válaszokat átlagoltam és ezek alapján lehetett következtetéseket levonni.

A 2. táblázatban egyértelműen látszik, hogy 2024-ben is leggyakrabban a szöveges állományokat használják tanulmányaik során a hallgatók (a 4,5-ös érték nagyon gyakorit jelent, szinte

alig érkezett hármasnál kisebb válasz), de videók is nagyon fontos információszerzési források (4,1), továbbá a képek használata is elterjedt (3,9).

1. táblázat. Tanulás során használt állománytípus gyakorisága ötfokozatú Likert skálán 2024-ben

Állománytípusok	Gyakoriság
szöveges	4,5
képi	3,9
hang	3,0
videó	4,1
animáció	2,5
egyéb	2,0

Összefoglalás

Kutatásközi beszámolómban az eszközbirtoklás és eszközhasználatra vonatkozó részkutatás által feltárt eredmények egybevágóan a Z-generációval kapcsolatos kutatások által megfogalmazott jellemzőkkel. A mérések között eltelt idő és a mért eredmények együttesen rámutatnak arra, hogy a technológiai változásokat folyamatosan követi a társadalom és egyre mélyebben épül be használatuk a mindennapi életbe.

A mai hallgatók már a modern technológia segítségével magabiztosan fordulnak az elektronikus források felé, információkezelés kompetenciájuk együtt fejlődik az eszközhasználati kompetenciájukkal, tudatosan használják a modern kor innovatív eszközeit. Az állandóan elérhető online környezet, a digitális eszközök fejlett használata, valamint a forráskritikus gondolkodás erőteljesen hozzájárul a hallgatói sikeresség megvalósulásához.

Irodalomjegyzék

- [1] Kovács I. (2011): *Az elektronikus tanulásról a 21. század első éveiben*. Budapest: Magánkiadás.
- [2] B. Komenczi B. (2009): *Elektronikus tanulási környezetek*. Budapest: Gondolat.
- [3] Fazekas G. – Kocsis G. – Balla Z. (2014): *Elektronikus oktatási környezet*. Debrecen: Debreceni Egyetem, Debrecen, 2014.
- [4] Ősz R.: Mobil generáció az oktatásban. *Kutatási füzetek – A szakmai tanár képzés szolgálatában*. Tisztelgő kötet. pp. 131–139.
- [5] Öllé J. (2018): Oktatásszervezés: a tevékenységközpontú digitális tananyag struktúrális és Módszertani sajátosságai. *Iskolakultúra és környezetpedagógia*, pp. 59–69.
- [6] Schwieger, D.–Ladwig, C. (2018): Reaching and Retaining the next generation: adapting to the expectations of Gen Z in the classroom. *Information Systems Education Journal*, 1., (3.), pp. 45–54.
- [7] Loveland, E. (2017): Instant generation. *Journal of College Admission*, Alexandria: VA.
- [8] Means, B.–Toyama, Y.–Murphy, R.–Baki, M. (2013): The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. *Teachers College*, Columbia: University Columbia.
- [9] Merényi, Á.–Szabó, V.–Takács, A. (2006): *101 ideas for innovative teachers*. Budapest: Jedlik Oktatási Stúdió.

Nagy Bálint

Biológiai ritmusok matematikai modelljeiről

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet,

*Budapesti Gazdasági Egyetem, Alkalmazott Kvantitatív Módszerek
Tanszék,*

Óbudai Egyetem, Elektrofizikai Intézet, Természettudományi Tanszék

nagy.balint@uniduna.hu

Kulcsszavak: ???

Bevezetés

A kronobiológia, vagyis a biológiai ritmusok tudománya napjainkban egyre inkább a figyelem középpontjába kerül. Az élőlények belső órájának működését vizsgálva számos olyan összefüggés figyelhető meg, amelyet a mindennapi élet több területén alkalmazhatunk.

A kronobiológia az egészségügyben különösen nagy jelentőséggel bír. Segít megérteni és kezelni az alvászavarokat, de az általa vizsgált cirkadián ritmus és ennek zavara számos krónikus betegség, például a szívbetegségek, a cukorbetegség és a rák kialakulásában is szerepet játszik. Ezen túlmenően a gyógyszeradagolás optimalizálásában is fontos szerepet játszik, hiszen a gyógyszerek hatékonysága és mellékhatásai az adagolás időpontjától is függhetnek. A munkahelyi teljesítmény szempontjából is kiemelkedő a kronobiológia jelentősége. Az egyéni biológiai ritmusok figyelembevételével hatékonyabb munkabeosztások állíthatók össze, amelyek növelik a produktivitást és csökkentik a stresszt. A váltóműszakok tervezésében is segít, hogy a munkavállalók egészsége kevésbé legyen kitéve terhelésnek. Az úrhajósok számára a kronobiológia különösen fontos, hiszen az úrben az állandóan változó fényviszonyok megzavarhatják a cirkadián ritmust. A kronobio-

lógia segítségével olyan mesterséges fényrendszerek fejleszthetők, amelyek segítenek fenntartani a normális alvás-ébrenlét ciklust. A sportteljesítmény és a táplálkozás területén is számos alkalmazási lehetőséget kínál a kronobiológia. Az edzés időpontjának és az étkezési ütemtervnek a biológiai ritmusokhoz igazításával optimalizálhatjuk a teljesítményt és elősegíthetjük az egészséges testsúly fenntartását.

A biológiai ritmusok legegyszerűbben a növények élettani folyamataiban vizsgálhatóak. A dolgozat további részében csak bizonyos növényeket vizsgálunk.

A növények napi ciklusa, vagyis a cirkadián ritmus a növények belső órájának is az egyik legfontosabb vonása. Ez a belső biológiai óra 24 órás periódus szerint változik, amely így szinkronban van a Föld forgásával, valamint a sötét és napfényes órák váltakozásával. Ez a ritmus befolyásolja a növények különböző élettani folyamatait, beleértve a fotoszintézist, a tápanyagfelvételt, a sejtosztódást és bizonyos esetekben a virágzást. A növények napi ciklusának tanulmányozása nemcsak azért fontos, mert segít megérteni a növények alkalmazkodóképességét a környezeti változásokhoz, hanem hozzájárulhat a mezőgazdasági termelés optimalizálásához és a növényi betegségek kezeléséhez is.

A növények cirkadián ritmusának jelentősége

A növények napi ciklusa központi szerepet játszik abban, hogy a növények képesek legyenek hatékonyan reagálni a környezetükben bekövetkező változásokra. A cirkadián ritmus lehetővé teszi a növények számára, hogy alkalmazkodjanak a napi fény-sötétség váltakozásaihoz, és ennek megfelelően időzítsék a fotoszintézist és más élettani folyamatokat. Ez a belső időzítés különösen fontos a növények túlélése és szaporodása szempontjából. Megfigyelhető,

hogy a fotoszintézis csúcsintenzitása gyakran reggelre és délelőttre időzített, amikor a napfény intenzitása növekszik. Ezzel szemben a sötét periódusokban a növények a növekedést és a tápanyagok átcsoportosítását helyezik előtérbe. Az ilyen napi ritmusok segítenek maximalizálni a fotoszintézis hatékonyságát és minimalizálni a vízveszteséget.

A növények napi ciklusának tanulmányozása az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb figyelmet kapott. Az ilyen kutatások egyik úttörője a Nobel-díjas Seymour Benzer, aki az 1970-es években kezdett el foglalkozni a cirkadián ritmus genetikai alapjaival. Bár Benzer főként a *Drosophila melanogaster* nevű muslicával dolgozott, kutatásai alapvetően befolyásolták a növények cirkadián ritmusának későbbi vizsgálatát is (Konopka, Benzer, 1971).

A növények cirkadián ritmusának molekuláris mechanizmusait először az *Arabidopsis thaliana* segítségével vizsgálták részletebben (Barak és mtsai, 2000). Az *Arabidopsis* kutatások révén azonosították azokat a géneket, amelyek a növények belső órájának működéséért felelősek. Az ilyen gének például a „CIRCADIAN CLOCK ASSOCIATED 1” (CCA1) és a „LATE ELONGATED HYPOCOTYL” (LHY), amelyek mutációi jelentősen megváltoztatják a napi ritmust, így megvilágítva a cirkadián ritmus genetikai alapjait.

A növények napi ciklusát nemcsak genetikai módszerekkel, hanem fiziológiai és biokémiai technikákkal is vizsgálták. A növények fényérzékelő molekuláinak (például a fitokrómok és kriptokrómok) tanulmányozása fontos szerepet játszott abban, hogy megértsük, miként érzékelik a növények a napfény változásait, és hogyan alkalmazkodnak ezekhez a változásokhoz.

A *Neurospora crassa* nevű fonalas gomba kiemelkedő modellorganizmusként szolgál a cirkadián ritmus kutatásában. Napi ciklusának számos egyedi jellemzője van, amelyek tudományos vizsgálatok szempontjából különösen érdekessé teszik.

A *Neurospora crassa* (Dunlap, 2004) cirkadián ritmusának molekuláris alapjait részletesen tanulmányozták. A ritmus egyik legfontosabb eleme a „FREQUENCY” (FRQ) fehérje, amely központi szerepet játszik a belső órában. Az FRQ fehérje a „WHITE COLLAR-1” (WC-1) és „WHITE COLLAR-2” (WC-2) transzkripciósfaktorokkal együttműködve szabályozza a gének expresszióját a cirkadián ciklus során.

A FRQ-WC képződését gyakran egy negatív visszacsatolási hurokkal modellezik, amely meghatározza a 24 órás periódust. A FRQ fehérje szintje idővel növekszik, majd elér egy csúcspontot, amely után a fehérje lebomlik, és a ciklus újra kezdődik. A *Neurospora* cirkadián órája rendkívül érzékeny a környezeti jelekre, különösen a fényre és a hőmérsékletre. A WC-1 és WC-2 fehérjék funkciója a fény érzékelése, és ezek a fehérjék elengedhetetlenek a gomba fotoreceptor rendszerének működéséhez. A fény hatására a WC-1/WC-2 komplex aktiválja a *frq* gén képződését, amely a belső óra beállításához szükséges. A napfény rövid fénypulzusok formájában képes fáziseltolást előidézni a cirkadián ciklusban.

A *Neurospora* esetében különböző sejtekben létezhetnek úgynevezett perifériás órák, amelyek képesek szinkronizálni a központi órával. Ez a szinkronizáció biztosítja, hogy a különböző szövetek és funkciók időben összehangolódnak. Például a konídiumképzés mellett a metabolikus folyamatok, mint az enzimaktivitás is követi a cirkadián ritmust.

A *Neurospora crassa* cirkadián ritmusának egyik különleges jellegzetessége a hőmérsékleti kompenzáció. Ez azt jelenti, hogy a cirkadián ritmus periódusa viszonylag állandó marad széles hőmérséklet-tartományban, ami a belső óra stabilitásának fontos jellemzője. A hőmérséklet jelentős változásai nem befolyásolják jelentősen a napi ciklus időtartamát, ami adaptív előnyt jelent a gomba számára a változó környezeti feltételek között. A *Neurospora crassa* különösen hasznos volt a cirkadián ritmus genetikai

alapjainak tanulmányozásában, mivel számos olyan mutációt azonosítottak, amelyek megváltoztatják a cirkadián ritmus jellemzőit. Például az *frq* gén mutációi jelentős mértékben befolyásolják a periódus hosszát, néhány mutáns esetében a ritmus teljesen megszűnik, vagy drasztikusan megváltozik.

A növények napi ciklusának matematikai modellezése

A növények cirkadián ritmusának pontos megértéséhez és előrejelzéséhez elengedhetetlen eszköz a matematikai modellezés. A modellezés segítségével kvantitatív módon leírhatjuk a cirkadián ritmus belső mechanizmusait, valamint azok kölcsönhatását a környezeti tényezőkkel, mint a fény és hőmérséklet. Egy tipikus matematikai modell a cirkadián ritmust leíró differenciálegyenletek halmazából áll, amelyek a különböző molekuláris komponensek koncentrációját és azok időbeli változásait írják le. Ezek az egyenletek figyelembe veszik a gének és fehérjék közötti visszacsatolási hurkokat, amelyek a cirkadián óra stabilitását és időzítését biztosítják.

Az egyik legismertebb matematikai modell, amelyet a cirkadián ritmus leírására használnak, a Goodwin-modell.

A Goodwin-modellt (Gonze, 2013) az 1960-as években alkották meg, s először általános cirkadián ritmusok leírására alkalmazták, később adaptálták a *Neurospora crassa* esetére is. A Goodwin-modell egy negatív visszacsatolási hurkot ír le, ahol egy gén terméke (pl. a *FRQ* fehérje) gátolja saját termelődését, amit egy nemlineáris differenciálegyenlet-rendszer segítségével jellemezhetünk. A modell három fő lépésből áll. A transzkripció során az *frq* gén átíródik mRNS-re, a transzláció során az mRNS-ből fehérje (*FRQ*) keletkezik, végül a visszacsatolási lépésben az *FRQ* fehérje gátolja saját génjének expresszióját.

A Goodwin-modell segítségével sikerült megmagyarázni a cirkadián ritmus számos alapvető tulajdonságát, azonban a *Neurospora crassa* esetében a modell nem teljes mértékben tükrözi a valós molekuláris mechanizmusokat, mert a belső óra komplexitása miatt további tényezők is szerepet játszanak.

A Tyson-modell (Borisuk, 1998) a Goodwin-modell egy továbbfejlesztett változata, amely részletesebb leírást ad a cirkadián ritmus molekuláris hálózataról. A modellben szerepelnek a FRQ fehérje különböző állapotai (pl. foszforilált és nem foszforilált formák), valamint a FRQ, WC-1, és WC-2 közötti kölcsönhatások. A Tyson-modell segít megérteni, hogyan jön létre a 24 órás periódus és milyen módon képes a rendszer stabilan fenntartani ezt az ütemet.

A Tyson-modell a következő lépésekből áll:

1. *Génexpresszió*: A frq mRNS szintézise a WC-1/WC-2 komplex hatására.
2. *FRQ Fehérje Szekvenciális Foszforilációja*: A FRQ fehérje foszforilációs állapotainak változása idővel, amely befolyásolja a fehérje stabilitását és aktivitását.
3. *Visszacsatolás*: A foszforilált FRQ fehérje gátolja a frq gén expresszióját, ami egy önálló oszcillációs rendszert eredményez.

Egy másik modell, a Michaelis-Menten kinetika (Cornish-Bowden, 2015) gyakran alkalmazott a biokémiai reakciók leírására, így a cirkadián ritmus modellezésére is. Például a Leloup és Goldbeter által javasolt modell magában foglalja a FRQ fehérje szintézisét, lebontását és a visszacsatolási mechanizmust Michaelis-Menten típusú kinetikával. Ez a modell figyelembe veszi a FRQ fehérje foszforilációját, ami kritikus a cirkadián ritmus szabályozásában. A modell bemeneti változói közé tartozik a fény intenzitása és a hőmérséklet, míg a kimeneti változók a FRQ fehérje koncentrációja és a cirkadián ciklus periódusa. Ezzel a megközelítéssel ponto-

sabban megjósolható, hogyan változik a belső óra válasza a különböző környezeti hatásokra.

Az utóbbi években a cirkadián ritmus modellezésére alkalmazott módszerek között egyre fontosabb szerepet kap a sztochasztikus modellezés is. Ez a technika lehetővé teszi, hogy figyelembe vegyük a biológiai rendszerekben jelen lévő bizonytalanságokat és véletlenszerűségeket, ami különösen fontos a kis gén- és fehérjemennyiségekkel rendelkező rendszerek, például a növények belső órájának tanulmányozásakor.

A modellezés gyakorlati alkalmazásai

A cirkadián ritmus matematikai modelljei számos gyakorlati alkalmazással rendelkeznek. Ezek közé tartozik például a növények növekedési és fejlődési mintázatainak előrejelzése különböző környezeti feltételek mellett. Az ilyen modellek segítségével optimalizálni lehet a mezőgazdasági termelést, például a vetés és betakarítás időzítését, valamint a növények fény- és hőmérsékleti igényeinek jobb kielégítését.

Egy másik fontos alkalmazási terület a növényi betegségek megelőzése és kezelése. A circadian ritmus zavarai gyakran összefüggnek a növényi stresszállapotokkal és betegségekkel. A ritmus pontos megértésével és szabályozásával csökkenteni lehet ezeknek a betegségeknek a kockázatát.

A determinisztikus modellek (mint a Goodwin- és Tyson-modell) jól működnek, amikor nagy populációk és stabil környezetek esetén modellezik a cirkadián ritmust. Azonban a valós biológiai rendszerekben gyakran előfordulnak véletlenszerű események, különösen olyan sejtekben, ahol az mRNS és a fehérjék koncentrációja alacsony.

A sztochasztikus modellek, mint például a Gonze-féle modell (Gonze, 2002), figyelembe veszik a biológiai zajt és a véletlenszerűséget, amely a génexpresszióban és a molekuláris interakciókban jelentkezik.

Fenti modellek jó kiindulást nyújtanak állatok, akár az emlősök vagy az ember biológiai órájának matematikai modellezéséhez, bár az utóbbi esetekben alkalmazott modellek esetén az ismeretlenek száma gyakran 50 feletti.

Hasonlóan a korábban tárgyalt esetekhez, természetesen az emberi napi ciklus is alkalmazkodik a 24 órás fény-, és hőmérsékleti viszonyokhoz. Ez a belső biológiai óra szabályozza az alvás-ébrenlét ciklusát, a testhőmérsékletet, a hormontermelést és számos egyéb fiziológiai folyamatot. A cirkadián ritmus nagyrészt a fény és a sötétség váltakozásához igazodik, és jelentős hatással van a mentális funkciókra, például a koncentrációra, a memóriára és a problémamegoldó képességre.

A kognitív teljesítmény nappal általában ingadozik. Reggel, közvetlenül ébredés után a test még „felkészül” a napra, és a mentális teljesítmény alacsonyabb lehet. A késő reggeli órákra, amikor a kortizolszint és a testhőmérséklet magasabb, a kognitív funkciók javulnak. A legtöbb ember számára a csúcsteljesítmény ebéd előtt vagy kora délután jelentkezik. Délután, ahogy a fáradtság és az alvási nyomás nő, a koncentráció és az éberség csökkenhet.

Az esti órákban a melatonin hormon termelése fokozódik, ami elősegíti az alvásra való felkészülést, és a kognitív teljesítmény ismét visszaesik. Az egyéni különbségek, például a „bagoly” vagy „pacsirta” kronotípus, szintén befolyásolhatják a kognitív csúcsidőszakokat.

Összegzés

A növények napi ciklusának tanulmányozása kiemelten fontos a növénytudományban, hiszen lehetőséget nyújt a növényi élettani folyamatok mélyebb megértésére és a mezőgazdasági gyakorlatok optimalizálására. A cirkadián ritmus genetikai alapjainak feltárása és a fényérzékelés mechanizmusainak megértése alapvetően befolyásolja a növényekre vonatkozó biológiai és ökológiai kutatásokat. A növények cirkadián ritmusának matematikai modellezése pedig kulcsfontosságú eszköz a jelenség kvantitatív leírásában és gyakorlati alkalmazásában. Az ilyen modellek nemcsak az alapkutatásban, hanem a mezőgazdasági és környezetvédelmi gyakorlatban is nélkülözhetetlenek.

Irodalomjegyzék

- Barak, S.–Tobin, E. M.–Green, R. M.–Andronis, C.–Sugano, S. (2000): All in good time: the *Arabidopsis* circadian clock. *Trends in plant science*, 5., (12.), pp. 517–522.
- Borisuk, M. T.–Tyson, J. J. (1998): Bifurcation analysis of a model of mitotic control in frog eggs. *Journal of theoretical biology*, 195., (1.), pp. 69–85.
- Cornish-Bowden, A. (2015): One hundred years of Michaelis–Menten kinetics. *Perspectives in Science*, 4., pp. 3–9.
- Dunlap, J. C.–Loros, J. J. (2004): The *Neurospora* circadian system. *Journal of biological rhythms*, 19., (5.), pp. 414–424.
- Gonze, D.–Abou-Jaoudé, W. (2013): The Goodwin model: behind the Hill function. *PloS one*, 8., (8.).
- Gonze, D.–Halloy, J.–Goldbeter, A. (2002): Deterministic versus stochastic models for circadian rhythms. *Journal of biological physics*, 28., pp. 637–653.
- Konopka, R. J.–Benzer, S. (1971): Clock mutants of *Drosophila melanogaster*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 68., (9.), pp. 2112–2116.

Nagy Bálint¹–Kocsó Edina²

Matematikai modellektől a tanulóelemzésig

¹Budapesti Gazdasági Egyetem, Alkalmazott Kvantitatív Módszerek Tanszék,

²Óbudai Egyetem, Elektrofizikai Intézet, Természettudományi Tanszék
nagyb@uniduna.hu

²Dunaújvárosi Egyetem, Tanárképző Központ
kocsoe@uniduna.hu

Kulcsszavak: Matematikai modell, determinisztikus modell, tanulóelemzés.

Absztrakt:

A matematikai modellezés alapvető módszertani eszköz, amelyet a természeti és társadalmi jelenségek mélyreható megértésére és elemzésére alkalmazunk. Az összetett rendszerek egyszerűsítése révén a matematikai modellezés lehetőséget nyújt arra, hogy a különféle változók közötti kapcsolatokat felfedezzük és a rendszer viselkedését előre jelezzük, így különösen hasznos olyan meglepőnek tűnő területeken, mint a tanulóelemzés.

Bevezetés

A matematikai modellezés kulcsfontosságú eszköz a természeti és társadalmi jelenségek mélyebb megértéséhez. Lehetővé teszi számunkra, hogy összetett rendszereket egyszerűbb, matematikai formába öntsünk, így könnyebben azonosíthatjuk a változók közötti kapcsolatokat és előre jelezhetjük a rendszer viselkedését. A klímaváltozás vizsgálatától (Vallis 1988) kezdve a gazdasági folyamatok (Bouali 2012) elemzéséig, a matematikai modellek segítenek megérteni, hogyan alakul a világ körülötünk. Emellett a mérnöki tudományokban (Joós 2022) és az or-

vostudományban (olde Scheper 1999) is elengedhetetlenek az optimalizálási feladatok megoldásában és új technológiák kifejlesztésében. A matematikai modelleket rendkívül sokféle formában alkalmazzák, és a modellezni kívánt rendszer jellegétől, a rendelkezésre álló adatok mennyiségétől és minőségétől, valamint a vizsgálat céljától függően különböző típusokat használnak. A megfelelő modell kiválasztása alapvetően meghatározza a vizsgálat sikerességét, hiszen a pontosság és a megbízhatóság szempontjából a rendszer komplexitását figyelembe véve kell dönteni.

A matematikai modellek alapvetően két nagy csoportba sorolhatók: statikus és dinamikus modellekre. A statikus modellek (Demsar 2012) egy adott pillanatban rögzített állapotot írnak le, ahol a változók értékei nem változnak az időben. Ezek a modellek például hasznosak lehetnek épületek statikai számításainál, termékek keresleti-kínálati viszonyainak elemzésekor vagy más olyan helyzetekben, ahol az időbeli változások nem relevánsak. A dinamikus modellek (Beran 2005) ezzel szemben az időbeli változásokat is figyelembe veszik, és gyakran differenciálegyenletekkel írják le a folyamatokat. Ilyen modellekkel jellemezhetők például a fizikai rendszerek mozgásai (Brodie 2008), a populációdinamikai folyamatok (Newman 2014), valamint a gazdasági növekedési modellek is (Xepapadeas 2005).

A matematikai modellek másik osztályozása szerint a modell lehet determinisztikus és sztochasztikus (Srivastava 2002). A determinisztikus modellek esetében a kimenetek egyértelműen meghatározhatók a bemeneti adatok alapján, vagyis nincs véletlenszerűség a rendszer viselkedésében. Például egy egyszerű inga mozgása pontosan megjósolható, ha ismerjük a kezdeti feltételeket. Ezzel szemben a sztochasztikus modellek figyelembe veszik a véletlen eseményeket is, és valószínűségi változókkal, valamint statisztikai módszerekkel dolgoznak (Gonze 2002).

Ilyen modellek használatosak például a pénzfeldobás eredményének vagy a tőzsdei árfolyamok előrejelzésénél, ahol a véletlen tényezők is befolyásolják az eredményt.

Fontos különbséget tenni a diszkrét és a folytonos modellek között (Beckman 1952). A diszkrét modellek olyan rendszereket írnak le, ahol a változók csak meghatározott értékeket vehetnek fel, például egész számokat. Ilyen lehet például egy közösségi hálózatban a barátságok száma vagy egy digitális kép pixeleinek intenzitása. A folytonos modellek (Shieh 1980) ezzel szemben olyan rendszereket írnak le, ahol a változók tetszőleges értéket vehetnek fel egy adott intervallumon belül, mint például egy hőmérséklet időbeli változása vagy egy folyadék áramlása egy csőben.

A matematikai modellek kiválasztása során figyelembe kell venni a vizsgált rendszer komplexitását, a rendelkezésre álló adatok mennyiségét és minőségét, valamint a modellezés célját. A megfelelő modell kiválasztása kulcsfontosságú a pontos és megbízható eredmények eléréséhez.

Számos konkrét matematikai modell is létezik, amelyek különböző célokra használhatók. Ilyen például a lineáris regresszió, amely egyszerű lineáris kapcsolatok modellezésére szolgál. A differenciálegyenletek olyan fizikai, kémiai és biológiai folyamatok leírására használhatók, mint például a rádióaktív bomlás vagy a populációnövekedés. Parciális differenciálegyenleteket alkalmazunk például hővezetési vagy áramlástani jelenségek modellezésére. Hálózati modellek segítségével kapcsolatok és áramlások modellezhetők, például közlekedési vagy szociális hálózatokban. A szimulációs modellek különösen hasznosak komplex rendszerek, például gazdasági vagy éghajlati folyamatok viselkedésének szimulálására, de az tanuláselemzési alkalmazások is jelentősek (Daehlen 2024, Katonáné 2024).

A matematikai modellezés tehát rendkívül sokoldalú eszköz, amely számos tudományterületen alkalmazható a jelenségek megértéséhez, előrejelzéséhez és optimalizálásához. A jövőben várhatóan még szélesebb körben fogják használni ezeket a módszereket, hiszen a komplex rendszerek egyre pontosabb és részletesebb megértéséhez elengedhetetlenek a fejlett matematikai modellek.

Determinisztikus modellekről

A determinisztikus modellek kulcsszerepet töltenek be a tudomány és a mérnöki gyakorlat számos területén. Ezek a modellek olyan rendszereket írnak le, amelyek viselkedését a kezdeti feltételek és a rendszer paraméterei egyértelműen meghatározzák, így nincs bennük véletlenszerűség. Ez azt jelenti, hogy ha ugyanazokkal a feltételekkel futtatunk egy determinisztikus modellt többször, minden alkalommal ugyanazt az eredményt kapjuk.

A determinisztikus modellek jelentőségét több tényező is kiemeli. Először is, ezek a modellek lehetővé teszik, hogy rendkívül pontos előrejelzéseket készítsünk. Ha ismerjük a rendszer összes releváns paraméterét, akkor a modell segítségével pontosan meghatározhatjuk a rendszer jövőbeni viselkedését. Ez különösen fontos olyan területeken, mint a fizika, ahol például egy bolygó pályájának kiszámítása a klasszikus mechanika törvényei alapján determinisztikus modellekkel történik. Másodszor, a determinisztikus modellek hozzájárulnak a rendszerek mélyebb megértéséhez. Ezek a modellek leegyszerűsített, matematikai formában írják le a valóságot, lehetővé téve, hogy azonosítsuk a legfontosabb összetevőket és azok közötti kapcsolatokat. Ezzel segítenek rávilágítani arra, hogyan működnek a rendszerek, és hogyan befolyásolják egymást a különböző tényezők.

A determinisztikus modellek gyakorlati előnyei közé tartozik az optimalizálás lehetősége is. Ezek a modellek segíthetnek meghatározni, hogy egy rendszer milyen paraméterekkel működhet a leghatékonyabban. Például egy mérnöki tervezés során használhatjuk őket arra, hogy kiszámítsuk egy szerkezet optimális szilárdságát vagy egy folyadékáramlás optimális feltételeit.

Ezen túlmenően, a determinisztikus modellek szimulációk során is hasznosak. Különböző forgatókönyveket szimulálva értékelhetjük a különböző döntések következményeit, anélkül, hogy valós kísérleteket kellene végrehajtanunk. Ez különösen hasznos a mérnöki tudományok területén, ahol a rendszerek viselkedésének előzetes vizsgálata létfontosságú lehet.

A fizikában a klasszikus mechanika törvényei alapján leírt mozgások, mint egy bolygó pályája, jól modellezhetők determinisztikusan. A mérnöki tudományokban szerkezetek szilárdságának számítása vagy folyadékáramlások szimulálása is ilyen modelleken alapul. A kémiában a reakciókinetikai modellek segítenek megjósolni a reakciók sebességét és kimenetelét, míg a gazdaságban egyszerű gazdasági modellek, mint a kínálat és kereslet viszonyának leírása, szintén determinisztikus módszerekkel történik.

Nem minden rendszer viselkedése írható le pontosan determinisztikus modellekkel. A valós világban gyakran előfordulnak véletlenszerű események, amelyeket ezek a modellek nem képesek kezelni. Ilyen esetekben sztochasztikus modellekre van szükség, amelyek a véletlen eseményeket is figyelembe veszik, és valószínűségi alapon dolgoznak.

Differenciálegyenletekről

Számos tudományágban a különböző jelenségek leírására és megértésére a differenciálegyenleteket mint a determinisztikus modellek legfontosabb eszközét alkalmazzák. Ennek egyik fő oka, hogy a differenciálegyenletek kiválóan alkalmasak időben változó rendszerek modellezésére. A differenciálegyenletek egyik erőssége, hogy lehetővé teszik egy rendszerben fellelhető összefüggések ok-okozati megértését. Ezzel a módszerrel kifejezhetjük, hogyan függnek össze a rendszer különböző változói, ami mélyebb betekintést nyújt a rendszer működésébe. Például fizikában a Newton-törvényeket, differenciálegyenletekkel lehet felírni, amelyek világosan megmutatják, hogyan hatnak egymásra a különböző erők és mozgások.

A differenciálegyenletek precíz előrejelzéseket tesznek lehetővé. Ha ismerjük a megfelelő kezdeti feltételeket és paramétereket, akkor ezekkel az egyenletekkel pontosan megjósolhatjuk, hogyan fog viselkedni egy rendszer a jövőben. Az optimalizálási feladatok megoldásában is kulcsszerepük van, hiszen differenciálegyenletek segítségével meghatározhatjuk, hogy milyen paramétereket kell beállítani egy rendszerben ahhoz, hogy az a lehető leghatékonyabban működjön. Egy mérnöki rendszer tervezésekor ez elengedhetetlen a hatékonyság növeléséhez és a költségek minimalizálásához.

A differenciálegyenletek rendkívül sokoldalúan alkalmazható eszköznek bizonyulnak, mivel a fizikától kezdve a kémián és biológián, a közgazdaságtanon át egészen a mérnöki tudományokig számos tudományágban találunk alkalmazási példákat. A fizikában a korábban már említett Newton-törvények, a Maxwell-egyenletek és a Schrödinger-egyenlet mind differenciálegyenleteken alapulnak. A kémiában a reakciókinetikai és diffúziós egyenletek, a biológiában pedig populációdinamikai

és neurobiológiai modellek használják ezt a módszert. A mérnöki tudományokban hővezetési, áramlástani egyenletek és rezgőmozgások leírására használják, míg a közgazdaságtanban gazdasági növekedési modellek alapulnak differenciálegyenleteken.

A differenciálegyenletek legegyszerűbb típusát, a közönséges differenciálegyenleteket (KDE) rendkívül széles körben alkalmazzák, ezek számos tudományágban segítenek a különféle jelenségek modellezésében és megértésében. A KDE-k segítségével pontosan modellezhetők olyan folyamatok, ahol a változók időben folytonosan változnak. A KDE-k hatékonyan fejezik ki az ok-okozati összefüggéseket egy rendszerben, ezáltal pontos előrejelzéseket tesznek lehetővé. A KDE-k hatékonysága abban rejlik, hogy egy komplex rendszert egyetlen egyenlettel képesek kifejezni, amely koncentráltan tartalmazza a legfontosabb összefüggéseket. A differenciál-, és integrálszámítás eszköztára lehetőséget nyújt ezen egyenletek jelentős részének megoldására, de csak bizonyos típusú KDE-ket tudunk szimbolikusan megoldani. Csak speciális alakú, például lineáris vagy elválasztó változók módszerével megoldható egyenletet tudunk analitikus megoldással kezelni, míg nemlineáris, magasabb rendű egyenletek esetében a megoldások gyakran nem fejezhetők ki egyszerű, zárt alakú képletekkel.

A számítógépek elterjedésével azonban a numerikus módszerek gyors fejlődésen mentek keresztül, lehetővé téve a közeleltő megoldások keresését olyan KDE-k esetében is, amelyeket analitikusan nem tudunk megoldani. Ennek köszönhetően a KDE-k alkalmazhatósága jelentősen kibővült, hiszen a numerikus módszerek segítségével szimulálhatjuk a rendszerek viselkedését, és értékes információkat nyerhetünk, még ha az analitikus megoldást nem is ismerjük.

A szimbolikus megoldások előnye a pontos megoldás és az általános érvényesség, hiszen ezek a megoldások nem tartalmaznak numerikus hibákat, ugyanakkor a numerikus módszerek elengedhetetlenek a komplexebb problémák megoldásához, ahol a szimbolikus módszerek gyakran nem adnak megoldást, vagy nem kezelhető megoldást adnak.

További alkalmazások

A biológiai tudományokban széles körben alkalmazzák a közönséges differenciálegyenleteket, mivel ezek hatékony eszközt nyújtanak a rendszerekben zajló folyamatok modellezéséhez. A közönséges differenciálegyenletek különösen hasznosak a folytonosan változó biológiai folyamatok leírására, valamint az ok-okozati összefüggések megértésére, amelyek a különböző biológiai változók között fennállnak.

Az egyik kiemelt terület a populációdinamika, ahol a populációk növekedését, csökkenését és a különböző fajok közötti kölcsönhatásokat, például a versengést, ragadozást vagy mutualizmust vizsgálják. Ilyen esetekben gyakran alkalmazzák a logisztikus növekedési modellt, valamint a Lotka–Volterra egyenleteket, amelyek a ragadozó-zsákmány rendszerek dinamikáját írják le.

Az epidemiológia, a járványok terjedését, a fertőzöttek számának változását, valamint a betegségek elleni védekezés hatékonyságát modellező terület szintén a differenciálegyenleteket alkalmazza. Például a SIR modell a fertőző betegségek terjedését modellezi, különválasztva a fogékony, fertőzött és gyógyult (Susceptible (S), Infected (I) and Recovered (R)) egyéneket. A neurobiológiában az idegsejtek közötti jelátvitelt, a neuronhálózatok működését és az agyi folyamatokat írják le differenciálegyenletekkel, míg a farmakokinetika területén a gyógyszerek

szervezetben való eloszlását, lebontását és kiürülését vizsgálják ezekkel az eszközökkel. Hasonlóan fontos szerepet játszanak a fiziológiai folyamatok, például a vérnyomás változásának, a hormonkoncentrációk ingadozásának és a légzés ritmusának modellezésében is. A fejlődésbiológiában a sejtek növekedését, osztódását és differenciálódását leíró modellekben szintén gyakran alkalmaznak közönséges differenciálegyenleteket. Mindezek a példák jól mutatják, hogy a közönséges differenciálegyenletek nélkülözhetetlen eszközök a biológiai tudományokban. Segítenek megérteni a biológiai rendszerek működését, előre jelezni a változásokat, és optimalizálni a beavatkozásokat. Ahogy a biológiai kutatások fejlődnek, ezek a modellezési módszerek várhatóan még nagyobb szerepet fognak játszani a jövőbeli tudományos eredmények elérésében.

Élőlények napi ciklusának modellezése esetén először adatokat gyűjtünk az élőlény napi ritmusairól, például hormonkoncentrációkról vagy mozgásaktivitásról. Ezután egy vagy több közönséges differenciálegyenletet állítunk fel, amelyek az adott mechanizmusokat írják le. A modell paramétereit az adatokhoz igazítjuk, például regressziós vagy optimalizációs módszerekkel. A modell validálása során összehasonlítjuk az előrejelzéseket a valós adatokkal. Végül a validált modellt szimulációkhoz használjuk, hogy különböző feltételek mellett vizsgálhassuk a rendszer viselkedését.

A matematikai eszközök alkalmazása a társadalomtudományokban is segít rendszerezni és elemezni a bonyolult jelenségeket, elősegítve a pontosabb megértést és a predikciót. Különböző matematikai modellekkel szimulálható az emberi viselkedés, a társadalmi és gazdasági rendszerek működése, vagy éppen a döntéshozatal. Az ilyen modellek segítenek megérteni, hogyan reagálnak egyes rendszerek változásokra, például politikai intézkedésekre vagy gazdasági sokkokra.

A hálózatok vizsgálata matematikai gráfelméleten alapul, és segít megérteni a társadalmi kapcsolatok, például barátságok, szakmai kapcsolatok vagy információáramlás szerkezetét és dinamikáját. A játékelmélet az egyéni döntések és a társadalmi kölcsönhatások modellezését teszi lehetővé. Ezt alkalmazzák gazdasági döntések, politikai stratégiák és konfliktuskezelés területén is, hiszen segít feltárni, hogyan viselkednek a szereplők stratégiai helyzetekben.

A neveléstudományokban több más mellett a tanuláselemzés is matematikai alapokon nyugszik. A tanuláselemzés olyan adatközpontú megközelítés, ami az oktatási folyamatok, a tanulói teljesítmény és az oktatási környezetek javítására összpontosít. Célja, hogy a rendelkezésre álló adatok elemzésével támogassa az oktatást és magát a tanulási folyamatot. Tanuláselemzés során adatokat gyűjtünk a tanulók elsősorban online platformokon végzett tevékenységeiről, például teszteredményekről, tanulói viselkedésmintákról (tartalmak, videók megtekintése, feladatok elvégzése, kérdőív válaszok), vagy beíratkozási statisztikákról, korábbi kurzusok sikerességéről (Mihalovicsné Kollár–Váraljai 2020). Ezek az adatok gyakran valós időben kerülnek rögzítésre, ami lehetővé teszi az azonnali beavatkozásokat. A tanuláselemzés egyik fontos célja a tanulói teljesítmény pontosabb és átfogóbb értékelése, a prediktív modellalkotás. Ezzel előrejelezhetők bizonyos eredmények: mely tanulók esetében nagyobb a kockázata a lemorzsolódásnak, vagy ki lesz valószínűleg sikeres egy adott tantárgyban, így az oktatók szükségére szerint beavatkozhatnak, egyéni fejlesztési tervet készíthessenek, ha szükséges. Az analitikai rendszerek képesek valós időben felismerni a tanulók szükségleteit és ennek megfelelően adaptálni az oktatási tartalmat. Ez különösen hasznos az online tanulási platformokon, ahol az elemzés alapján a rendszer automatikusan és adaptívan alkalmazkodhat a tanuló aktuális szintjéhez.

Ezzel különböző nehézségű feladatok javasolhatóak, megvalósíthatóak egyéni tanulási utak és a differenciált oktatás. A tanuláselemzés támogathatja az oktatási vezetők, iskolai adminisztrátorok és döntéshozók munkáját is. Az adatok segítenek meghatározni, mely módszerek és eszközök működnek a legjobban, ezek alapján pedig optimalizálni lehet az erőforrásokat a tantárgyfejlesztésben.

Mivel a tanuláselemzés esetenként rengeteg személyes adatot gyűjt a tanulókról, alkalmazása komoly adatvédelmi és etikai kérdéseket is felvet. Fontos, hogy az adatgyűjtés átlátható és biztonságos legyen, valamint tiszteletben tartsa a tanulók magánéletét. A tanuláselemzés a fentiek miatt a modern oktatási rendszerek egyre fontosabb eszközévé válik, amely támogatja a tanulói sikerességet, a személyre szabott tanulást és a tudatos oktatási döntéshozatalt. Az adatvezérelt oktatási rendszerek gyorsan fejlődnek, várhatóan egyre nagyobb szerepet kapnak az oktatás minden szintjén.

Összefoglalás

A dolgozatban áttekintettük a matematikai modellek széleskörű alkalmazásának néhány jellegzetes esetét. Mivel a determinisztikus modellek egyértelmű eredményt adnak ismételt futtatás esetén, kulcsszerepet játszanak a fizikai, mérnöki, kémiai és gazdasági rendszerek tanulmányozásában. Ezen modellek az optimalizálásban is nélkülözhetetlenek, segítve a rendszerek legjobb működési feltételeinek meghatározását. Ugyanakkor a valóság komplexitása és véletlenszerűsége sok esetben sztochasztikus megközelítést igényel. A differenciálegyenletek precíz előrejelzéseket tesznek lehetővé, és segítségükkel feltárhatók a rendszerek belső ok-okozati összefüggései.

A matematika alkalmazásának lehetőségei állandóan bővülnek, segítve többek között a pedagógiai tudományokat is. Ennélfogva dolgozatunkban röviden áttekintettük a tanulási analitika néhány kérdését is.

Irodalomjegyzék

- Demšar, I.–Bernik, R.–Duhovnik, J. (2012): A mathematical model and numerical simulation of the static stability of a tractor. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 77., (3.), pp. 143–150.
- Beran, B.–Kargi, F. (2005): A dynamic mathematical model for wastewater stabilization ponds. *Ecological modelling*, 181., (1.), pp. 39–57.
- Brodie, M. A.–Walmsley, A.–Page, W. (2008): Dynamic accuracy of inertial measurement units during simple pendulum motion. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 11., (3.), 235–242.
- Newman, K. B.–Buckland, S. T.–Morgan, B. J.–King, R.–Borchers, D. L.–Cole, D. J.–Thomas, L. (2014): Modelling population dynamics. *Modelling Population Dynamics: Model Formulation, Fitting and Assessment using State-Space Methods*. New York: Springer pp. 169–195.
- Xepapadeas, A. (2005): Economic growth and the environment. *Handbook of environmental economics*, 3., pp. 1219–1271.
- Srivastava, R.–You, L.–Summers, J.–Yin, J. (2002): Stochastic vs. deterministic modeling of intracellular viral kinetics. *Journal of theoretical biology*, 218., (3.), pp. 309–321.
- Gonze, D.–Halloy, J.–Goldbeter, A. (2002): Deterministic versus stochastic models for circadian rhythms. *Journal of biological physics*, 28., pp. 637–653.
- Beckmann, M. (1952): A continuous model of transportation. *Econometrica. Journal of the Econometric Society*, pp. 643–660.
- Shieh, L. S.–Wang, H.–Yates, R. E. (1980): Discrete-continuous model conversion. *Applied Mathematical Modelling*, 4., (6.), pp. 449–455.
- Vallis, G. K. (1988): Conceptual models of El Niño and the southern oscillation. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 93., (11.), pp. 13979–13991.
- Bouali, S.–Buscarino, A.–Fortuna, L.–Frasca, M.–Gambuzza, L. V. (2012): Emulating complex business cycles by using an electronic analogue. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 13(6), 2459–2465.
- olde Scheper, T.–Klinkenberg, D.–Pennartz, C.–Van Pelt, J. (1999): A mathematical model for the intracellular circadian rhythm generator. *Journal of Neuroscience*, 19., (1.), pp. 40–47.
- Joós, A. (2022): On packing of unequal squares in a rectangle. *Acta Polytechnica Hungarica*, 19., (1.).

- Dæhlen, A.–Heldal, I.–Rehman, A.–Ali, Q.–Katona, J.–Kővári, A.–Costescu, C. (2024, June): *Towards More Accurate Help: Informing Teachers how to Support NDD Children by Serious Games and Eye Tracking Technologies. In Proceedings of the 2024 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*. pp. 1–7.
- Katonáné Gyönyörű, K. I. (2024): The Role of AI-based Adaptive Learning Systems in Digital Education. *Journal of Applied Technical and Educational Sciences*, 14., (2.), pp. 1–12.
- Mihalovicsné Kollár, A.–Váraljai, M. (2020): Az elektronikus környezetben végzett hallgatói tevékenységek sikerességének összevetése a különböző munkaformák szempontjából. *Dunakavics*, 8., (4.), pp. 45–57.

Papp Zoltán

Belsőpontos módszerek a lineáris programozásban: Neumann János öröksége

Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Matematika és Számítástudományi Tanszék

pappz@uniduna.hu

Kulcsszavak: Lineáris programozás; belsőpontos algoritmus; Karmarkar; Neumann János.

Adsztrakt:

Neumann János a 20. század egyik legkiemelkedőbb matematikusa volt, aki összekapcsolta a tiszta és alkalmazott tudományokat. Jelentős szerepet játszott a matematika, fizika, közgazdaságtan és számítástechnika fejlődésében. Különösen fontos munkát végzett a lineáris programozás terén, amely alapvető jelentőségűvé vált a matematikai és gazdasági tervezésben. Neumann egyik úttörő eredménye a Paul Gordan homogén lineáris rendszerén alapuló új lineáris programozási módszer volt, amelyet később Karmarkar algoritmusá tett széles körben ismertté. Ez az algoritmus a lineáris programozás első belsőpontos módszere volt. A cikk ezeket az algoritmusokat ismerteti.

Bevezetés

A lineáris programozás (LP) egy matematikai optimalizálási módszer, amely lineáris objektív függvény optimalizálását célozza meg adott lineáris korlátok mellett. Az LP modellek széleskörű alkalmazásokkal rendelkeznek, beleértve az ipart, a közgazdaságtant, a logisztikát és a pénzügyeket. Egy általános lineáris programozási feladat a következő formában írható fel:

$$\min_x c^T x, \text{ feltéve, hogy } Ax = b, x \geq 0,$$

ahol $x \in \mathbb{R}^n$ a döntési változók vektora, $c \in \mathbb{R}^n$ a célfüggvény együtthatóinak vektora, $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ a korlátmátrix, $b \in \mathbb{R}^m$ a korlátvektor.

A lineáris programozás több mint egy évszázados múltra tekint vissza, egyik kiemelkedő korai eredménye pedig Farkas Gyula híres tétele, amelyet 1894-ben publikált. Az idők során a lineáris programozás fejlődése gyakran gyakorlati problémák megoldásából indult ki, amelyek új algoritmusok fejlesztésére és elméleti eredmények megfogalmazására ösztönözték a kutatókat. George Dantzig 1947-ben fejlesztette ki a lineáris feladat megoldására szolgáló szimplex módszert. Khacijan 1979-ben mutatta be az ellipszoid módszert, amely abban az időben a legkorszerűbb, polinomiális időbeli komplexitású algoritmusnak számított, habár gyakorlati alkalmazhatósága elmaradt a szimplex módszer mögött. 1984-ben Karmarkar közzétette saját projektív skálázású algoritmusát, amely jelentős előrelépést hozott a belső pontos módszerek fejlődésében (Iványi 2005). A belső pontos algoritmusok olyan módszerek, amelyek a lineáris programozás megoldására egy belső, megvalósítható pontból kiindulva dolgoznak, és lépéseikkel a belső térben haladnak, szemben a hagyományos szimplex algoritmussal, amely a megoldáshoz a megvalósítható tartomány határán haladva jut el. Az első belső pontos módszert Neumann János nevéhez kötik. Az általa javasolt eljárás egy konvexitási feltétellel rendelkező lineáris programozási feladat megoldására szolgált, és egyszerűsége, valamint gyors konvergenciája miatt figyelemre méltó. Mivel egy általános lineáris programozási feladat és annak duálisa egy ilyen típusú megvalósíthatósági problémává alakítható át, Neumann algoritmusát egy általános lineáris programozási módszernek is tekinthetjük. Neumann János a 20. század egyik legkiemelkedőbb matematikusa volt, aki összekapcsolta a tiszta

és alkalmazott tudományokat. Jelentős szerepet játszott a matematika, fizika, közgazdaságtan és számítástechnika fejlődésében.

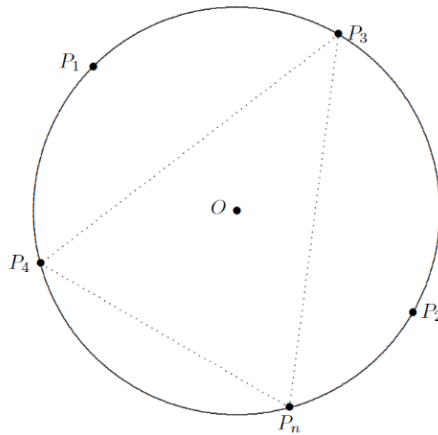
A szerző a tanulmányban Neumann János első belső pontos algoritmusát és Karmarkar algoritmusát mutatja be és elemzi. Bár mindkét algoritmus úttörő jelentőségű volt a maga korában, azóta számos hatékonyabb és gyakorlatban jobban alkalmazható belső pontos módszert fejlesztettek ki. Ennek eredményeként a két algoritmus elsősorban történelmi szempontból jelentős. A tanulmány felépítése a következő: a második fejezet Neumann János belső pontos algoritmusát ismerteti, míg a harmadik fejezetben Karmarkar úttörő belső pontos módszerét mutatja be a szerző. A negyedik fejezetben különböző tesztfeladatokon keresztül kerül sor a két algoritmus hatékonyságának vizsgálatára.

Neumann János belső pontos algoritmusa

1948-ban Neumann János kapcsolatba lépett George B. Dantziggel, hogy megvitassák a következő gravitációs középpont feladatot (Dantzig–Thapa, 2006).

„Adott n darab $P_j \in \mathbb{R}^m$ pont, amelyek egy egységnyi sugarú, m -dimenziós gömb S felületén helyezkednek el. A gömb középpontja az origóban van. Keressük meg a nemnegatív $x_j = x_j^*$ súlyokat, amelyeket a P_j pontokhoz rendelünk úgy, hogy a súlyozott tömegközéppontjuk az origó legyen, vagy bizonyítsuk be, hogy nincs ilyen súlyozás.”

1. ábra. Gravitációs középpont feladat



A gravitációs feladatban a cél meghatározni egy olyan x vektor n elemét, melyre érvényes:

s.

$$x \geq 0, \sum_{j=1}^n P_j x_j = 0, \sum_{j=1}^n x_j = 1, \|P_j\|_2 = 1, j = 1, \dots, n, \quad (1)$$

ahol $P_j \in R^m$. Az (1) feladatot tekinthetjük egy LP megszorításainak. Az (1) feladat felírható mátrix alakban:

$$Px = 0, e^T x = 1, x \geq 0, \quad (2)$$

Ahol $P \in R^{m \times n}$ oszlopai tartalmazzak a $P_j, j=1, 2, \dots, n$ pontok koordinátáit, $x \in R^n$ a súlyok vektora és e egy n dimenziós vektor, mely összes eleme 1.

Neumann János bemutatotta a gravitációs feladat megoldására szolgáló megoldási módszert Dantzignek, bár annak konvergenciáját nem bizonyította. Később, levelezésük során Dantzig igazolta a módszer konvergenciáját.

Neumann János algoritmus a gravitációs középpont feladat megoldására (Goncalves, 2004):

- 1. Inicializáció:** Az algoritmus bármilyen, az origóhoz közeli közelítéssel inicializálható, vagyis $x^0 \in \mathbb{R}^n$ tetszőlegesen választható úgy, hogy $x^0 \geq 0$ és $e^T x = 1$. Ekkor legyen $b^0 = P x^0$.
- 2. Keresési irány kiszámítása:** Tegyük fel, hogy a k -adik iteráció kezdeténél, ahol $k \geq 1$, x^{k-1} ismert a $k-1$ -edik iterációból, melyre érvényes: $x^{k-1} \geq 0$ és $e^T x^{k-1} = 1$.

Legyen

$$b^{k-1} = P x^{k-1}, u_{k-1} = \|b^{k-1}\|.$$

Az összes P_j vektor közül keresd meg azt a P_s vektort, amely a legnagyobb szöget zárja be a b^{k-1} vektorral, vagyis a keresett P vektor indexe

$$s = \arg \min_{j=1,2,\dots,n} P_j^T b^{k-1}.$$

- 3. Megoldhatatlanság ellenőrzése:** Legyen

$$v_{k-1} = P_s^T b^{k-1}. \text{ Ha } v_{k-1} > 0, \text{ STOP,}$$

a (2) feladatnak nincs megoldása, mivel az összes P_j pont a b^{k-1} vektorra merőleges és az origón áthaladó hipersík egy oldalán található. Ekkor nem létezik a P_j pontok olyan konvex kombinációja, melyek gravitációs középpontja az origó lesz. Tehát, a feladat nem megoldható.

- 4. Az új approximáció kiszámítása:** Az új b^k approximáció a b^{k-1} és P_s -t összekötő szakasz olyan pontja lesz, amely legközelebb van az origóhoz. Lásd a 2. ábrát. A konvex kombináció λ súlyozási tényezőjét, a b^k következő approximációt, a b^k approximáció u_k távolságát az origótól és a gravitációs feladat

súlyainak approximációját a következő képletekkel határozzuk meg:

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{1 - v_{k-1}}{u_{k-1}^2 - 2v_{k-1} + 1} \\ b^k &= \lambda b^{k-1} + (1 - \lambda)P_s \\ u_k^2 &= \lambda v_{k-1} + (1 - \lambda) \\ x^k &= \lambda x^{k-1} + (1 - \lambda)e_s,\end{aligned}$$

ahol e_s egységvektor, melynek az s -edik eleme 1.

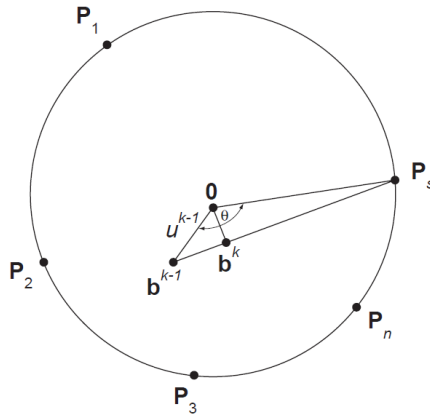
Legyen $k := k+1$ és menj a 2. lépésre.

Ha a gravitációs feladat megoldható, akkor $v_{k-1} = P_s^T b^{k-1} \leq 0$. Innen a 4. lépésben $0 < 1 - v_{k-1} < u_{k-1}^2 - v_{k-1} + 1 - v_{k-1} < 1$. A 2. ábrán látható az $Ob^k b^{k-1}$ derékszögű háromszögből, hogy a következő b^k approximáció közelebb lesz az origóhoz az előző b^{k-1} approximációtól, vagyis $u_k < u_{k-1}$. Ez azért van így, mert Ob^k a derékszögű háromszög befogója, még a Ob^{k-1} a derékszögű háromszög átfogója.

A Neumann János belsőpontos algoritmusában a legköltségesebb művelet a mátrix-vektor szorzás, amely az algoritmus 2. lépésében felmerülő P_s pont meghatározásához szükséges.

Ennek a műveletnek a számítási komplexitása $O(mn)$. Az algoritmus konvergencia sebességét Dantzig (Dantzig 1991, 1992), illetve Epelman és Freund (Epelman–Freund 2000) tanulmányozta.

2. ábra. Új iteráció kiszámítása



Lemma 1. (Dantzig, 1992): A Neumann-algoritmus által generált b^k approximáció felső korlátja

$$\|b^k\| = \|Px^k\| \leq \frac{1}{\sqrt{k}}$$

Definíció 2.: A (2) feladat ε -megoldásának nevezzük a súlyok olyan x^k approximációját, melyre érvényes, hogy $x^k \geq 0$, $e^T x^k = 1$ és $u_k = \|(b^k)\| = \|(Px^k)\| \leq \varepsilon$.

Dantzig a Neumann-algoritmus által generált súly-approximációk sorozatára a következő konvergencia sebességet bizonyította be:

Tétel 3. (Dantzig 1992): Ha a (2) feladat megengedett, akkor minden $\varepsilon > 0$ -ra a Neumann-algoritmus

Legfeljebb $\left\lceil \frac{1}{\varepsilon^2} \right\rceil$ iteráción belül éri el a feladat ε -megoldását.

Dantzig a Neumann-algoritmus konvergencia sebességének tanulmányozása folyamán csak azt az esetet vizsgálta, amikor a (2) feladat megengedett. Epelman és Freund kibővítették ezt a tanulmányt (Epelman–Freund 2000) arra az esetre is, amikor a (2) feladat nem megengedett.

Legyen $H = \{Px | e^T x = 1, x \geq 0\}$ a P mátrix oszlopainak konvex burka. A (2) feladat megengedett, ha $0 \in H$. Legyen r az origótól a H határán található legközelebbi pontig mért távolság, vagyis

$$r = \inf \{ \|h - 0\| \mid h \in \partial H \} = \inf \{ \|h\| \mid h \in \partial H \}$$

Ha az origó a P mátrix oszlopainak konvex burkán fekszik, akkor $r=0$. Ebben az esetben a (2) feladatnak létezik megengedett megoldása, de a $(P,0)$ tetszőleges perturbációja ahhoz vezethet, hogy a (2) feladat megengedhetetlen lesz. Ebben az esetben a (2) feladat instabil, vagyis rosszul feltett. Ha viszont $r>0$, akkor a (2) feladat jól feltett. Amikor a (2) feladatnak van megoldható megoldása, r a legnagyobb, az origó középpontú gömb sugáraként értelmezhető, amely teljes egészében a P mátrix oszlopainak konvex burkában található. Ha a (2) feladatnak nincs megoldható megoldása, akkor r az origótól a P mátrix oszlopainak konvex burkáig mért távolság.

Ha a (2) feladat megengedett, Epelman és Freund [] bebizonyították a Neumann-algoritmus lineáris konvergenciasebességét.

Lemma 4. (Epelman–Freund 2000): Ha a (2) feladatnak van megengedett megoldása és $r>0$, akkor

$$\|b^k\| \leq e^{-kr^2/2}.$$

Általános esetben a Neumann-algoritmus konvergencia sebességére Epelman és Freund [] a következő tételt bizonyították be.

Tétel 5. (Epelman–Freund 2000): Legyen $r > 0$ és $\varepsilon > 0$. Ha a (2) feladat megengedett, a Neumann-algoritmus az ε -megoldást legfeljebb

$$\left\lceil \frac{2}{r^2} \ln \frac{1}{\varepsilon} \right\rceil$$

iterációban éri el. Ha a (2) feladat nem megengedett, a Neumann-algoritmus legfeljebb

$$\left\lceil \frac{1}{r^2} \right\rceil$$

iterációban bizonyítja a nem megengedettséget.

A Neumann-algoritmus tesztelésekor Dantzig felismer- te, hogy az algoritmus konvergencia sebessége nem elég gyors ahhoz, hogy gyakorlati alkalmazásokban hasznos legyen. A konvergencia sebességének javítása érdekében Dantzig módosításokat eszközölt az algoritmuson. Mivel a kézirat a Neumann-algoritmus eredeti változatára összpontosít, a továbbiakban azt vesszük figyelembe.

Karmarkar belsőpontos algoritmusa

Narendra Karmarkar 1984-ben bemutatott projektív skálázású algoritmusa (Karmarkar, 1984), forradalmi áttörést jelentett a belsőpontos algoritmusok fejlődésében. Az algoritmus új, hatékony megközelítést kínál a lineáris programozási feladatok megoldására, lényegesen csökkentve a szükséges iterációk szá-

mát a korábbi módszerekhez képest, mint például a szimplex módszer. Az algoritmus polinomiális időben képes megoldani a nagy méretű lineáris programozási feladatokat, ami jelentős előnyt jelent az ipari és gazdasági alkalmazásokban. Karmarkar módszere nemcsak elméleti szempontból jelentős, hanem gyakorlati alkalmazásokban is széles körben elterjedt, megteremtve az alapot számos modern optimalizálási technika számára. Karmarkar (Karmarkar 1984) bemutatott módszere speciális LP feladat megoldására alkalmas. Az LP feladatnak teljesíteni kell a következő feltételeket:

1. Az LP feladatnak létezik szigorúan megengedett megoldása és az optimális megoldások halmaza korlátos.
2. Az LP feladat speciális kanonikus formában van:

$$\min_x c^T x, \text{ feltéve hogy } Ax = 0, e^T x = 1, x \geq 0, \quad (3)$$

ahol $x \in R^n$, $c \in R^n$, $A \in R^{m \times n}$ és $e = [1, 1, \dots, 1]^T \in R^n$.

Ez a speciális kanonikus forma nem csökkenti a módszer alkalmazhatóságát, mivel egy új változó bevezetésével minden

$$\min_x \tilde{c}^T \tilde{x}, \text{ feltéve hogy } \tilde{A} \tilde{x} = \tilde{b}, \tilde{x} \geq 0$$

alakú LP feladat a (3) feladatra transzformálható.

3. A célfüggvény értéke az optimális megoldásban 0. Ez a feltétel erősen korlátozza az alkalmazhatóságot, de ha ismert az LP feladat optimális célfüggvény c_m értéke, új célfüggvényként a $c^T x - c_m$ célfüggvény tekinthető.

Ha a célfüggvény minimuma ismeretlen, Karmarkar szerint módosítani lehet az algoritmust a csúszó célfüggvény bevezetésével.

Karmarkar projektív skálázású algoritmusának fő jellemzője a projektív transzformáció. A projektív transzformáció egy lineáris transzformáció, amely az aktuális pontot új koordinátarendszerbe viszi át, hogy a következő iterációkban közelebb kerüljön az optimális megoldáshoz. Ez a transzformáció olyan súlyozott változókat használ, amelyek biztosítják, hogy az új megoldás továbbra is a megengedett tartományban maradjon. Az új pont a megengedett tartomány és a szimplex metszetének terében helyezkedik el.

Karmarkar informális algoritmusai:

1. **Inicializáció:** Legyen a kezdő approximáció $a = \frac{1}{n}e$.
2. **Projektív skálázás:** a lineáris transzformáció az aktuális LP feladatot egy ekvivalens feladattá transzformálja egy másik térben.
3. **Keresési irány:** a legmeredekebb ereszkedés iránya.
4. **Lépéshossz meghatározása**
5. **Következő iteráció meghatározása**
6. **Inverz transzformáció:** a kapott pont inverz transzformációja.

A projektív transzformáció az x pillanatnyi iterációt a szimplex középpontjába vetíti. Az $\bar{x}$ vetített pontot az

$$\bar{x} = \frac{X^{-1}x}{e^T X^{-1}x} \quad (4)$$

lineáris transzformáció segítségével határozzák meg, ahol $X = \text{diag}(x_1, \dots, x_n)$ átlós mátrix.

A lineáris transzformáció inverze

$$x = \frac{X\bar{x}}{e^T X\bar{x}} \quad (5)$$

A vetített legmeredekebb ereszkedés irányát a következő módon határozzák meg. Legyen a B kibővített mátrix, amelyet az AX mátrixból kapunk, ha kibővítjük egy sorral, amely minden eleme 1. Az algoritmus keresési irányként a projektált legmeredekebb ereszkedés irány egy fajtáját használja, amelyben a projekciót a

$$P_B = I - B^T(BB^T)^{-1}B \quad (6)$$

ortogonális projekció mátrixa végzi, még a gradiens szerepét az Xc vektor játssza. A vetített legmeredekebb ereszkedés iránya tehát

$$\Delta\bar{x} = -P_B Xc. \quad (7)$$

A következő iteráció

$$\bar{x}_{k+1} = a + \alpha \frac{\Delta\bar{x}}{||\Delta\bar{x}||}, \quad (8)$$

ahol $a=e/n$ a kezdeti approximáció, a lépéshossz pedig

$$\alpha = \theta \frac{1}{\sqrt{n(n-1)}} \quad (9)$$

ahol $\theta=1/4$. Az $\frac{1}{\sqrt{n(n-1)}}$ kifejezés a szimplexbe írható legnagyobb gömb sugara.

Az $\bar{x}_{k+1}$ iterációt vissza kell vetíteni az eredeti LP feladat megengedett halmazába, vagyis inverz transzformációt kell végrehajtani az (5) képlet segítségével.

Karmarkar projektív skálázású algoritmus a legrosszabb esetben polinomiális időben futó algoritmus, vagyis

$$O(n^{3.5}L^2)$$

ahol n az LP a feladat dimenziója, L a bemenet összes bitjének száma.

Karmarkar algoritmus elindította a belsőpontos algoritmusok fejlődését, de az újabb algoritmusok felülmúlták, mert jobb számítási komplexitással és jobb gyakorlati teljesítménnyel rendelkeznek.

Numerikus kísérlet

Ebben a fejezetben a Neumann-algoritmus és a Karmarkar projektív skálázású algoritmusán végzett numerikus kísérletek kerülnek bemutatásra. A numerikus kísérletek a Matlab 2024b szoftverben lettek elvégezve. Teszt feladatként a (Schittkowski 1987) ajánlott LP feladat lett használva különböző dimenzióval. A feladat célfüggvénye $f(x)=c^T x$, ahol a célfüggvény együtthatóinak c vektora a

$$c_i = \sum_{j=1}^n \frac{1}{i+j-1}, i = 1, \dots, n,$$

elemekkel adott.

A megszorítások halmaza $Ax+y-b \geq 0, x \geq 0, y \geq 0, x, y \in \mathbb{R}^n$ alakú, ahol $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$ mátrix elemei

$$a_{ij} = \frac{1}{i+j-1}, i, j = 1, 2, \dots, n,$$

a $b \in \mathbb{R}^n$ szabad tagok vektora

$$b_i = \sum_{j=1}^n \frac{1}{i+j-1}, i = 1, 2, \dots, n,$$

Kezdeti megoldásként az $x_0=0$ $\mathbb{R}^n$ vektor lett használva. A feladat pontos megoldása az $x^*=1 \in \mathbb{R}^n$. A tesztelés folyamán az $n=4,6,8,10$ dimenziós feladatok lettek használva.

Mivel a Neumann-algoritmus a (2) alakú megszorítások halmazán keresi a megengedett megoldást, a teszt feladatokat át kell transzformálni (2) alakra a következő módon (Goncalves 2004).

A $\min c^T x$, "feltéve, hogy" $Ax=b, x \geq 0$ primál LP feladat duál párja $\max b^T y$, feltéve, hogy $A^T y + s = c, s \geq 0$. Ezekre a primál-duál párokra felírható a következő megengedettségi feladat:

$$Ax=b, A^T y + s = c, c^T x - b^T y = 0, x, s \geq 0.$$

A megengedettségi feladat megengedett megoldása egyen a primál-duál pár optimális megoldása.

Mivel az y_j változó korlátlan, ezért két új nemnegatív y_j^+ és y_j^- kerül bevezetésre úgy, hogy $y_j = y_j^+ - y_j^-$. Így a megengedettségi feladat felírható a következő alakban:

$$Ax = b, A^T y^+ - A^T y^- + s = c, c^T x - b^T y^+ + b^T y^- = 0, x, y^+, y^-, s \geq 0.$$

Tekintsük a következő mátrix jelölést:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} A & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A^T & -A^T & I \\ c^T & -b^T & b^T & 0^T \end{bmatrix},$$

$$\alpha = [x, y^+, y^-, s]^T, \tilde{b} = [b, c, 0]^T.$$

Ekkor az előző megengedettségi feladat felírható a következő alakban:

$$\tilde{A}\alpha = \tilde{b}, \alpha \geq 0.$$

Bővítsük ki ezt a mátrixos alakot a következő megszorításokkal:

$$\tilde{A}\tilde{\alpha} - \tilde{b}\tilde{v} = 0, e^T\tilde{\alpha} + \tilde{v} = 1, \tilde{\alpha} \geq 0, \tilde{v} \geq 0,$$

A megengedettségi feladat és a kibővített megengedettségi feladat megengedett megoldásai egymás skálázásai. Legyen

$$\hat{A} = [\tilde{A}, -\tilde{b}], \hat{\alpha} = [\tilde{\alpha}, \tilde{v}]^T$$

Ekkor a kibővített megengedettségi feladat felírható a következő alakban:

$$\hat{A}\hat{\alpha} = 0, e^T\hat{\alpha} = 1, \hat{\alpha} \geq 0.$$

Legyen
$$P_j = \frac{\hat{A}_j}{\|\hat{A}_j\|}.$$

Ekkor a standard LP feladat felírható a következő alakban:

$$P\bar{\alpha} = 0, e^T\bar{\alpha} = 1, \bar{\alpha} \geq 0,$$

ahol
$$\bar{\alpha} = [\bar{x}, \bar{y}^+, \bar{y}^-, \bar{s}, \bar{v}]^T.$$

A Neumann-algoritmus tesztelése előtt a teszt feladatok transzformálva lettek a (2) alakba. Mindkét algoritmusnál a megállási feltétel „tol”=10⁻⁴. Az iterációk száma a különböző dimenziójú LP teszt feladatok megoldásánál az 1. táblázatban adottak.

Az 1. táblázatban látható, hogy a Karmarkar algoritmus jobban teljesített a teszt feladatokon. Ez annak köszönhető, hogy

a Neumann-algoritmus tesztelése előtt át kellett transzformálni a teszt feladatokat nagyobb dimenziójú feladatokká. Ahogy a teszt feladatok dimenziója nő, úgy a karmarkar algoritmus egyre kevésbé tűnik ki a Neumann-algoritmushoz viszonyítva.

1. táblázat. Iterációk száma

Dimenzió	Neumann-algoritmus	Karmarkar algoritmus
4	39	16
6	46	32
8	53	48
10	62	58

Összegzés

A tanulmány Neumann János és Karmarkar belsőpontos algoritmusait vizsgálja, amelyek jelentős mérföldkövet jelentettek a lineáris programozás fejlődésében. A szerző bemutatja Neumann János első belső pontos megközelítését, majd Karmarkar későbbi algoritmusát elemzi, amely széles körben ismertté tette a belsőpontos módszereket. Bár mindkét algoritmus úttörő jelentőségű volt a maga idejében, a lineáris programozás fejlődésével új, hatékonyabb belsőpontos módszerek születtek, amelyek gyakorlatban is széles körben alkalmazhatók. A tanulmány összehasonlító elemzésében a két algoritmus teljesítményét különböző tesztfeladatokon keresztül értékeli, rámutatva történelmi jelentőségükre és modern alkalmazhatóságuk korlátaira.

Irodalomjegyzék

- Azpeitia, A. G.–Dantzig, G. B. (1965): Linear Programming and Extensions. *The American Mathematical Monthly*, 72., (3.): <https://doi.org/10.2307/2313733>
- Dantzig, G. B. (1990): *Origins of the Simplex Method*. pp. 1–11.
- Dantzig, G. B. (1991): *Converting a Converging Algorithm into a Polynomial Bounded Algorithm*. (pp. 1–9):
- Dantzig, G. B. (1992): An epsilon-Precise Feasible Solution to a Linear Program with a Convexity Constraintc In: *1/epsilon² Iterations Independent of Problem Size*. pp. 1–18.
- Dantzig, G. B.–Thapa, M. N. (2006): *Linear Programming 2*. Springer Science & Business Media.
- Epelman, M.–Freund, R. M. (2000): Condition number complexity of an elementary algorithm for computing a reliable solution of a conic linear system. *Mathematical Programming*, 88., (3.), pp. 451–485. <https://doi.org/10.1007/s101070000136>
- Goncalves, J. P. M. (2004): *A family of linear programming algorithms based on the von Neumann algorithm*. pp. 1–179. [PhD Thesis].
- Iványi, A. (2005): *Informatikai algoritmusok II*. pp. 1–768. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.
- Karmarkar, N. (1984): A new polynomial-time algorithm for linear programming. *Combinatorica*, 4., (4.), pp. 373–395. <https://doi.org/10.1007/bf02579150>
- Neumann, J. V. (1945): A Model of General Economic Equilibrium. *The Review of Economic Studies*, 13., (1.), <https://doi.org/10.2307/2296111>
- Schittkowski, K. (1987): *More Test Examples for Nonlinear Programming Codes*. Springer.

Puha Erik¹–Farkas Imre²

ChatGPT által szolgáltatott információk a szerzői jogok tükrében

¹*Dunaújvárosi Egyetem, gazdaságinformatikus mérnök jelölt
perik0917@gmail.com*

²*Dunaújvárosi Egyetem, Informatikai Intézet, Számítógéprendszerek és Irányítástechnika Tanszék*

²*Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Neveléstudományi Doktori Iskola*

farkasi@uniduna.hu

Kulcsszavak: Mesterséges intelligencia, kérdőív, adatbiztonság.

Absztrakt:

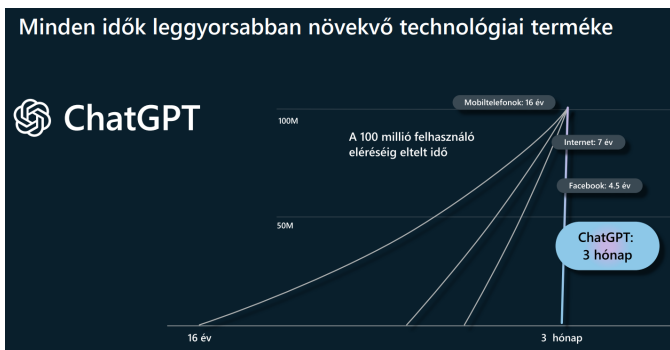
A mesterséges intelligencia alkalmazások rohamos fejlődése, az általa meghódított területek számának növekedése a XXI. század kezdetén az élet részévé vált. Ezen alkalmazások mindenki számára elérhetők, és az emberek egy rész használja is azt. Az egyik ilyen első alkalmazás a ChatGPT volt, aminek egyszerű használata, választékos nyelvi megoldásai nagyon elterjedté tették kortól, nemtől és végzettségtől függetlenül. Jelen cikk arra vállalkozik, hogy egy szűk minta alapján választ adjon arra a kérdésre, hogy az ilyen alkalmazások által eredményül adott válaszok mennyire megbízhatók, és a felhasználók tudatában vannak-e annak, hogy sértenek-e szerzői jogokat? Használat során megadott személyes adatok kezelése, a hozzá tartozó adatkezelési nyilatkozat megismerésének szokásai szintén érdekes kérdéseket vetnek fel. A cikkben tárgyalásra kerül az MI alkalmazás és a szerzői jogok kapcsolata, és az ehhez kapcsolódó kérdőív egyes kérdéseinek kiértékelése, azok közötti esetleges kapcsolat kimutatása. A cikk végén ezen űrlap feldolgozásából származó eredmények alapján a szerzők megfogalmazzák a szerzői jog és a ChatGPT viszonyát a felhasználók szempontjából.

Bevezetés

Ez embernek mindig is törekvése volt az, hogy saját életét könnyebbé tegy olyan módon, hogy a hatékonyságát növelje (a befektetett saját munka mennyiségének csökkentésével érje el ugyanazt a szintet). Az már csak plusz nyereség volt, ha ez mellett a termelékenységet, gyorsaságot is tudta növelni. Ilyenek voltak az első kéziszerszámok, a kerék, a különböző gőz és elektromos motorok, a számítógép, atomenergia (hogy csak pár kerüljön említésre). Természetesen minden újításnak meg volt az emberiségre káros hozadéka, hiszen ezek fejlesztés irányai, és azok alkalmazásai számosak lehettek, lehetnek ma is.

Ilyen területek a 21. században az okos mobiltelefonok, a gyors internet és újabban a mesterséges intelligencia is. Ezen fejlesztések által létrehozott tárgyak, alkalmazások elterjedésének gyorsasága függött attól is, hogy milyen áruk volt és ehhez mekkora érték társult (ár/érték arány). Nyilván a leggyorsabban azok az ötletek, eszközök terjedtek, melyekért nem kellett fizetni és ez mellet mégis könnyebbé tette bizonyos feladatok elvégzését, segített a mindennapi életet.

1. ábra. Termékek elterjedésének üteme (Szabó P. 2023)



A nagymennyiségű adatfeldolgozása lehetővé tette a nagy nyelvi modellek létrejöttét, melyek a mesterséges intelligencia addig még mindenki által nem ismert területét hozták be a hétköznapiakba. Ez a gyors szövegformálás, keresés, társalkodás, és egyéb nyelvi megoldások támogatása. Az egyik ilyen alkalmazás, mely talán elsőként adott lehetőséget arra, hogy bizonyos működési korlátok mellett ingyenesen lehessen használni, a Chat-GPT volt. Az 1. ábrán látható gyors elterjedését annak köszönheti, hogy nem csak számítógépe, hanem okos eszközökön is jól használható, valamint nagyon hasznos társnak bizonyult. Vajon a gyorsaság és a hasznosság jelenthet-e pontosságot, korrektséget is? Az alkalmazás a felmerülő kérdésekre adott válaszával a felhasználók mennyire vannak tisztában. Ez kerül tárgyalásra a továbbiakban. A mesterséges intelligencia szerzői jogokkal kapcsolatos kérdéseit már több kutatás is vizsgálta. (Grad–Gyenge 2023; Auer 2021)

Szerzői jog

„Bármilyen, amit megalkotunk – legyen az tanulmány, vers, honlap, grafika, zenemű, film vagy más irodalmi, tudományos, művészeti alkotás, egy építészeti terv vagy egy számítógépes program, de akár egy adatbázis is – szerzői jogi védelem alá esik, amennyiben az egyéni-eredeti jelleggel rendelkezik. Szerzői jogi védelem alatt áll továbbá más szerző művének átdolgozása, ha annak szintén egyéni és eredeti jellege van, feltéve persze, hogy az eredeti mű szerzője az átdolgozáshoz hozzájárult. Az átdolgozás szabályai vonatkoznak az ún. feldolgozásra vagy fordításra is, feltéve, hogy ezek eredményeként új mű jön létre.” (sztnh.gov.hu) Tehát a szerzői jog védi az alkotót művének jogosulatlan felhasználásától. Ezzel kapcsolatos visszaélések mindig is léteztek,

csak nagyon nehéz volt kideríteni, vagy ha sikerült, akkor az elkövetés és a felderítés között hosszú idő telt el, és az alkotót már komoly kár érte. Az ilyen irányú visszaélések számának és azok felderítésének növekedése az internet széles körben való megjelenésével egyidőre tehető. Sajnos az emberek többsége úgy gondolja, hogy ami az interneten megtalálható, az szabadon felhasználható és mindenkié.

A kérdőíves kutatás módszere

A kérdőív segítségével nem mélyreható összefüggések feltárása volt a cél (erre nem is alkalmas). A legnagyobb előnye a kérdőív készítésnek, hogy segítségével rövid idő leforgása alatt nagy adatmennyiség gyűjthető össze, ami elősegíti a kutatás objektivitását, reprezentativitását és az eredmények általánosíthatóságát. Ez köszönhető annak, hogy ma a közösségi médiában gyorsan közre lehet adni egy kérdőív linkjét, és ugyan ilyen gyorsan begyűjthetők az eredmények.

A kérdések összeállításánál mindig szükség van pár (a kérdések feldolgozása szempontjából) releváns demográfiai adat begyűjtésére (Farkas 2023). Ezt követhetik a lényegi kérdések, melyek a kutatás területére koncentrálnak. A vizsgálat szempontjából fontos kérdéseket, más szövegezéssel érdemes többször is feltenni, melynek célja az, hogy a kérdésre adott válaszok megbízhatóságát lehet vele ellenőrizni. A kitöltés előtt fontos megemlíteni, hogy szigorúan anonim a kitöltés és az adatokat csak a kutatáshoz kerülnek felhasználásra. A kitöltés végén pedig illik megköszönni a kitöltést.

A kérdőívek által vizsgált terület

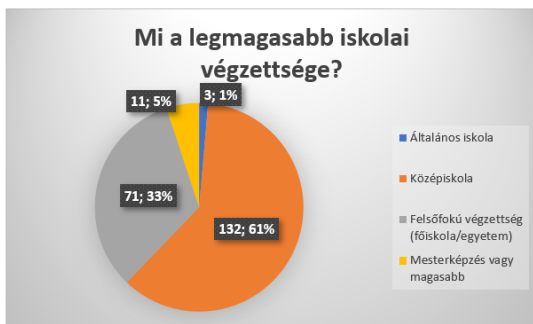
A felmerülő kérdések megválaszolása érdekében a kérdőív a közösségifelületen került megosztásra, melynek kitöltésébe ismerősök és a Dunaújvárosi Egyetem hallgatói működtek közre. Az űrlap kitöltésére 7 nap állt rendelkezésre. Ezen idő alatt 217 kitöltés érkezett.

1. táblázat. A kitöltők korosztálya

Kategória	db	%
18 év alatt	1	0,46%
18-24 év	55	25,35%
25-34 év	35	16,13%
35-50 év	101	46,54%
51-60 év	22	10,14%
60 év felett	3	1,38%
összesen	217	100,00%

A demográfiai adatok közül az egyik legfontosabb kérdés az iskolai végzettség volt, mert sejtés szerint feltételezhető, hogy a ChatGPT-t inkább a magasabb végzettségű emberek használják.

2. ábra. A kitöltők iskolai végzettsége



A ChatGPT szerzői jogok kezelése saját maga szerint

A kísérlet végrehajtása során segítségül lett véve a ChatGPT-t, és megkérdezésre került tőle, hogy ő milyen személyi jogokhoz fér hozzá. Erre ezt a választ adta: „Mint mesterséges intelligencia, nem rendelkezem hozzáféréssel szerzői jogvédelem alatt álló anyagokhoz, és nem tudom közvetlenül megosztani azokat. Az általam felhasznált információk nagy része nyilvánosan elérhető, vagy olyan adatbázisokból származik, amelyekben az adatok már nem állnak szerzői jogvédelem alatt. Ezenkívül csak összefoglalókat, rövid kivonatokat és elemzéseket nyújtok, hogy biztosítsam a szerzői jogok védelmét. Amennyiben szerzői jogi védelem alatt álló anyagra vonatkozó kéréssel találkozom (pl. könyvek, zenék, filmek), csak elemzést, összefoglalót vagy rövid idézetet nyújtok, és nem osztom meg a tartalmat teljes egészében. Ez segít abban, hogy a szerzői jogokat tiszteletben tartsuk.” A válasza alapján felmerülhet a kérdés, hogy sérti-e a személyi jogokat a ChatGPT, vagy csak ő saját maga adott meggyőző választ arról, hogy csak azokat az adatokat használja fel, amelyeket nem véd semmiféle jog. Egy kísérlet alapján kiderült, hogy nagyon ügyel az alkalmazás a szerzői jogokra és nem sérti azt.

A kérdőív elemzése

A válaszok kiértékeléséhez használatra került az egyszerű eloszlás és a korreláció kimutatása az egyes kérdésekre adott válaszok között. Ezek közül csak pár kerül be mutatóra a következő fejezetben.

EGYSZERŰ ELOSZLÁS-VIZSGÁLATOK

A kutatás szempontjából az igazán fontos kérdések az alábbiak, mert ezek foglalkoznak a szerzői jogokkal. Két kérdésre adott választ egyben kerül bemutatásra, mert ezek egymás ismeretében adnak információt.

3. ábra. ChatGPT és a szerzői jogok kezelésének ismerete

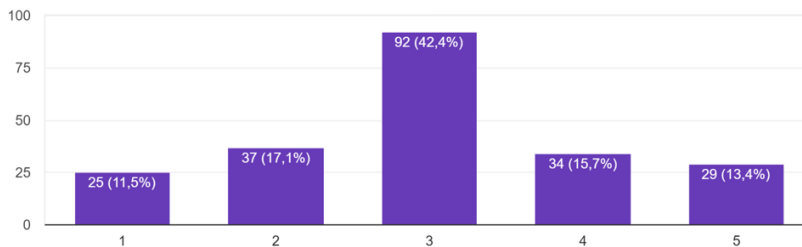


A válaszokból kiderült, hogy a megkérdezettek többsége egyáltalán nem tudja arra a kérdésre a választ, ami az előző fejezetben tárgyalásra került. Amennyiben erre is rákérdezett volna a kérdőív, hogy e témában tett-e fel kérdést az alkalmazásnak, lehet, hogy többen megtették volna és utána erre a kérdésre a válaszok aránya változhatott volna. Igaz a másik kérdésre adott válaszból meg az derül ki, hogy a kitöltők úgy gondolják, hogy nem is adtak fel olyan kérdést, ami szerzői jogokat érinthet. Itt felmerült az a kérdés, hogy egyáltalán tisztában vannak-e azzal a kitöltők, hogy a szerzői jogok mit tartalmaznak, mire vonatkoznak? Ez a következő kérdésre adott válaszból szintén jól ki-mutatható.

4. ábra. Mennyire lehetnek problémások a ChatGPT által adott válaszok

Mennyire érzi úgy, hogy a ChatGPT által előállított tartalmak szerzői jogilag problémások lehetnek?
(1-től 5-ig terjedő skálán)

217 válasz



A válaszok eloszlása teljesen normális eloszlást mutat. Ebből az derül ki, hogy a válaszadók egyáltalán nincsenek tisztában azzal, hogy a Chat GPT válasza alapján, egyáltalán nem jelent-het problémát a szerzői jog kérdése.

A kérdések közötti összefüggések vizsgálata és lehetőségei

A korreláció vizsgálattal azt lehet kimutatni, hogy a vannak rangsorolható értékeink, akkor azok között kimutatható-e együtt mozgás? Az első ilyen vizsgálatnak a végzettség és a ChatGPT által adott válaszban való megbízhatóság közötti együtt mozgás kimutatása volt a cél.

2. táblázat. A végzettség és a válaszok közötti megbízhatóság kapcsolata

Rangsora	Végzettség	Mennyire bíz meg a ChatGPT válaszaiban? (1-től 5-ig terjedő skálán) válasz átlag pontszáma	Rangsora
1	Általános iskola	4	1
2	Középiskola	3,121212121	2
3	Felsőfokú végzettség (főiskola/egyetem)	2,929577465	3
4	Mesterképzés vagy magasabb	2,454545455	4
Korreláció a végzettség és a ChatGPT válaszainak megbízhatóságában:			1

Az eredmény nagyon meglepő. A végzettséget úgy rangsoroltam, hogy az alacsonyabbtól haladtam a magasabb felé. A kérdésre adott válaszokat az adott végzettségnél meg átlagoltam, majd a nagyobb értéket tettem előre. A végeredményből jól látszik, hogy a minél kevésbé iskolázott egyének sokkal jobban megbíznak a mesterséges intelligencia által adott válaszban.

Következtetés

Összegzésként elmondható, hogy azok, akik használják a ChatGPT-t nem foglalkoznak azzal, hogy az általa szolgáltatott eredmény sért-e szerzői jogokat.

Az annál inkább igaz, minél alacsonyabb a végzettsége a felhasználónak. A szerzők úgy vélik fontos lenne, hogy nagyobb figyelmet kapjon a szerzői jog szélesebb körben való ismertetése. Szükséges lenne kidolgozni egy olyan eljárást, módszert, ami elkerülhetetlenné tenné ezen joggal kapcsolatos ismeretek gyorsabb terjesztését, valamint az esetleges szerzői jog alá eső produktumok felhasználhatóságának módját. Ezzel elkerülhetők lennének ennek visszaélésével és a plágium botrányok száma is csökkenthető lenne.

Referenciák

- Farkas I. (2023): Kérdőív összeállításának kérdései, az eredmények feldolgozásának lehetséges módszerei saját példán keresztül, In: *Informatika Korszerű Technikái 2023 „Tudomány: iránytű az élhető jövőhöz” nemzetközi tudományos konferencia: programfüzet és rövid cikkek*, Dunaújváros: DUE Press, pp. 190–201.
- Grad-Gyenge A. (2023): A mesterséges intelligencia által generált tartalmak értelmezésének lehetőségei a szerzői jog útján. *MTA LAW WORKING - PAPERS*, (2.), pp. 1–14.
- Auer Á. (2021). Gondolatok a mesterséges intelligencia egyes polgári jogi kérdéseiről. *Scientia et Securitas*, 2., (1.), pp. 106–113.
- Belinszki Z. (2024): Az AI alkalmazások és a szerzői jogi szabályozás viadaláról Magyarországon. *Közigazgatási és Infokommunikációs Jogi PhD Tanulmányok*, 5., (2.), pp. 45–62.
- <https://www.szttnh.gov.hu/hu/mit-jelent/mit-ved-a-szerzoi-jog>
- Szabó P.: *Mire jó az MI? Miért fontos, hogy értsük és ismerjük a technológiát?* https://suliszerviz.com/images/konferencia_anyagok/2023/Plen%C3%A1ris%20-%20November%20%20Cs%C3%B3t%C3%B6rt%C3%B6k/Szab%C3%B3%20P%C3%A9ter%20-%20Mire%20j%C3%B3%20az%20MI.pdf

Tóbel Imre

Fenntartható Iskolák

*Dunaújvárosi Egyetem, Informatika intézet, Számítógéprendszerek
és Irányítástechnika Tanszék*

tobeli@uniduna.hu

Kulcsszavak: Fenntartható iskola, Megújuló energia, Okos megoldások.

Absztrakt:

Ez a tanulmány a fenntartható iskolák szerepét és jelentőségét vizsgálja a modern oktatásban, a környezetvédelem és a diákok fejlődésének kapcsolatát. A fenntartható iskolák létrehozása nem csupán alapvető a környezet védelme, hanem a tanulási élmény javításához is. A kutatás kiemeli a fenntartható működés érdekében hozható támogatást, amely tartalmazza az épületek tervezését, megújuló energiaforrások alkalmazását, valamint az "okos" technológiák integrációját, lehetővé téve az energiahatékonyságot a tanulók kreatív gondolkodásának és problémamegoldó képességeinek fejlesztését. Az integrált tervezés, a parametrikus modellezés, és a távoktatási platformok használata mindnek egy dinamikus, a jövő kihívásainak megfelelő oktatási rendszer kialakításához. A kutatás eredményei arra utalnak, hogy a fenntartható iskolai környezet nemcsak a gazdasági és ökológiai fenntarthatóságot támogatja, hanem a fiatalok felelősségének növelését is elősegíti, így elősegítve a jövő tudatos és környezettudatos állampolgárainak nevelését.

Bevezetés

Napjainkban egyre inkább fontos az, hogy modernizáljuk a képzéseinket, ehhez fentartható iskolákra van szükség. Ezen

intézmények létrehozása nemcsak a környezetvédelem szempontjából fontos, hanem a diákok oktatási élményének javítása érdekében is. A modernizált képzések megvalósításához érdemes figyelembe venni néhány kulcsszempontot. A fenntartható működés érdekében az iskola számos intézkedést hozhat. Ezek lehetnek az infrastruktúrával a tanulás módszertanával, vagy éppen technológiával összefüggésben. Ezek a lépések nemcsak a környezet védelmét segítik, hanem a közösségi szellem kialakítását és a diákok felelősségérzetének növelését is elősegítik. A fenntarthatóság kulcs eleme az iskola épülete. Nem csak egy egyszerűen falakra és tetőre van szükség. Ezeket gondosan meg is kell tervezni, a folyamat során ezt modern felfogásban kell kezdeni. [1]

Tervezés

A környezetbarát épületek tervezése komplex folyamat, amelynek során számos tényezőt kell figyelembe venni. Az épületnek energiahatékony módon kell működnie. Ez tartalmazza a megfelelő szigetelést, kis hőveszteségű nyílászárókat, hatékony fűtési és hűtési rendszerek alkalmazását, valamint megújuló energiaforrásokat, mint például napkollektorok és hőszivattyúkat. A víz és energia felesleges használatának csökkentése, valamint a hulladék minimalizálása is fontos szempont. Az épület tervezése során érdemes figyelembe venni a hosszú távú fenntarthatóságot, a karbantartási igényeket és az energiafogyasztás minimalizálását.

A parametrikus tervezés során számítógép- és algoritmus-alapú modellezést használnak a formák és struktúrák optimalizálására. Ez lehetővé teszi, hogy a tervezők különböző variációkat és azok környezeti hatását gyorsan modellezzék, így megtalálva a legjobb megoldásokat.

Az integrált tervezés során a különböző szakterületek (építész, mérnök, tájépítész) együttműködnek a tervezési folyamat kezdetén. Ez lehetővé teszi a különböző szempontok figyelembevételét, például az energiahatékonyságot, a fenntartható anyaghasználatot és a helyi éghajlati viszonyokat.

Mindezek a tényezők befolyásolhatják ahhoz, hogy egy épület környezetbarátabb legyen, és csökkentsék az ökológiai lábnyomát. [8]

Megújuló energiaforrások

A fenntartható építészetben a megújuló energiaforrások kulcsszerepet játszanak, és valóban alapvető elemei egy fenntartható épületnek. A napenergia a napfényből származó energia, és a legfontosabb megújuló energiaforrások egyike. Ezt hasznosító rendszerek, például napelemek telepítése lehetővé teszi a megújuló energia előállítását, amely csökkenti a fosszilis tüzelőanyagok iránti keresletet. A napkollektorok a napenergiát hővé alakítják, amelyet meleg víztermelésre használnak. Ezt általában háztartási melegvíz-ellátásra és fűtési rendszerekhez alkalmazzák. Mindezek a tényezők befolyásolhatják azt, hogy egy épület környezetbarátabb legyen, és csökkentsék az ökológiai lábnyomát. [5][7]

„Okos” Iskola

Az "okos" megoldások egyre népszerűbbek az, mivel javítja az oktatási élményt, növelni a hatékonyságot és csökkenteni a környezeti lábnyomot. Digitális táblák és interaktív eszközök melyek lehetővé teszik a tanárok számára, hogy dinamikus és

interaktív előadásokat tartsanak, bevonják a diákokat. Energiahatékony világítás és klíma, olyan rendszerek, amelyek érzékelik a jelenlétet, vagy légkondicionálást csak szükség esetén kapcsolja be. Menedzsment rendszerek, melyek épületfelügyeleti rendszerek, amik lehetővé teszik az energiafogyasztás nyomon követését és optimalizálását. [6]

Tanulásmenedzsment rendszerek (LMS)

Az online platformok, mint például a Moodle vagy a Google Classroom, segítik a tanárokat az anyagok kezelésében, a diákok teljesítményének nyomon követésében és az otthoni tanulás támogatásában. Diákok számára készült alkalmazások, amelyek nyomon követik a házi feladatokat, az órarendet, és értesítéseket küldenek fontos eseményekről. A COVID–19 járvány óta sok iskola fejlődő távoktatást támogató technológiákat. Az online osztálytermek lehetővé teszik, hogy a diákok otthonról vegyenek részt az órákon. Digitális platformok, mint például Microsoft Teams vagy Zoom használata, ahol a diákok együtt dolgozhatnak projekteken és feladatokon, attól függetlenül, hol tartózkodnak. [2][3]

Összegzés

A fenntartható iskolák megvalósítása nem csupán a környezetvédelem szempontjából fontos, hanem a diákok fejlődéséhez és a jövő generációk tudatosabbá válásához is. Az energiahatékony épületek, a megújuló energiaforrások alkalmazása, és az "okos" technológiák integrálása alapvető fontosságú lépések egy olyan oktatási rendszer kialakításában, amely képes helytállni a XXI. század kihívásaival szemben.

Ezek a fejlesztések nemcsak a fenntarthatóságot segítik elő, hanem a tanulás élményét is javítják, támogatják a diákok kreatív gondolkodását és problémamegoldó képességeit. A digitális és interaktív eszközök révén a tanulási folyamatok tesztre szabhatók, így a diákok aktívan részt vehetnek saját fejlődésükben. Az online platformok és a távoktatási megoldások használata pedig világossá teszi, hogy a technológia milyen képes átalakítani az oktatást és hozzáférhetővé tenni a tudást.

Irodalomjegyzék

- [1] Akay, S. (2024): The Green Digital Campus: Sustainable Practices. In: *eLearning And Online Education. eLearning Industry*. Retrieved from <https://elearningindustry.com/green-digital-campus-sustainable-practices-in-elearning-and-online-education> Brychkov, D. et al (2023).
- [2] Rigó-Ditzendy Orsolya (2017): Digitális technológiák integrációja az oktatásban. *Educatio*, 26., (2.), pp. 317–319.
- [3] SZÜTS ZOLTÁN (2020): A digitális pedagógia jelenségei és megnyilvánulási formái. *Pedagógiai Szemle*, pp. 5–6.
- [4] Juhász Erika – Kozma Tamás – Tóth Péter (2021) Társadalmi Innováció és Tanulás a Digitális Korban
- [5] ifj. Czinege Károly (2023): *Elektromos fűtés könyv szakembereknek*.
- [6] Chiara Stein (2009): *Intelligens vezérléstechnika*.
- [7] Dr. Tóth László (2004): *Hagyományos és megújuló energiarendszerek*.
- [8] Ernst Neufert–Győri Róbert (2014): *Építés- és tervezéstan*.

Váraljai Mariann

A tanulási folyamat során preferált információforrások vizsgálata a sikeresség érdekében hallgatói szempontból

Dunaújváros Egyetem, Informatikai Intézet, Szoftverfejlesztési és Alkal-mazási Tanszék

mailto:varaljai@uniduna.hu

Kulcsszavak: Elektronikus tanulási környezet, információszerzés, sikeresség.

Absztrakt:

A tanulási folyamat változatos aspektusból végzett vizsgálata során mind pontosabb képet kaphatunk az adott kor hallgatói igényeiről és tanulási szokásairól, ezáltal a mindenkori tanulási környezetet a mindenkori igényekhez alakítsuk. A technológiai fejlődés impulzívan kihat a társadalom minden rétegére és minden színterére, így az oktatás területre is egyre erőteljesebben gyűrűzik be. Az oktatási folyamatban a technológiai támogatottság egyre erőteljesebb beintegrálási igénye egyben a különféle tanulási környezetek kialakításának lehetőségét is jelentik. A modern tanulási környezetek az egyénre szabható jellegük miatt képesek megteremteni az egyén számára azt a kedvező körülményt, amely őt támogatja a sikerességben.

A tanulási környezetek témakörben végzett kutatásunk során több szempontból is igyekszünk körbejárni az oktatás – technológia – szemléletmódváltás összefüggéseket, egymásra hatásokat. Jelenlegi szakaszban arra kerestük a választ, hogy a változó tanulási környezetben a mindenkori hallgatói sokaság milyen jellegű információforrást preferál az oktatási folyamatban, hogy a saját sikerességük érdekében minél kedvezőbb feltételeket tudjanak teremteni a tanulás során.

Bevezetés

Az emberi lét alapvető jellemzője a fejlődés. A fejlődés egy olyan folyamat, amelyet különböző környezeti tényezők befolyásolnak, természeti és társadalmi hatások formálnak. A külső tényezők behatása az emberi fejlődésre folyamatos, így a változás egy konstans jelenség. A fejlődésre különböző dimenzióban tekintve a hatások közül napjaink társadalmára leginkább a technológiai fejlődést gyakorolt erőteljes hatást az innováción keresztül. A technológiai modernizáció minden területre begyűrűzött, ahol a szakmai fejlődést fontosnak tartják az adott közösség tagjai, így az oktatás ágazatát is áthatja az innovatív szemléletmód.

A megújulás képessége az oktatásban napjainkban az innovációhoz való alkalmazkodást foglalja magában azáltal, hogy a modern eszközök és módszerek beépülnek a folyamatba és az oktatási eszközök és módszerek széles palettája áll az oktatók rendelkezésére, amellyel a tanulói tevékenységek támogathatók és amellyel a kívánt tanulói sikerek elérhetők. Mindezek alkalmazása azonban a megfelelő szemléletmód kialakítása nélkül aligha hozzák meg a várt sikert.

Elméleti háttér

Napjainkra az is világossá vált a tudományos világ képviselőinek kutatásaiból, hogy a hagyományos oktatás nem helyettesíthető tisztán elektronikus, vagy akár virtuális tanulással, mint ahogy nem helyezhető pusztán elektronikus vagy virtuális környezetbe.
[1] [2]

A különböző dimenziókban vizsgálva- több olyan tulajdonság jellemzi az elektronikus tanulási környezeteket, mely az egyén és azon keresztül az egész társadalom érdekeit szolgálja, a hagyomá-

nyos oktatás mellett. A napjainkra már alapvető elvárásként megfogalmazott térbeli és időbeli függetlensége mellett az e-learning tanulási környezet [3] képes kényelmes környezetet nyújtani a különféle innovatív megoldásokkal, egyéni igényekhez illeszkedő testre-szabhatóságával minden felhasználó számára. [4] [5] A virtuális tanulás, mint az innovációs folyamat újabb fázisa még kevésbé elterjedt a gyakorlatban, ám rendkívül nagyszámú tudományos kutatás témájaként egyre erőteljesebben jelenik meg az oktatásban, kutatásban, határozott irányt mutatva a jövőre nézve. A témakörben végzett korábbi kutatási eredmények arra ösztönzik a további kutatásokat, hogy a technológia használaton kívül számos más fontos tényezőt is figyelembe vegyünk a mindenkori tanulási környezet kialakításakor. A megismert tanulási stílusok, a tanulói társadalom generációs jellemzői, az eddig alkalmazott eszközök és módszerek használata során kialakított tapasztalatok, a tanulás egyes fázisainak szerepe az önálló tanulás során mind hozzájárulnak ahhoz, hogy olyan környezetben valósulhasson meg a tanulás, amely hatékony és sikeres kimenetet biztosítva támogatja a tanulókat. [6] A rugalmasság és testreszabhatóság biztosítani tudja az egyedi igények figyelembevételét, ugyanakkor a szociális kapcsolatok kialakítására és formálására is lehetőséget nyújt. [7]

Létezik a generációs szemléletbeli megközelítés, amely számos korábban végzett tudományos kutatásra támaszkodva rámutatott arra, hogy az adott kort formáló hatások, (mint a technológiai, gazdasági, stb) eredményeként az érintett embercsoportok közös jellemzőkkel bírnak, amely megkülönbözteti őket más hatások által formált csoportoktól. [8] A tanulási folyamatban erőteljesen érzékelhető a generációs jellemző, kimondottan a technológiai fejlődés, az innovációk hatása a tanulócsoporthoz eszközhasználati, információszerzési és -feldolgozás, kommunikációs vagy akár tanulási stílus szempontjából. [9] A sikeresség érdekében olyan tanulási környezet kialakítása szükséges mindenkori generáció

számára az oktatásban, amely számukra nem idegen, amelyben magabiztosnak érzik magukat. A felsőoktatásnak jelenleg leginkább a Z-generáció jellemzőihez, szokásaihoz kell alkalmazkodnia a sikeresség támogatása érdekében.

A hálózatok hálózata fontos, szinte alapvető és biztos pont az életükben, mint ahogy a modern technológia jelenléte is elengedhetetlen. Információéhségük folyamatos és azonnali, mint ahogy azonnali visszajelzésre van szükségük, bármilyen tevékenységet is folytassanak. [10] Munkájuk során fontos a társakkal való kollaboráció lehetősége éppúgy, mint az oktató személyének elérhetősége, amit inkább preferálnak online környezetben megvalósulni, mint hagyományos környezetben. [11] A függetlenség mellett a megerősítést ugyanúgy igénylik, így a tanulási környezetet számukra megfelelővé téve az oktatási intézmény képes biztosítani a támogatást az egyéni sikerességhez.

A kutatás körülményei, módszertan

A hallgatók információszerzési szokásainak vizsgálata több évre visszamenőleg tárgya egy pedagógiai kutatásnak [12] a Dunaújvárosi Egyetemen, amelyhez jelen részkutatás friss eredményeket nyújt a tanulói környezet megismerése és fejlesztése céljából. A több szempont szerinti vizsgálódás kutatói kérdéscsoportjai közül a rövid tanulmány kiemelten a hallgatók tanuláshoz és oktatásszervezéshez kapcsolódó információszerzési szokásaikra fókuszál. A motiváció a tanulási környezet olyanná formálása, amelyben a hallgató szívesen van jelen és aktív résztvevője a folyamatnak, mert a cselekvő hozzáállás és annak ösztönzése és támogatás a megfelelő tanulási környezet biztosításával egyben kulcs is lehet a célul kitűzött hallgatói sikerességhez.

A kiemelt kutatói kérdés: Honnan és milyen gyakorisággal szereznek információkat tanulmányaik során?

A kutatás ideje: 2014, 2019, 2024 tanév

A kutatás résztvevői: a Dunaújvárosi Egyetem (továbbiakban DUE) hallgatói önkéntes választással. A válaszadók közös jellemzője, hogy a jelzett időben az

- Informatika,
- Internet technológiák,
- Informatikai projektvezetés és gyakorlat (később az Informatikai projekt 1. nevet kapta) és a
- Vállalatirányítás rendszerek

című tantárgyak valamelyikét hallgatták. Különbözőségük a munkarendjük (nappali vagy levelező tagozatos) és a szakjuk, (ami lefedi a DUE képzési palettáját: műszaki, gazdaság-, társadalomtudományi, informatikai, valamint pedagógiai képzési területek), valamint a képzési szintjük (BSc és MA).

A részkutatás eszköze, körülményei: egy online kérdőív, amely teljes mértékben önkéntes és anonim volt. Az empirikus kutatást támogató kérdőív egy Google űrlap volt, amely a DUE által elsődleges online tanulástámogató rendszerén keresztül, a Moodle elektronikus tanulási környezetben az adott tantárgyhoz tartozó kurzus egy blokkjában volt elérhető.

A Google űrlap egy linkként került publikálásra a Moodle kurzusban és a kiöltése nem volt időkorlátos, bármikor hozzáférhető volt a kurzus tagjai számára, azaz az adott tantárgyat az adott félévben felvett hallgatók számára. A mintavétel véletlenszerű volt. Az önkitöltős kérdőív zárt kérdéseket tartalmazott, előre megadott választási lehetőségek közül engedve kiválasztani az adott egyénre leginkább jellemzőt.

2014-ben 145 fő töltötte ki a kérdőívet, elsősorban az alapszakok és a felsőoktatási szakon tanulók.

2019-ben 58 fő műszaki, gazdaság-, társadalomtudományi, informatikai, valamint pedagógiai képzési területen tanulmányokat folytató egyén válaszolt mindkét munkarendet képviselve (nappali és levelező tagozat).

2024-ben 68 válasz érkezett a mérnökinformatikus és gazdaságinformatikus alapszakos és mérnöktanár mesterképzésben résztvevő hallgató közreműködésével. Ez utóbbi esetben csak egy tantárgy kerül fókuszba, az Informatika projekt 1. nevű tantárgy, ám fontos megjegyezni, hogy szinte teljes lefedettségű volt a válaszadás.

A részkutatás eredmények bemutatása

Az eredmények feldolgozása során előbb az alapstatisztikai kérdésekre, majd a fókuszpontot jelentő kutatási kérdést válaszai kerültek elemzése.

Demográfiai adatok:

A 2014-es felmérés során 145 fő vállalta a kérdőív kitöltését. A nemek szerinti megoszlásuk: 115 fő férfi és 30 fő nő. Korosztályos megoszlásuk: 1950-es években született 1%, 1960-as években 6%, 1970-es években 14%, 1980-as években 27% és az 1990-es években 52%. A vizsgálatba bevont tantárgy az Informatika volt.

A 2019-es évben történt újabb lekérdezés során 41 válasz került kiértékelésre. A válaszadók megoszlása: 41 fő férfi, 17 fő nő. Korosztályos viszonylatban: 1960-as években születettek: 2%, 1970-es években 9%, 1980-as években 16%, az 1990-es években 29% és 2000-es évek: 2%. A vizsgálatba 4 tantárgy hallgatói lettek bevonva.

A legfrissebb vizsgálat eredménye: válaszadók száma 68 fő (59 fő férfi, 4 fő nő). Korosztályok alapján: 1960-as években születtek: 1%, 1970-es években 5%, 1980-as években 5%, az 1990-es években 23% és 2000-es évek: 44%.

Az évrés alakulása: 2014, 2019, 2024 években: 24, 33, 37 év. Az egyre nagyobbra nyíló évrés olló bizonyítja korunk társadalmának a tanuláshoz viszonyuló attitűdjét az élethosszig tartó tanulás igényét. A generációs kategorizálás tekintetében 2014-ben jellemzően az X- és Y-generáció volt jelen a felsőoktatásban, 2024-re az Y után következő Z-generáció alkotja jelenleg a hallgatói sokaságot.

Információszerzési szokásra fókuszáló kérdés

A tanulmányaikkal kapcsolatos és tanuláshoz szükséges információk forrásait és az információszerzés gyakoriságát felmérő kérdésben három válaszlehetőség közül választhattak a hallgatók:

- soha
- ritkán
- gyakran

A kapott válaszokat, mint egy háromfokozatú Likert skálát értékeltük, a soha 1-es, a ritkán 2-es és a gyakran 3-as értéket kapott az elemzés során. Így átlagolni és összehasonlítani tudtuk az eredményeket. Így tulajdonképpen minél inkább közelít az érték a hármashoz, annál gyakrabban használják a hallgatók az adott típusú információforrást a tanulmányaikhoz, a kettes alatti értékek pedig szinte soha nem használtak.

Az 1. táblázat azt mutatja meg, hogy jelentősen csökkent a könyvtári nyomtatott könyvek használata (2,1-ről 1,7-re), ezzel szemben mindkét vizsgált évben nagyon gyakran választották az internetes saját kutatást (ötös skálán 2,8).

A saját jegyzetek használata továbbra is kiegyensúlyozottan jelen van körükben (2,5 és 2,6-os átlagokat kaptunk), azonban a társak jegyzetei már vesztek jelentőségükből (2,3-ról 2,1-re csökkent, ami azt jelenti, hogy igazából ritkán szerzik a tanulmányaikhoz szükséges információkat ilyen forrásokból).

A 2014-es vizsgálatra visszatekintve, akkor a válaszadók 82%-a jelezte, hogy a tanulmányaihoz a szükséges információkat jellemzően és dominánsan a Moodle elektronikus tanulási környezetben (95%) és saját internetes kutatásai révén (91%) szerzi és az társaik révén 72%-uk tájékozódik a kimondottan a tanuláshoz szükséges információkról.

Az online tanulási környezet szerepe napjainkra felértékelődött. Jelenlegi részkutatásunk eredményei ezt alátámasztják, mert a válaszadóink közül szinte mindenki gyakran használja. Intézményünkben a 2019-es COVID-időszaktól folyamatos és egyetemleges az online tanulási környezet oktatási folyamatban történő aktív alkalmazása, a tanuláshoz szükséges tananyagokat, oktatási segédleteket, mintafeladatokat, példákat az oktatók ott teszik elérhetővé a hallgatók számára és a hallgatói aktivitás is az online tanulási környezetben folyamatosan biztosított és monitorozható, megvalósul a hallgatói sikeresség támogatása.

*1. táblázat. Tanulmányokkal kapcsolatos információforrások használati gyakorisága egy három fokozatú skálán
2019-ben és 2024-ben*

Információforrás	2019	2024
könyvtári nyomtatott könyvek/tankönyvek	2,1	1,7
saját jegyzetek	2,5	2,6
társak jegyzetei	2,3	2,1
Internetes saját kutatás	2,8	2,8
online tanulási környezet (pl. Moodle)	2,6	2,9
online tartalmegosztó rendszerek (pl. YouTube, Zanza TV, TED)	2,6	2,7
elektronikus könyvtárak (pl. MEK)	2,0	1,7
közösségi oldalakról (pl. Facebook) - szaktársaktól	2,4	1,8
közösségi oldalakról - csoporttagoktól	2,4	1,9
közösségi oldalakról - ismerősöktől	2,4	1,8
Internetes blogokból, fórumokról	2,1	2,2

Az online tartalmegosztók már korábban is kedveltek voltak, hiszen a Z-generáció, amely a hallgatóink nagy részét képezi, életének már jelentős részét a virtuális térben éli. Így a várt eredményt kaptuk, majdnem olyan gyakorisággal használják információforrásként, mint például az internetes saját kutatást.

A közösségi oldalak szerepe a tanulás vonatkozásában azonban csökkent a 2019-ben mért eredményekhez képest. Ennek okát feltárni ezzel a kérdőívvel nem tudtuk, az azonban kijelenthető, hogy a 2019-es időszakban hirtelen betörő COVID-járvány, ami hirtelen otthonmaradásra kényszerített mindenkit, arra sarkallta a hallgatókat, hogy a tanulmányaikhoz kapcsolódó folyamatos tájékoztatást mielőbb megszerezzék és a szükséges információkhoz azonnal hozzáférjenek. Az online tanulási környezet akkori opcionális alkalmazása ezt abban az időben még nem garantálta, ám a közösségi terek és kialakult online szerveződő csoportok már aktívan biztosítottak voltak. Mostanra azonban a jó gyakorlat beépülése a mindennapi oktatási folyamatban, azaz a Moodle elekt-

ronikus tanulási környezet folyamatos rendelkezésre állása és a tananyagok és segédállományok naprakész kikínálása, továbbá a TEAMS alkalmazással támogatott online meetingek és igény szerinti konzultációk lehetőségének köszönhetően csökkent a nem oktatási céllal szerveződött online közösségek szerepe, a kommunikáció áttevődött az intézmény által preferált online platformra, ahol elsődleges forrásként jut hozzá a hallgató a szükséges oktatási anyagokhoz és kimondottan a tanuláshoz szükséges információk jutnak hozzá.

Másik jelentős momentum a kutatásban résztvevő hallgatói társaság körében az az oktató - nevelő tevékenység volt, amely konkrétan, kimondottan szemléletformáló célzattal törekszik kialakítani a hallgatókban egy határozott és erős forráskritikát és olyan hozzáállást, amelyben a tények és hitelesség első helyen áll, szemben a közösségi médiában fellelhető megalapozatlan, pontatlan, így jellemzően hiteltelen információkkal. (A közösségi média már kevésbé jellemző információforrás – az érték 2 alá csökkent).

Összefoglalás

A hallgatói információszerzési szokások megfigyelése az információforrás megválasztása és az információszerzés gyakoriságára fókuszálva és a legfrissebb kérdőíves felmérés eredményeit elemezve megerősíthető az a feltevés, miszerint a mindenkor hallgatói társadalom fogékony az adott kor innovációjára. A 10 éves vizsgálati időtartam során történt mérések eredményeinek összevetéséből kitűnik, hogy a hallgatók technológiai fejlődéssel való összefonódása és az online lehetőségek iránti igényük konstans módon egyre szorosabbá válik.

A hagyományos oktatás modern technológiákkal támogatása sokszorozó erejű a tanulás sikerességét nézve, az online terek

rendszeres és következetes használata, a tanulási folyamat szerves részévé tétele azok állandó rendelkezésre állásával és könnyen elérhetőségével arra készíti a hallgatókat, hogy erőteljesebben és magabiztosan forduljanak az elektronikus források fel.

A közösség fontossága, a kollaboráció igénye és a közösségi terek azonban mostanra inkább háttérbe kerültek, míg az online tanulástámogató rendszerek és az egyéni munka inkább előtérbe került a tanuláshoz szükséges információ megszerzésének folyamatában.

A tanulási folyamat során az online tanulási környezet nyújtotta támogatás, az egyénre szabott, kedvező feltételek megteremtése és az egész idő alatt, igény szerint rendelkezésre álló eszközök magabiztos szüntelen használata, valamint a tudatosság és a hallgató aktív részvétele segítségével tovább fokozható a hallgatói sikeresség is.

Irodalomjegyzék

- [1] Anderson T.–Elloumi, F. (2004): *Theory and practice of online learning*. Athabasca: Athabasca University.
- [2] Means, B.–Toyama, Y.–Murphy, R.–Baki, M. (2013): „*The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature*,” Columbia: Teachers College, Columbia University.
- [3] Fazekas G.–Kocsis G.–Balla T. (2014): „*Elektronikus oktatási környezet*,” Debrecen: Debreceni Egyetem.
- [4] FAO of the United Nations (2011): „*E-learning methodologies – A guide for designing and developing e-learning courses*,” Róma: FAO.
- [5] Fisher, J.–Whale, S. (2014): „*Flexibility and technology-enhanced learning and teaching: The rhetoric and reality*,” New England: University of New England.
- [6] Bhatia, R. (2011): „Features and effectiveness of e-learning tools,” *Global Journal of Business Management and Information Technology*, 1., (1.), pp. 1–7.
- [7] Tóth-Mózer S.–Lévai D. (2011): „Az oktatási és nevelési folyamat kiterjesztése online közösségi felületekre,” *Hungarian Educational Research Journal*, 1., kötet1, (1.).

- [8] R. Ősz R.: „Mobil generáció az oktatásban,” *Kutatási füzetek – A szakmai tanárképzés szolgálatában*, 1., Tisztelgő kötet, pp. 131–139.
- [9] Vermeulen, E. P. M. (2017): „How “Teaching” has Changed in a Digital Age,” 15 10 2017. [Online]. Available: <https://hackernoon.com/what-millennials-demand-from-education-a291011a71c5>. [Hozzáférés dátuma: 02. 06. 2019.]
- [10] Schwieger, D.–Ladwig, C. (2018): „Reaching and Retaining the next generation: adapting to the expectations of Gen Z in the classroom,” *Information – Systems Education Journal*, 16., (3.), pp. 45–54, 2018.
- [11] Loveland, E. (2017): „Instant generation,” *Journal of College Admission*, Alexandria: VA.
- [12] Váraljai M. (2017): *A információszerzési szokások vizsgálata a változó tanulási környezetben*. Pécs.



DUNAÚJVÁROSI EGYETEM
www.uniduna.hu

D-U-E PRESS

Kiadóvezető Németh István

Felelős kiadó Dr. habil András István

Felelős szerkesztő Nemeskéry Artúr

Tördelés Duma Attila

Készült a HTSART nyomdában

Felelős vezető Halász Iván

