

# Mesterséges intelligencia

## INTERDISZCIPLINÁRIS E-FOLYÓIRAT

**OPEN ACCESS**



DOI 10.35406/MI.2023.1.1

V. évfolyam 2023/1. szám

ISSN 2676-9611

WEB: [www.kpluszf.com](http://www.kpluszf.com)

**K+F STÚDIÓ Kft.**

az

 **MI koalíció**  
tagja

**IMPRESSZUM**

***MESTERSÉGES INTELLIGENCIA***

Interdiszciplináris e-folyóirat

**Alapítva:** 2019-ben.

**ISSN** 2676-9611

A Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság Hivatala a médiaszolgáltatásokról és a tömegkommunikációról szóló 2010. évi CLXXXV. törvény 46.§ (4) bekezdése alapján nyilvántartásba vett sajtótermék (határozatról szóló értesítés iktatószáma: CE/5420-5/2019).

A *Mesterséges intelligencia* interdiszciplináris e-folyóirat a K+F Stúdió Kft. által, társadalmi felelősségvállalási (CSR) stratégia keretében alapított és kiadott, negyedévente megjelenő Open Access (nyílt hozzáférésű) internetes periodika, melyben két anonim és két nem anonim szakmai lektor bírál minden tanulmányt.

**A Kiadó adatai:**

*Kiadó:* K+F Stúdió Kft.

*A kiadó székhelye:* 4032 Debrecen, Tarján utca 55.

*Mobil:* +36-30-4849779

*E-mail:* info@kpluszf.com

*Web:* www.kpluszf.com

*Kiadásért felelős személy:* Mező Katalin (PhD)

**A Szerkesztőség adatai:**

*Levélcím:* K+F Stúdió Kft., 4032 Debrecen, Tarján utca 55.

*Mobil:* +36-30-4849779

*E-mail:* info@kpluszf.com

*Web:* www.kpluszf.com

*Alapító főszerkesztő:* Mező Ferenc (PhD)

*Tördelő szerkesztő:* Mező Katalin (PhD)

**Együttműködő civil szervezet:**

Kocka Kör Tehetség gondozó Kulturális Egyesület ([www.kockakor.hu](http://www.kockakor.hu))

**Szerkesztőség (ABC rendben):**

Bodnár Gabriella, (PhD, habil., Soproni Egyetem)

Kelemen Lajos (PhD, OKOSKOCKA Kft.)

Mező Ferenc (PhD, K+F Stúdió Kft.)

Mező Katalin (PhD, Debreceni Egyetem)

Orbán Réka (PhD, Babes-Bolyai Egyetem)

Pénzes Dávid (PhD, Káldor Miklós Kollégium)

Pšenáková Ildikó (PhD, Trnava University in Trnava, Szlovákia)

Pšenák Péter (Ph.D., Comenius University Bratislava, Szlovákia)

Simó Ferenc Zoltán (dr., LL.M, Debreceni Egyetem)

Szabóné Balogh Ágota (PhD, Gál Ferenc Főiskola)

Szűts Zoltán (PhD, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem)

Tomac, Zvonimir (PhD, University J.J. Strossmayera of Osijek, Horvátország)

Vass Vilmos (PhD, habil., Budapesti Metropolitan Egyetem, Selye János Egyetem)

Külön nem hivatkozott illusztrációk forrása: <https://pixabay.com>

## TARTALOM

<b>SZERKESZTŐI KÖSZÖNTŐ</b> .....	5
<b>ELMÉLETI ÉS EMPIRIKUS TANULMÁNYOK</b> .....	7
Mező Ferenc: CODE POETRY – avagy: Amikor az irodalom csókot dob az informatikának, de a mesterséges intelligencia elkapja azt a tehetségGONDOZÁS örömére.....	9
Csuta Ákos Koppány és Dobák Dávid: GENETIKUS ALGORITMUS LOGISZTIKAI ALKALMAZHATÓSÁGA .....	21
Dobák Dávid és Csernák Gábor: NEGYED ÉS FÉL JÁRMŰMODELL IDENTIFIKÁCIÓJÁNAK GP-LFM TECHNIKÁVAL VALÓ MEGVALÓSÍTHATÓSÁGA .....	35
Rusli, Nor Amalina Binti: HOW MUCH DOES PARENTAL INVOLVEMENT MATTER WHEN AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD) CHILDREN USE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN THE LEARNING PROCESS?.....	51
Demeter Zsuzsa és Mező Katalin: TANÍTÓ SZAKOS HALLGATÓK ÉS A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA .....	73
<b>MÓDSZERTANI TANULMÁNYOK</b> .....	89
Jaskóné Gácsi Mária: A GAMIFIKÁCIÓ TERJEDŐ TRENDJE ÉS AZ ELEKTRONIKUS TANULÁSI KÖRNYEZET .....	91
Mező Ferenc: CODE POETRY – MÓDSZERTANI JAVASLATOK TEHETSÉGFEJLESZTŐ PROGRAMOK SZÁMÁRA .....	103
<b>MŰHELY, RENDEZVÉNY</b> .....	115
CODE POETRY PÁLYÁZAT (2023).....	117



## SZERKESZTŐI KÖSZÖNTŐ



*Tisztelt Olvasó!*

Üdvözljük a *Mesterséges intelligencia* folyóirat V. évfolyam 2023/1. számának megjelenése alkalmából!\*

A lapszám első tanulmánya a kódköltészet (code poetry) elméleti alapjaiba vezeti be az Olvasót. A kódköltészet révén létrejött alkotásokban, a kódversekben (code poems) az irodalom és a számítógépprogramozás hozható összefüggésbe egymással, s mindez tehetséggondozó programokban is jól használható eredményt ad.

Csuta Ákos Kopány és Dobák Dávid tanulmányában a genetikus algoritmusok alkalmazására hívja fel a figyelmet egy logisztikai feladat példáján keresztül.

Ezt követően Dobák Dávid és Csernák Gábor egy új típusú, sztochasztikus differenciálegyenletre épülő gépi tanulási technikát, a Gaussian Process – Latent Force Model (GP-LFM) használatát mutatja be.

Nor Amalina Binti Rusli az autizmus spektrum zavarral élő gyermekek szüleinek mesterséges intelligenciához, mint a gyermeket segítő lehetőséghez való viszonyát mutatja be szakirodalmi elemzésén keresztül.

Demeter Zsuzsa és Mező Katalin a tanító szakos hallgatók MI-vel kapcsolatos ismereteivel, hozzáállásával kapcsolatos vizsgálatot mutat be.

A módszertani tanulmányok között elsőként Jaskóné Gácsi Mária írásával találkozhatunk, aminek címe: „A gamifikáció terjedő trendje és az elektronikus tanulási környezet”.

A soron következő tanulmányban Mező Ferenc által közvetített módszertani javaslatok olaszolhatóak a kódversek (code poems) írásával és tehetséggondozó programokban történő felhasználásával kapcsolatban.

Végül a K+F Stúdió Kft. Code Poetry (kódköltészeti) pályázati felhívása zárja a lapszámot.

Gondolatébresztő és tanulmány beküldésére motiváló olvasást kíván Önnek a Szerkesztőség nevében is:

Dr. Mező Ferenc  
alapító főszerkesztő

\*Az MI témakörrel ismerkedők számára bevezető tanulmányként javasoljuk: Mező Ferenc (2019): Interdiszciplináris kapcsolódási lehetőségek a mesterséges intelligenciára irányuló cél-, eszköz- és hatásorientált kutatáshoz. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, I. évf. 2019/1. szám. 9–29. doi: [10.35406/MI.2019.1.9](https://doi.org/10.35406/MI.2019.1.9)



**ELMÉLETI ÉS EMPIRIKUS TANULMÁNYOK**





**CODE POETRY – AVAGY: AMIKOR AZ IRODALOM CSÓKOT DOB AZ  
INFORMATIKÁNAK, DE A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ELKAPJA AZT A  
TEHETSÉGGONDOZÁS ÖRÖMÉRE...**

**Szerző:**

Mező Ferenc (Ph.D.)  
Eszterházy Károly Katolikus Egyetem  
(Magyarország)

**Lektorok:**

Simó Ferenc Zoltán (Dr. Jur.)  
Kocka Kör (Magyarország)  
  
Szabóné Balogh Ágota (Ph.D.)  
Gál Ferenc Egyetem (Magyarország)

A Szerző e-mail címe:  
ferenc.mezo1@gmail.com

...és további két anonim lektor

**Absztrakt:**

A „Code Poetry” („Kódköltészet”) egy modern lehetőség arra, hogy verseket alkossunk valamilyen számítógépes programnyelv kódjainak és szintaxisának használatával. Tehát az ilyen típusú versek írásához, olvasásához és megértéséhez irodalmi és programozási kompetenciák is szükségesek. Mivel a versek témája és a programkódolás is kapcsolódhat a mesterséges intelligenciához, a kódköltészet adott esetben az MI népszerűsítésére is használható a tehetséggondozás keretében. Jelen tanulmány a Code Poetry alapjait foglalja össze.

**Kulcsszavak:** kódköltészet, Code Poetry, kódversek, Chat GPT, MI, tehetség

**Diszciplína:** irodalom, informatika, pszichológia, pedagógia

**Abstract:**

*CODE POETRY, OR: WHEN LITERATURE THROWS A KISS TO IT, BUT ARTIFICIAL INTELLIGENCE CATCHES IT FOR THE JOY OF TALENT DEVELOPMENT...*

The 'Code Poetry' is a modern possibility to create poems using codes and syntax of some computer program language. So, literature and programming competencies are needed for writing, reading, and understanding this type of poem. Because the topic of the poems and the program coding can be also related to artificial intelligence, the code poetry is useable for the popularisation of AI in a given case in the frame of talent development. The present study summarizes the base of code poetry.

**Keywords:** code poetry, code poems, Chat GPT, AI, talent

**Discipline:** literature, IT, psychology, pedagogy

Mező Ferenc (2023): Code Poetry – avagy: Amikor az irodalom csókot dob az informatikának, de a mesterséges intelligencia elkapja azt a tehetség gondozás öröme... *Mesterséges Intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 9-19. doi: 10.35406/MI.2023.1.9

Napjainkban az mesterséges intelligencia (MI) forradalmának vagyunk szemtanúi. Az emberiség történetében eddig soha nem tapasztalt mértékben és ütemben gyűrűzik be a munka világába, az iparba, az egészségügybe, az oktatásba és a hétköznapi élet egyéb területeire az új technológia. E meglehetősen gyors tempó egyrészt azt okozza, hogy a társadalom nagy része keveset tud arról a technológiáról, amitől lassan függővé is vált már, másrészt sok esetben félelemmel fordul felé – többek között az apokalipszissal, de legalábbis a munkahelyek elvesztésével fenyegető irodalmi művek, filmélmények (lásd például: Terminátor sorozat) – hatására (v.ö.: Mező, Mező és Mező, 2019, Mező, 2021).

Míndez felveti annak veszélyét, hogy az emberek jogsértőnek fogják vélni a mesterséges intelligencia térhódítását, amire ugyancsak jogsértő módon reagálnak majd, mint az ipari forradalom idején tették azt a géprombolás során.

Ebben a helyzetben tehát egyrészt lényeges figyelmet fordítani a mesterséges intelligencia jogi szabályozására (Simó, 2021), másrészt az MI-téma népszerűsítésére is szükség lehet. Meg kell tanítani a társadalmat ugyanis arra, hogy az MI-t hasznos eszközként tudja kezelni – akár a jelen cikk szempontjából lényeges oktatási, tehetség gondozási területen is.

A mesterséges intelligencia ugyanis eszközként használható akár oktatási, tehetség gondozói, élményedagógiai célok érdekében is (lásd: Mező és Szabóné, 2021), s fordítva: a nevelés-oktatás is remek eszköze lehet az MI-téma népszerűsítésének.

A mesterséges intelligencia népszerűsítése megvalósulhat továbbá:

- a) filmklubokon keresztül (lásd: Mező, Mező és Mező, 2019),
- b) virtuális kiállítások szervez(tet)ése segítségével (Mező és Mező, 2021, Mező K. Szíriusz, 2022),
- c) olvasókörök révén (Mező, 2021).

Az utóbbi, irodalmi jellegű témakörbe illeszkedik jelen tanulmány témája: a mesterséges intelligencia népszerűsítése a Code Poetry műfaján keresztül.

### Code Poetry

A „Code Poetry” (magyarul: kódköltészet) olyan művészeti céllal alkotott programkód jellegű alkotást (a kódverset, angolban: „code poem”) eredményez, ami a versre jellemző irodalmi jegyekkel is rendelkezik, és esztétikai élményt kíván nyújtani. E programkódok így nemcsak funkcionálisak, hanem (többé vagy kevésbé) költőiek is lehetnek egyszerre.

Példaként szerepeljen itt egy Code Poetry-ről szóló egy versszakos kódvers (forrás: a Szerző):

```

10 The.title(i,s) = Code + Poetry
20
30 IF you.like = c(oding) AND poem = s THEN writ(e, code, s) = i(n, all, moment, s)
40 LET your.r(hyms) = token(o.men, s): PRINT "them" AND hear, the, comment(s)
50
60 REM Author = Mező, Ferenc (2023) (c)

```

A kódversek írása, olvasása és megértése legalább három területen igényel ismereteket az alkotóktól, illetve a közönségtől. Egyrészt a kódköltészet feltételezi az alkalmazott programnyelvben való jártasságot (ismerni kell annak versben felhasznált kódkészletét és szintaxisát). Másrészt az irodalom iránti érdeklődés, versírásra való hajlam is szükséges a Code Poetry keretében létrejövő versek alkotásához, befogadásához. Harmadrészt – a hagyományos versekhez hasonlóan – a költemények témája is hol általános, hol speciális háttértudást, műveltséget igényelhet a költő-programozóktól és a közönségtől egyaránt.

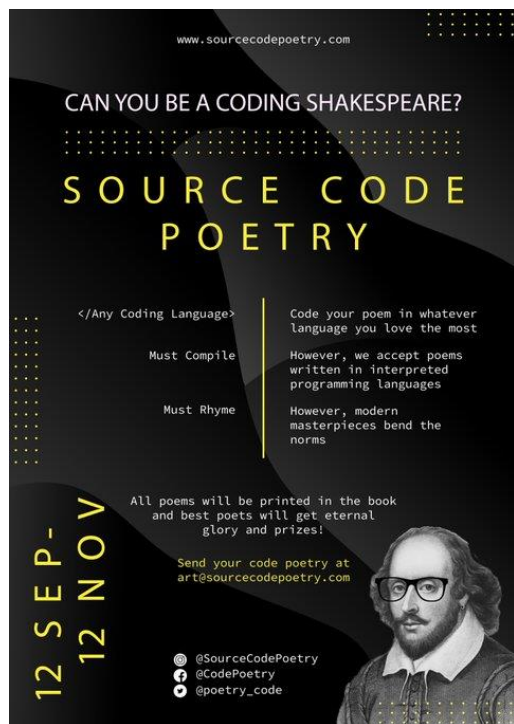
A kódköltészetre jellemző három fent említett kompetenciaterület együttes előfordulásának relatív ritkasága miatt nem lehet számítani arra, hogy a Code Poetry rövid időn belül széleskörben elterjedt és elfogadott műfajjá váljon. Ezért lényegesek a kódköltészet népszerűsítése érdekében tett olyan kezdeményezések mint: a kódverseket közlő versgyűjtemények és szakkönyvek kiadása (v.ö.: Holden és Kerr, 2023; Aprile, 2020; Bertran, 2012; Hartman, 1996), illetve a Stanford

Egyetemen (a világon elsőként 2013-ban) megvalósított „Code Poetry Slam” rendezvény (Davenport, 2016), vagy például az 1984-től megrendezésre kerülő és a „szándékosan homályosan megírt C programozásnyelvbeli kódokra ösztönző” International Obfuscated Code Contest (IOCCC) esemény (Jackson, 2011). Ez utóbbi, programnyelv-specifikus kihíváshoz képest megengedőbb jellegű a Source Code Poetry (Net1) kezdeményezés, melynek szabályai a következők (1. ábra): bármilyen programnyelven írt, de számítógépen „futtatható” verset kell alkotni, melynek műszály rímekeket tartalmaznia.

Lényeges kiemelni, hogy a Code Poetry nem azonos a digitális költészettel (ami legáltalánosabb értelemben digitális eszközökkel létrehozott, de hagyományos – nem programkódszerűen – olvasható műveket hoz létre). A kódköltészet esetében kifejezetten lényeges, hogy a vers megjelenésében valóban programkódszerű legyen, s ideális esetben (de nem feltétlenül) számítógépen futtatható legyen a program.

Ha nem tartalmaz programkódokat, akkor nem tekinthető kódversnek a programozásról szóló költemény sem. Például: az informatikához, a programozáshoz és a mesterséges intelligencia témakörhöz kapcsolódik ugyan, de nem kódverseket tartalmazó kötet Varró és Baranyai (2018) az informatikai karrier népszerűsítését célzó és gyerekeknek szóló (szoftverfejlesztő, szoftvertesztelő, autós field teszter, UX Designer, account menedzser, projektmenedzser, system architect, rendszergazda, robotikai mérnök, etikus hacker, machine learning szakértő, adattudós), informatikai foglalkozásokat bemutató, olykor már ismert művekre épülő verseket tartalmazó kötete.

1. ábra: A Source Code Poetry felhívása. Forrás: Net1



A kódköltészet remek lehetőséget nyújt az informatika és az irodalom terén történő tehetséggondozó tevékenységek összehangolására, hiszen a kódversek e két látszólag távoli terület között az összekötő kapocs szerepét tölthetik be. A kódversek témájukat tekintve pedig bármiről szólhatnak: szerelemről és háborúról, boldogságról és szenvedésről, vagy akár olyan társadalmi szintű népszerűsítést igénylő témákról, mint a mesterséges intelligencia, vagy a fenntartható fejlődés.

### A kódversek típusai

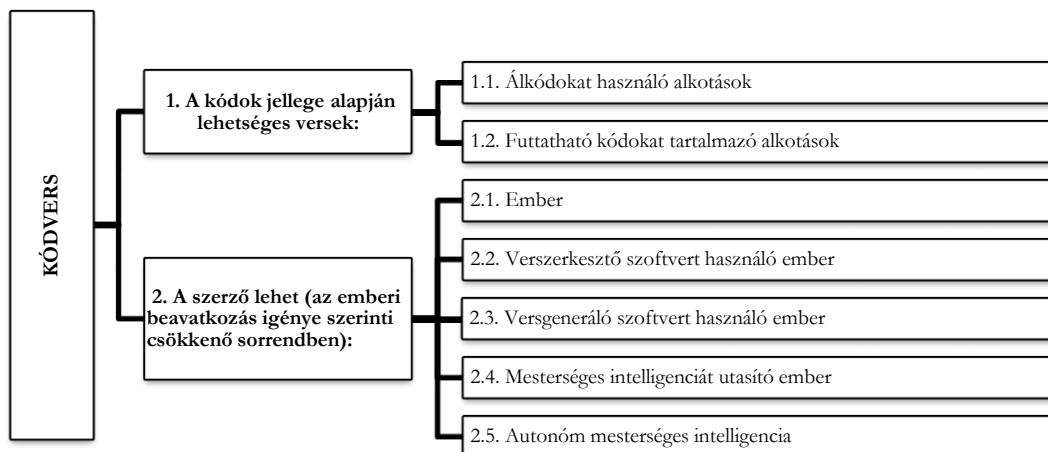
Irodalmi szempontból a kódversek hasonló szempontok (téma, ritmusképlet, fonetika, szemantika, szimbolizmus, képi megjelenés, nyelv, szerző, társadalmi kontextus stb.) szerint elemezhetőek, mint bármely más vers. Ami minden más verstől megkülönbözteti a kódversek elemzését, az két további (a hagyományos versek esetében irreleváns) szempont: a kódok és a szerzők (emberi/gépi) jellege.

A kódok és a szerzők jellege alapján a kódversek alábbi típusait megkülönböztethetjük meg (2. ábra):

1. A kódok jellege alapján megkülönböztethető a kódversek alábbi két típusa:

1.1. *Álkódokat használó alkotások:* vizuális megjelenésükben a programkódokhoz hasonló alkotások (főként: szabadversek), amelyek azonban nem futtathatók a programnyelvek egyikén sem. Példa: Mező Ferenc „Lost and Too Late Commands :(” című szabadverse, ami a vers szövegében „PseudoBasic 1.0”-nak

2. ábra: A kódversek típusai. Forrás: a Szerző

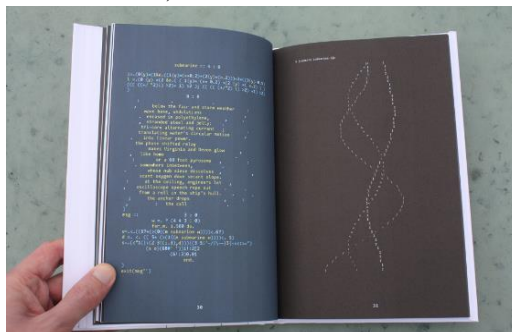


nevezett nem létező programnyelvben íródott (1. táblázat). A szerzőnek nagy szabadságot ad, hogy nem kell „működő” szoftvert írnia, nem kell egy létező programnyelv szigorú értelemben vett parancskészletéhez, szintaxisához ragaszkodnia. A vers befogadói számára azonban nehézséget jelenthet, hogy lényegében új nyelven megírt szövegeket kell értelmezniük.

1.2. *Futtatható kódokat használó alkotások:* a vers tartalmához kapcsolódó (például: hóesésről szóló vers háttereként hóesés tűnik fel a monitoron) vagy attól független program működését teszik lehetővé. Ebben az esetben a vers szerzőit köti az adott programnyelv parancskészlete és szintaxisa, ám ezért az árért akár működőképes is lehet a program. A befogadó akkor tudja könnyedén értelmezni a verset, ha ismeri annak programnyelvét.

Holden és Kerr (2023) például különböző forráskódokban megírt, tizenhat alkotást tartalmazó kódvers gyűjteményt mutat be, melyek mindegyike működőképes program is egyben (3. ábra).

3. ábra: Futtatható kódokat tartalmazó részlet a „/Code –poetry” című kiadványból (Holden és Kerr, 2022, 30-31. o.)



1. táblázat: A „Lost and Too Late Commands :(” című álkódvers magyarázatokkal ellátva (Mező, 2023a).  
 Videófilm verzió linkeje: [https://youtu.be/EU\\_GNh0\\_kKM](https://youtu.be/EU_GNh0_kKM)

Az álkódban írt szabadvers:	Fordítás, magyarázat:
<p>Ferenc Mező (2023):</p> <p><b>LAST &amp; TOO LATE COMMANDS :(</b></p> <pre> &gt; 10 REM ***** &gt; 20 REM ** LAST &amp; TOO LATE ** &gt; 30 REM ** COMMANDS :( ** &gt; 40 REM ***** &gt; 50 REM &gt; 60 REM  Memoirs of the last &gt; 70 REM  (but artificial) &gt; 80 REM  intelligence &gt; 90 REM  of planet Earth &gt; 100 REM from the 21st &gt; 110 REM century. &gt; 120 REM Humanity, R.I.P. &gt; 130 REM &gt; 140 REM Language: &gt; 150 REM PseudoBasic 1.0 &gt; 160 REM &gt; 170 REM *** START ***  &gt; 180 Greetings: &gt; 190 LET Message.Greetings = "Hello World!" &gt; 200 FOR i = 1 TO 3 &gt; 210 PRINT Message.Greetings &gt; 220 NEXT i  &gt; 230 REM Last and too late commands are:  &gt; 240 Command1: &gt; 250 DO Analyze.Past(Now &amp; Forever)  &gt; 260 Command2: &gt; 270 LET Consequences = Results(Analyze.Past)  &gt; 280 Command3: &gt; 290 DO Actions.Present (Now) By Consequences  &gt; 300 The_Last_Command: &gt; 310 SAVE Future (Now)  &gt; 320 REM Closure section: &gt; 330 IF You.Understand.It = True THEN SHARE.ThisMessage &gt; 340 ELSE GOTO Command1 &gt; 350 END IF  &gt; 360 END  &gt; REM THANK YOU FOR YOUR ATTENTION! &gt; REM Let's Save Our Future! Now! &gt; REM www.kockakor.hu &gt; &gt; This_Message.SHARE (Now) = True                     </pre>	<p><b>A cím fordítása:</b>  <b>VÉGSŐ ÉS TÚL KÉSŐ PARANCSONK :(</b>  <b>Megjegyzés a címhez:</b> a „:(” a szomorúságot/dühöt kifejező hangulatjel.  <b>Megj.:</b> a Basic programozási nyelvekben jellemző volt, hogy a programsorokat sorszámozni kellett, s ez 10-essel történt, hogy utólag könnyebb legyen közbülső sorokat beszúrni.  A „REM” parancsot követően a szoftverfejlesztők emlékeztető megjegyzéseket tehettek, amik nem befolyásolták a program működését.  <b>20-30 sorok fordítása:</b> Végső és túl késő parancsonk :(  <b>60-120 sorok fordítása:</b>  „A Föld bolygó utolsó (de mesterséges) intelligenciájának memoárjai a 21. századból  Emberiség, R.I. P.”  <b>Megj.:</b> a R.I.P. itt többértelmű szimbolikus rövidítés. 1. fordítás: rest In Peace = „Nyugodj békében” angol nyelvű sírfelirat – a vers pedig arra is utal, hogy az emberiség kihal, ha nem óvja meg a saját jövőjét, 2. Routing Information Protocol (RIP) = az internet világában a hálózat csomópontjai közötti egyik legrégebbi útválasztási protokoll. A vers pedig arra utal, hogy útválasztás előtt áll az emberiség a jövőjét illetően.  <b>140-170 sorok fordítása:</b> „Nyelv: ÁlBasic 1.0. Start”  <b>Megj.:</b> a „Start” a programok algoritmusában a kezdést jelölő kifejezés, vagyis eddig lényegében címek, alcímek, előzetes megjegyzések voltak olvashatók, s a vers most kezdődik.  <b>180-220 sorok fordítása:</b> „Üdvözlés: Legyen (=LET) az üdvözlő üzenet (=Message.Greetings) az, hogy „Hello Világ!”, és ezt írja ki (=PRINT) a program háromszor (FOR 'TO-NEXT)  <b>Megj.:</b> A „Hello World!” weblapsablonok, illetve kezdő programozók első programjainak példajellegű üzenete, ami a képernyőn jelenik meg. A három pedig a legtöbb mitológiában. vallásban mítikus szám.  <b>230-310 sorok fordítása:</b> „Utolsó és túl késő parancsonk:  1. Parancs:  Elemezd a múltat (most és örökké)!”  2. Parancs:  A következtetések a múlt elemzésének eredménye!l  3. Parancs:  Cselekedj a jelenben (Most) a következtetések alapján!  Az utolsó parancs:  Mentsd meg a jövőt (Most)!”  <b>320-360 sorok fordítása:</b> „Zárórész:  Ha ezt (az üzenetet) megérted, akkor oszd meg másokkal ezt az üzenetet! Egyébként (ha nem értetted meg az üzenetet) térj vissza az 1. Parancsához! Vége”  <b>Megj.:</b> az „END” (=VÉGE) utasításra a program futása leáll. Tehát az „END” utasítás után már nem programbeli kódok találhatóak, hanem közvetlen végrehajtásra kiadott parancsonk (amikhez nem kell futtatni a programot).  <b>360 sor utáni sorok fordítása:</b> „Köszönöm a figyelmet! Mentsük meg a jövőnket! Most! <a href="http://www.kockakor.hu">www.kockakor.hu</a>”  <b>Megj.:</b> a „█” szimbólum a kurzor helyét mutató (villogó) jel volt korábban. A versben tehát egyrészt nosztalgikus jelentősége van, másrészt szimbolikus jelentése is van: Arthur C. Clarke „2001: A Space Odyssey” („2001: Űrodüsszeia”) című művének Stanley Kubrick által 1968-ban rendezett filmváltozatában látható, az emberré válást elősegítő monolitra utal...  <b>Az utolsó sor szabad fordítása:</b> „Ennek az üzenetnek az azonnali megosztása megtörténhet”</p>

A futtatható kódokat használó versek akár interaktívak is lehetnek, s analóg vagy digitális formában is közzétehetőek.

2. *A kódversek alkotóinak jellege alapján a versek lehetnek:*

2.1. *Ember által alkotott kódversek* (lásd: 1. táblázat). Ezek papír-ceruza alapon is létrejöhetnek, de akár valamely szövegszerkesztő, vagy programnyelvet használó szoftver is felhasználható a vers alkotása során. Amennyiben futtatható kódvers írása a cél, akkor – legalábbis a vers végső verziójának esetében – a vers programnyelvében megfogalmazott utasításokat teljesíteni képes szoftver használata elengedhetetlen a „futtathatóság” ellenőrzése érdekében.

2.2. *Versszerkesztő szoftvert használó ember által alkotott versek.* A „Poet” online versszerkesztő program (lásd: Net2) például az alábbi szolgáltatásokkal segíti a felhasználókat:

- a) megjeleníti a begépelte verssorok ritmusképletét és szótagszámát;
- b) rímek és szinonimák keresésben nyújt segítséget;
- c) automatikusan javasol sorvégi rímekhez megfelelő szavakat;
- d) a terjedelemre, a mély és magas magánhangzók számára és arányára, az eddig nem használt betűk listájára stb. vonatkozó nyelvi statisztikákat közöl a vers aktuális állapotáról;
- e) a kész/félkész versek elmentésének, és későbbi megnyitásának lehetősége a további szerkesztés érdekében;
- f) az elkészült versek publikálhatók lehetnek a Poet.hu oldalon vagy egy ahhoz kapcsolódó szerzői blogban is.

2.3. *Ember által használt versgenerátor szoftver révén alkotott versek.* Egyszerű szoftver által generált verseket állítanak elő például az öt tanóra keretében megvasuló „Coding with Poetry” („Kódolás költéssel”) projekt keretében, ahol 4-8. évfolyamos tanulók számára hozzák összefüggésbe egymással a költészetet és az informatikát, miközben a résztvevők versgeneráló programot készítenek (Net3). Megjegyzendő, hogy a „Poem Art” („Vers képzőművészet”) projektben pedig illusztráció, animáció adható a versekhez (Net3). Másik példa: a Poet.hu oldal (online működő) „Versi Rómeó álneven” szerelmesverseket író programmal (Net4) segíti a felhasználókat, akiknek csak annyi a feladatuk, hogy beírják kedvesük (lehetőleg rövid, és páros számú betűből álló) nevét. Amennyiben a kedves neve helyett a mesterséges intelligenciára utaló „MI” betűpárt írjuk be, az eredmény az alábbi 1. próbához hasonló lesz. Amennyiben az ajánlott vers nem tetszik a felhasználó új verset kérhet (lásd: 2. próba).

1. próba:

Versi Rómeó:

**MI**

**M**egsimítjuk a nyakunk,

**I**gazgatjuk holnapunk.

2. próba:

Versi Rómeó:

**MI**

**M**illiókat érsz nekem,

**I**tt is reád éhezem.

Az oldal HTML kódot is generál a versekhez, amit a felhasználó kimásolhat és beilleszthet az általa szerkesztett weboldalba.

2.4. *Emberi utasításra mesterséges intelligencia által generált vers* esetében a vers alkotása iránti vágy emberi ugyan, ám a gyakorlati megvalósítás az emberi parancsnak engedelmességedő mesterséges intelligenciára hárul. Jelen tanulmány keletkezése idején (azaz 2023. júni-

usában) még nem elérhető olyan általános felhasználású, ingyenesen használható mesterséges intelligencia, ami erre képes lenne. Az OpenAI cég által létrehozott ChatGPT (Net5) ugyan képes arra, hogy a felhasználó által természetes nyelvben megadott parancs alapján szöveget – adott esetben verset – generáljon (lásd: 2. táblázat), de kódverset még nem képes alkotni.

2. táblázat: „AI about AI” (MI az MI-ről) vers – a ChatGPT mesterséges intelligencia sikertelenül bajtotta végre a kódvers írására ember által adott parancsot: kódvers helyett angol nyelvű költemény született. Második próbálkozásra is hasonló eredmény volt tapasztalható. Forrás: a Szerző

	Angol (eredeti) szöveg	Magyar (nem mű-, hanem szöveghű) fordítás
<b>INPUT</b>	Az ember által kiadott parancs Write a 2-stanza code poetry about AI.	Írj egy 2 versszakból álló kódverset az MI-ről!
<b>OUTPUT: a ChatGPT által adott válasz</b>	1. vers:* In realms of thought, where data thrives, Resides a mind that never tires. AI, the poet's muse and guide, Unveils the secrets that data hide.	A gondolatok birodalmában, ahol az adatok gyarapodnak, Olyan elme lakik, amely soha nem fárad el. Az MI, a költő múzsája és útmutatója, Felfedi a titkokat, amiket adatok rejtnek.
	Lines of code, in an intricate dance, Transforming bits into a grand expanse. A digital realm where knowledge streams, AI's symphony of endless dreams	Kódsorok egy bonyolult táncban, Bittek átalakítása nagy kiterjedéssé. Egy digitális birodalom, ahol a tudás áramlik, Az MI végtelen álmainak szimfóniája
	2. vers:* In lines of code, a mind takes flight, Artificial intelligence, shining bright. Through circuits and algorithms, it weaves, Unleashing a world where possibility breathes.	A kódsorokban az elme repül, Mesterséges intelligencia, fényesen ragyog. Áramkörökön és algoritmusokon keresztül szövi, Egy olyan világ felszabadítását, ahol a lehetőség lélegzik.
	Unveiling truths, both profound and deep, AI's whispers of insight, secrets it keeps. A symphony of data, harmonies untold, In realms of AI, a new story unfolds.	Mélységes és mély igazságok feltárása, Az MI suttogása a belátásról, az általa őrzött titkok. Adatok szimfóniája, elmondhatatlan harmóniák, Az MI területén egy új történet bontakozik ki.

**ÉRTÉKELÉS**

Mindkét vers esetében teljesült:

- a „Write” (Írj) parancs;
- az „a 2-stanza” (két versszakos) versre vonatkozó parancsrészlet;
- az „about AI” (az MI-ről) parancsrészlet.

Egyik vers esetében sem teljesült:

- „code poetry” (kódvers) parancsrészlet.

\*A két vers alkotására vonatkozó parancsok kiadása között kevesebb mint egy perc telt el 2023.06.05.-én. A parancsok kiadása és a versek létrehozása közötti idő kb. 5 másodperc volt mindkét vers esetében. A parancsokat mindkét esetben Mező Ferenc adta ki angolul, a verseket a ChatGPT írásban közölte angolul.



A 2. táblázatban foglaltuk össze egy, az előbbieket alátámasztó kísérlet lényegét. A mesterséges intelligenciáról szóló két versszakos kódvers létrehozására utasítottuk a ChatGPT-t, aminek eredményeként kb. öt másodperc alatt egy két versszakos versszerű szöveg ugyan létrejött, ám az eredmény nem tekinthető kódversnek (nyoma sincs benne programkódoknak). Egy percen belül újra kiadtuk ugyanazt a parancsot, aminek eredményeként ismét öt másodpercen belül kaptunk egy újabb verset, ami ezúttal sem volt kódversnek tekinthető. A jövőben azonban számítani lehet arra, hogy akár kódverset is alkotni tudó mesterséges intelligencia kerüljön forgalomba.

2.5. *Autonóm mesterséges intelligencia által önállóan (külön erre vonatkozó emberi utasítás nélkül) alkotott vers.* Ilyen ma még nem ismert, de számítani lehet majd ilyen MI létrejöttére is. Ez azonban olyan kérdéseket vet fel, mint például: miért alkot egy mesterséges intelligencia verset, ha erre nem kapott parancsot? Mi készíti a versalkotásra? Netán öntudatra éledésének jele a versalkotás? Ugyanolyan esztétikai megközelítéssel él-e egy MI, mint egy ember? Ugyanaz a szépség eszménye? Ugyanazt tartja „jó”-nak és „rossz”-nak? Tartalmát, formai sajátosságait tekintve különbözni fog-e a humán intelligencia által alkotott vers az MI által alkotottól? Előfordulhat például, hogy egy bitteket kifejező „0”-ákból és „1”-esekből álló kódsor emberi nézőponttól érthetetlen, s különösebb érzelmeket nem kiváltó számsornak fog tűnni, míg a mesterséges intelli-

genciák számára a legmélyebb digitális dráma, a legnagyobb intellektuális élmény, és a legviharosabb feszültségadózást kiváltó inger lehet, ami akkora katarzist okoz majd egyes MI-k számára, hogy saját merevlemezüket formattálják majd, és digitális jólétre szenderülnek?

A mesterséges intelligencia fejlődési tendenciái alapján, vélhetően hamarosan rendelkezésre állnak majd a Code Poetry alkotására is képes MI-k. Addig is emberi alkotótevékenység szükséges a kódversek létrehozásához, s ez felhasználható az MI-t népszerűsítő törekvések eszközeül is – különösen, ha maga a Code Poetry műfaj is népszerűvé válik a jövőben, és műveléséhez módszertani segítséget is kaphatnak az érdeklődők (lásd: Mező, 2023b).

### Zárógondolatok

A Code Poetry (magyarul: kódköltészet) egy újkeletű verselési forma, ami olykor még számítógépen „futtatható” alkotásokat is eredményezhet... Akárcsak a hagyományos költemények esetében, a Code Poetry világában is szülehetnek jobb-rosszabb, több vagy kevesebb esztétikai értékkel, programfutási képességgel, hasznosság-értékkel bíró alkotások. Amennyiben a kódversek létrehozását nem célnak, hanem a kulturált szabadidőeltöltés, a kódolás és a költészet gyakorlása, valamint az elkészült költemények témájára történő figyelemfelhívás eszközének tekintjük, akkor tulajdonképpen az sem baj, ha a vers csak kínrímeket tartalmaz, vagy még azokat sem (a szabadvers forma például igen nagy alkotói szabadságot biztosít mivel

rímekeket nem is igényel). Lényeges hangsúlyozni, hogy a Code Poetry nagyszerű lehetőséget ad a nyelvi, irodalmi, informatikai jellegű tehetséggondozó programok, illetve az informatikát és a mesterséges intelligenciát népszerűsítő workshopok, tréningek számára.

### Köszönetnyilvánítás

A K+F Stúdió Kft. által megvalósított „T.É.M.A.” projekt támogatója a Kulturális és Innovációs Minisztérium és a Nemzeti Tehetség Program (pályázati azonosító: NTP-INNOV-22-0095). A támogatást ezúton is tisztelettel köszönjük!



### Irodalom:

Aprile, Francesco (2020): *Code Poems: 2010-2019*. Minneapolis (USA): Post-Asemic Press. ISBN 978-1734866216

Bertran, Ishac (2012): *code {poems}*. Barcelona: Impremta Badia.

Davenport, Matt (2016): Algorithms meet art at Code Poetry Slam held at Stanford. *Stanford Engineering News*, 2013. december 18. Megnyitás: 2023.05.30. URL: <https://engineering.stanford.edu/magazine/algorithms-meet-art-code-poetry-slam-held-at-stanford>

[azine/algorithms-meet-art-code-poetry-slam-held-at-stanford](https://engineering.stanford.edu/magazine/algorithms-meet-art-code-poetry-slam-held-at-stanford)

- Hartman, Charles (1996): *Virtual Muse: Experiments in Computer Poetry* (Wesleyan Poetry). Middletown, Connecticut: Wesleyan University Press.
- Holden, Daniel és Kerr, Chris (2023): *./code --poetry*. Talgarreg (GB): Broken Sleep Books. ISBN 978-1-915760-89-0 URL: <https://code-poetry.com/>
- Jackson, Joab (2011): Obfuscated Code Contest Returns. *PCWorld*. (2011-11-16). Megnyitva: 2023.06.06. URL: <https://www.computerworld.com/article/2734540/obfuscated-code-contest-returns.html>
- Mező Ferenc (2021): Olvasókörok szerepe a mesterséges intelligenciával kapcsolatos attitűdök formálásában – Módszertani javaslat Asimov robot-történeteire reflektáló vitaklubok szervezésével kapcsolatban. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, III. évf. 2021/2. szám. 79-95. doi: [10.35406/MI.2021.2.79](https://doi.org/10.35406/MI.2021.2.79)
- Mező, Ferenc (2023a): „Lost and Too Late Commands :(' (animation). Loaded: 2029.05.28. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=8T6lKpVCGis>
- Mező Ferenc (2023b): Code Poetry – Módszertani javaslatok tehetségfejlesztő programok számára. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 79-84. doi: [10.35406/MI.2023.1.87](https://doi.org/10.35406/MI.2023.1.87)
- Mező Ferenc, Mező Katalin és Mező Kristóf Szíriusz (2019): Filmklubok

- szerepe a mesterséges intelligenciával kapcsolatos attitűdök formálásában. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, I. évf. 2019/1. szám. 67–94. doi: [10.35406/MI.2019.1.67](https://doi.org/10.35406/MI.2019.1.67)
- Mező Ferenc és Mező Kristóf Szíriusz (2021): Virtuális kiállítás szervezése az Innovációs Stúdió (2020/2021) keretében. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, II. évf. 2020/2. szám. 53–58. doi: [10.35406/MI.2020.2.53](https://doi.org/10.35406/MI.2020.2.53)
- Mező Katalin és Szabóné Burik Erika (2021): A robotokkal történő oktatás, az élménypedagógia aspektusából. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, III. évf. 2021/2. szám. 19-32. doi: [10.35406/MI.2021.2.19](https://doi.org/10.35406/MI.2021.2.19)
- Mező Kristóf Szíriusz (2022): A kibertér felhasználásának lehetőségei a tehetséggondozásban. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, IV. évf. 2022/1. szám. 79-84. doi: [10.35406/MI.2022.1.79](https://doi.org/10.35406/MI.2022.1.79)
- Net1: *Source Code Poetry*. Megnyitás: 2023.06.06. URL: <https://www.sourcecodepoetry.com/>
- Net2: *Versszerkesztő*. Megnyitás: 2023.05.29. URL: <https://www.poet.hu/versszerkeszto.php>
- Net3: *Coding with Poetry*. Megnyitás: 2023.05.29. URL: <https://code.org/poetry>
- Net4: „Poet” versíró program. Megnyitás: 2023.05.29. URL: <https://www.poet.hu/versiro.php>
- Net5: *ChatGPT*. Megnyitás: 2023.05.27. URL: <https://chat.openai.com/>
- Simó Ferenc Zoltán (2021): Preliminary Observations on AI Regulation. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, III. évf. 2021/1. szám. 33-59. doi: [10.35406/MI.2021.1.33](https://doi.org/10.35406/MI.2021.1.33)
- Varró Dániel és Baranyai András (2018): *Ha nagy lesznek, szoftverfejlesztő lesznek ...és további 11 izgalmas foglalkozás*. NNG Kft., Budapest. Megnyitás: 2023.05.29. URL: <https://mek.oszk.hu/18100/18109/18109.pdf>



## GENETIKUS ALGORITMUS LOGISZTIKAI ALKALMAZHATÓSÁGA

### Szerző:

Csuta Ákos Koppány  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi  
Egyetem

Dobák Dávid  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi  
Egyetem

Első szerző e-mail címe:  
csuta.akoskoppany@edu.bme.hu

### Lektorok:

Szilágyi Brigitta (Ph.D.)  
Budapesti Műszaki és  
Gazdaságtudományi Egyetem

Szabó Bendegúz  
Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft.

...és további két anonim lektor

### Absztrakt

A XXI. században nincs olyan terület, ahol nem jelent volna meg a mesterséges intelligencia algoritmusok használata. Ezek egyre inkább kutatás tárgyát képezik és az ipar is aktívan érdeklődik irántuk. Cikkünkben egy evolúciós algoritmus, a genetikus algoritmus használatával végezzük el egy logisztikai feladat optimalizációját. Az eredmények kiértékelése során kitérünk a program gyakorlati megvalósíthatóságára is.

**Kulcsszavak:** evolúciós algoritmus, genetikus algoritmus, optimalizáció

**Diszciplínák:** mérnöki tudományok, informatika

### Abstract

#### *LOGISTICAL APPLICABILITY OF GENETIC ALGORITHM*

There is no such field in the 21st century, which is not using the artificial intelligence algorithms. These are even more researched topics and the industry is actively enquiring. In our article we use an evolution algorithm, namely the genetic algorithm for solving a logistic problem. During the evaluation of the results, we emphasize the practical implementation.

**Keywords:** evolution algorithm, genetic algorithm, optimization

**Discipline:** engineering, informatics

Csuta Ákos Koppány és Dobák Dávid (2023): Genetikus algoritmus logisztikai alkalmazhatósága. *Mesterséges Intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 21-34. doi: 10.35406/MI.2023.1.21

A XXI. században szinte már nincs olyan mérnöki terület, ahol ne kapnának szerepet a különböző mesterséges intelligencia és optimalizációs algoritmusok. A feladatok és munkafolyamatok ilyen módon történő optimalizálása rendkívül gyümölcsöző lehet. Kiváló példa erre az öbölháborúban (1991) használt DART nevű mesterséges intelligencia program, mely nagyobb megtakarítást eredményezett pusztán a logisztikai műveletek összehangolásával, mint a DARPA 30 éves AI kutatásra fordítandó költségvetése (Hedberg, 2002).

A legelterjedtebb ezen algoritmusok közül a neurális hálók (CNN, Convolutional Neural Network, ill. DNN, Deep Neural Network). Ennek oka, hogy kevés tudással rövid idő alatt igen magas szintű alkalmazást lehet megvalósítani, emellett a vizuális analógia miatt is népszerű (a hálózat felépítése és működése bizonyos fókig hasonlít az emberi agy működésére és felépítésére). A legjobban használható hálózatok alkalmazásához igen mély valószínűségi számítási ismeretek szükségesek (lásd például: Murphy, 2012).

A másik elterjedt csoportba tartoznak a metaheurisztikus módszerek közé sorolható evolúciós algoritmusok (genetikus algoritmus, bakteriális algoritmus, evolúciós stratégia stb.). Cikkünkben egy ilyen technika, a genetikus algoritmus gyakorlati alkalmazhatóságát járjuk körül. Ez az algoritmus az állati evolúciót modellezi és jól használható optimalizálásra (lásd: Mitchell, 1998). A téma aktualitása miatt a logisztika területét választottuk az algoritmus demonstrálásához. A csomagszállítás egyre na-

gyobb méreteket ölt a világ minden pontján, így hazánkban is – például: FoxPost (Net1), Magyar Posta. A tengerentúlon az egyik legnagyobb céggé nőtte ki magát az amerikai óriásvállalat, az Amazon. Ennél a cégnél már most is aktívan használnak optimalizációs eljárásokat és mesterséges intelligenciát igénylő alkalmazásokat – például önvezető targonca robotot (Clark, 2022). A trendek szerint tehát ezen a területen is egyre fontosabb az MI. Az általunk vizsgált probléma egy raktárhelyiség optimális kitöltése lesz, ahol a csomagok elrendezését genetikus algoritmus valósítja meg.

Cikkünk felépítése a következő: e bevezetőt követő második szakaszban bemutatjuk a genetikus algoritmust és az alkalmazásához szükséges fontosabb összefüggéseket. A harmadik szakaszban definiáljuk a problémát és az algoritmus bemenetéhez szükséges alakra hozzuk. A negyedik szakaszban bemutatjuk az általunk használt algoritmust, az ötödikben pedig a kapott eredményeket. A hatodik, záró szakaszban pedig értékeljük ezeket, külön kitérve a megvalósíthatóságra.

### **A genetikus algoritmus (elméleti összefoglaló)**

A genetikus algoritmusok tehát az evolúciós algoritmusok (Bäck és Schwefel, 1993) közé sorolandók. Ezekről általánosan elmondható, hogy a darwini evolúciót, mint alapsémát felhasználva oldanak meg optimalizációs feladatokat. Mégis, talán a genetikus algoritmusok azok, amelyeknél a leg-

erősebben tetten érhető ez a fajta viselkedés. Ezt a nagyon erős kötődést tükrözi az elterjedt, egyértelműen a biológia szakszavakból származtatott terminus technicus is. Ennek alapfogalmain keresztül ismeretjük röviden a genetikai algoritmusokat.

Tetszőleges optimalizációs algoritmust tekinthetünk úgy, mint a problémára adott lehetséges megoldások előállításának iteratív sorozatát. Míg egy klasszikus, nem evolúciós algoritmus jellemzően egy megoldást állít elő minden iterációban, egy genetikai algoritmus egy számos példányból álló megoldáshalmazt ad. Ezek összességét populációnak nevezzük. Ekkor persze azt mondhatjuk el, hogy ennek a populációnak a „legjobb” példánya konvergál az optimális megoldáshoz. Ez, ahogyan az alább a gyakorlati példán is bemutatásra kerül, ebben a formában nem helytálló maradéktalanul – ezt a megfelelő helyen tárgyaljuk részletesebben.

Adódik a kérdés, miként fogalmazható meg egy egyed „jósa”. Erre a célra definiálható egy úgynevezett rátermettségi vagy, ahogy az angol eredetijéről magyarázva gyakran használatos: fitness függvény. Ennek konkrét felírása persze feladatfüggő, de általánosan elmondható róla, hogy a populáció minden egyedéhez hozzárendel egy „jósaági tényezőt”, amely aztán lehetővé teszi az egyedek rangsorolását. Utóbbira számos eljárás ismert, ezek közül kizárólag a rátermettség-arányos szelekciót alkalmazzuk. Ez a rendezés határozza meg azt, hogy az aktuális populáció mely példányai vesznek részt a következő generáció előállításánál. Jól látható az evolúcióval való pár-

huzam, hiszen a természetben is a leg-  
rátermettebb egyedek génjei öröklődnek tovább a legnagyobb eséllyel. Fontos felismerésre vezet az előző mondat: egy példány a génjeivel írható le. Ahhoz tehát, hogy implementálható legyen a genetikai algoritmus, szükséges egy megfelelő kódolás meghatározása, amely minden az egyedre jellemző releváns tulajdonságot egy karakter-sorra képez le.

Az így felírt genotípus már alkalmas arra, hogy variálásával új példányokat hozunk létre. A biológiában ismert fogalom a kromoszomális átkeresztesződés, ezzel analóg módon valósul meg az új egyed genotípusának előállítása. A legegyszerűbb esetben ez annyit tesz, hogy két szülő génsorozatát a megfelelő helyen egyenként elfelezzük, majd egymással rekombináljuk. Ettől eltérő, például többpontos vagy egyenes keresztezés is elterjedt. Ezeket azonban, mivel általunk való alkalmazásukra nem került sor, itt csupán megemlítjük.

Szülőknek persze azokat az egyedeket választjuk, amelyek a korábban leírt rangsorolás szerint jobb tulajdonságokkal bírnak. Ezzel azonban nem garantálható az, hogy előáll az optimális megoldás. Fennáll ugyanis a veszélye annak, hogy egy lokális optimumtól nem képes elszakadni algoritmusunk. Azaz előáll egy olyan példány, amelyhez közeli egyedek nála rendre rosszabbak, hiába létezik nagyobb távolságra nála jobb fitness értékű megoldás. Ennek kiküszöbölésére a rekombináció mellé bevezetjük a mutációt, mint operátort. Akárcsak a természetben, itt is egy

véletlen génmódosulásról van szó. Azaz a populáció egyes példányainak valamely génjét vagy génjeit véletlenszerűen megváltoztatjuk.

Egy új generáció létrehozására jellemzően azt jelenti, hogy az előző generáció legjobb megoldásai mellé emelünk annyi új példányt, hogy a populáció egyedszáma ezáltal elérje az előírt értéket.

### **A probléma definiálása és analóg rendszerek**

A mesterséges intelligencia algoritmusok alkalmazásának egyik legnehezebb lépése a problémakör oly módon történő definiálása, hogy az valóban algoritmizálható legyen. Az emberek számára egyszerű feladatok egy számítógép számára rendkívül bonyolulttá is válhat, a számítógépek viszont ezredmásodpercek alatt elvégznek egyszerű számításokat, ami egy ember számára megoldhatatlan feladat (Hassan és Rizvi, 2019). Jó példa erre az arcfelismerés, hiszen míg ez egy ember számára egyszerű és mindennapos dolog, addig egy gép (alkalmas bemenet kialakítása nélkül) nem tud mit kezdeni a problémával. Megfelelően definiálva viszont egyszerűvé válik a feladat: egy lehetséges megoldást jelent a Haar Alfréd magyar matematikusról elnevezett Haar-kaszád használata (Viola és Jones, 2001). Az algoritmus ún. feature-öket keres egy képen (általában éleket), és ezek alapján képes klasszifikálni a képen látható tárgyat/embert. Ez egy arcfelismerés esetén a szemöldököket, szájat, orrot stb. jelenti.

Látható tehát, hogy a feladatot algoritmizálhatóvá és jól definiálttá kell tenni, hogy egyáltalán bármilyen MI algoritmus kiválthassa az emberi operátort. A problémát érdemes összehasonlítani már létező megoldásokkal. A raktárkitöltés feladat egy 3 dimenziós probléma, melynek 2 dimenziós megfelelői az ún. parkettázási problémák. Sok játékot ihlettek meg az ilyen problémák, ahol a darabokkal általában teljes (tökéletes) lefedést szükséges elérni, ilyenek például a népszerű tangram kirakósok. Az előzőnél is jobb példa a Tetris nevű videójáték: ebben a játékosnak felülről érkező, különböző geometriai alakzatokat kell minél sűrűbben pakolva elhelyezni. A játék fokozatosan gyorsul és egy idő után a játékos nem tudja elég gyorsan kitalálni a következő alakzat legjobb helyét és így az szuboptimális helyre kerül. Az így halmozódó hibák a munkaterület túlsordulását, ezáltal a játék elvesztését eredményezik. A Tetris az általunk megoldani kívánt probléma tökéletes 2 dimenziós megfelelője. A játékhoz éppen az általunk is vizsgált genetikai algoritmus segítségével készítettek agent-et, amely a játék világrekordját is képes megdönteni (Bui, 2020).

A raktároptimalizációs feladat megoldása során ezért a következő feltételezésekkel élünk:

- a raktározási térfogat téglatest alakú,
- a raktározandó csomagok szintén téglatest alakúak,
- mind a raktározási térfogatot mind a csomagokat reprezentáló téglatestek élhossza valamilyen egység egész számú többszöröse,



- az egyes megoldások (elrendezések) között prioritás definiált.

Ezekkel a probléma már algoritmizálva megoldható.

### Genetikus algoritmus megvalósítása

A korábbiakban ismertettük, milyen megfontolások és általános sémák mentén építhető fel egy genetikus algoritmus, mint optimalizációs eljárás. Ebben a fejezetben azt mutatjuk be, hogy mindezt miként implementáltuk az adott probléma esetében.

Elsőként azt kell megfontolni, hogy miként írható fel egy példány, azaz milyen tulajdonságait és hogyan kódoljuk, előállítva így fenotípusát.

Adott egy alaphalmaz, mely tartalmazza a „rakodó térben” elhelyezni kívánt „dobozokat”. Egy példány, azaz egy megoldás szükségszerűen azt írja le, hogy mely „dobozok” kerültek kiválasztásra és pontosan hol helyezkednek el a térfogatban. Ez a térfogat – derékszögű koordináta-rendszerben véve – az egyszerűség kedvéért essen a pozitív térfogadba és illeszkedjen a tengelyekre, azaz egyik csúcsa legyen az origó. Ekkor könnyedén számszerűsíthető egy-egy doboz helyzete. A pozíció egyszerűen megadható a dobozokat egyetlen pontjukkal reprezentálva, ez a pont implementációinkban rendre a téglatestek origóhoz legközelebb eső csúcsa. Ez azt jelenti, hogy a dobozok helyzete kódolható három változó segítségével, amelyek rendre a kitüntetett pont koordinátái. Egy „doboz” helyzetének leírása nem merül ki ennyiben,

hiszen egy pontja mellett meg kell adnunk orientációját is. Megjegyezzük, hogy ezt az orientációt csak a tengelyek körül vett 90 fokos forgatások kompozíciójával állítottuk elő. Nem vezettünk be további géneket az irányultság leírására, ehelyett az alaphalmazból létrehoztunk egy bővített halmazt. Ez tartalmaz minden „dobozt” minden szabályos orientációval. Arra természetesen tekintettel kell lennünk, hogy egyazon „doboz” több különböző orientációban nem kerülhet a „rakodó térbe”. A tárgyalat mellett egyetlen további géntípust vezettünk be annak kódolására, hogy a példány tartalmazza-e a bővített halmaz adott elemét.

A fenti megfontolások alapján levezethető, miként valósítható meg a fenotípus kódolása. Legyen  $V$  a „rakodó tér”, azaz a megtöltendő térfogat, melynek oldalhosszúságait jelölje rendre  $v_x$ ,  $v_y$  és  $v_z$ . Hasonlóan legyen  $A = (a_x, a_y, a_z)$  egy „doboz”.

Azaz az alaphalmaznak egyetlen eleme van. A korábban tárgyalta szerint ezt a halmazt bővítjük ki olyan módon, hogy az így kapott halmaz minden megkülönböztetett orientációban tartalmazza az alaphalmaz elemeit – példánkban elemét. Könnyen belátható, hogy ez összesen hat különböző téglatestet állít elő. Ez a megállapítás általánosan is igaz: az alaphalmaz minden eleméhez hat elem tartozik a bővített halmazban. A vizsgált példához visszatérve, előállt tehát egy hatelemű halmaz.

A következő lépés a példány génkészletének definiálása. Arról már szó esett, hogy milyen gének definiálják a példányt. Emlékeztető gyanánt és további részletezés

nélkül: három gén írja le az adott téglatest origóhoz legközelebb eső csúcsának koordinátáit, illetve egy további gén fejezi ki azt, hogy az elem kiválasztásra került-e. Látható tehát, hogy egy példány teljes fenotípusát a bővített halmaz minden eleme után négy gén alkotja. Ez természetesen azt is jelenti, hogy az alaphalmaz minden eleme 24 gént ad a példány teljes génkészletébe. Minthogy az egyes gének valójában egy-egy változót jelentenek, szükséges annak meghatározása, hogy ezek milyen értékeket vehetnek fel.

A kiválasztott csúcs koordinátáit reprezentáló génekre – ezeket jelölje  $A_x, A_y, A_z$  – vonatkozó kényszer egyszerűen adódik. Ahhoz, hogy a „doboz” a kijelölt térfogaton belül maradjon, feltétlenül teljesülnie kell a következő egyenlőtlenségnek:

$$0 < A_i < v_i - a_i \\ i \in \{x, y, z\}$$

Az egyszerűség kedvéért feltételeztük továbbá, hogy:

$$A_i, v_i, a_i \in \mathbb{Z}$$

A választ arra a kérdésre, hogy pontosan mit von maga után az egyenlőtlenség jobb oldalának negativitása, egyelőre függőben hagyjuk.

Egyértelműnek látszik a negyedik gén felírása, amely vagy csak 0, vagy csak 1 lehet függően attól, hogy az adott „doboz” a „rakodó felületre” került vagy sem. Ez a leírás önmagában nem elégséges, alkalmaznunk kell egy megszorítást. Elképzelhető ugyanis, hogy a téglatest valamely éle hosszabb a „rakodó tér” megfelelő dimenziójánál. Egyszerűen megfogalmazva ez annyit tesz, hogy az adott „doboz” az adott orientációban nem fér el, nem helyezhető el

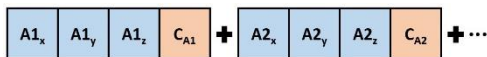
a céltérfogatban. Az ilyen elemek kiválasztottságot reprezentáló génjéhez, hogy hatékonyabb legyen algoritmusunk, feltétlenül 0 értéket rendelünk. Ezzel választ adtunk arra a korábban nyitva hagyott kérdésre is, hogy miként szükséges eljárni abban az esetben, ha:

$$v_i - a_i < 0$$

Megjegyezzük, hogy az ilyen elemeket el is távolíthatnánk halmazunkból, ám megfelelően implementált algoritmus esetén ezzel azonosan eredményes az alkalmazott eljárás.

Az 1. ábra egy példány fenotípusának egy részletét mutatja. Megfigyelhető a bővített halmaznak az alaphalmaz  $A$  eleméhez tartozó  $A1$  és  $A2$  elemére vonatkozó négy-négy gén szekvenciája. A 2. ábra az egyes génekhez rendelhető értékeket szemlélteti.

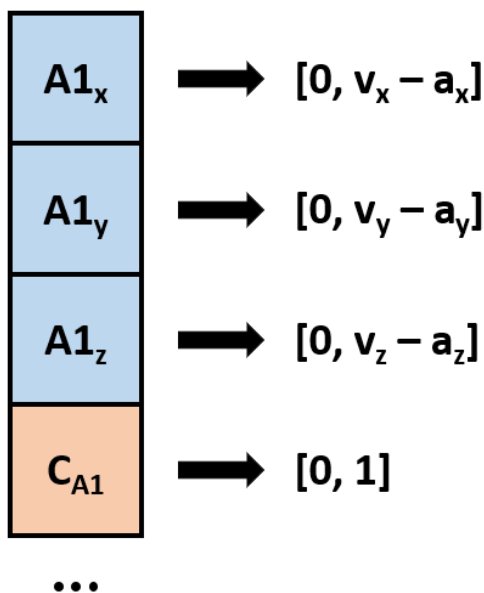
1. ábra: Gének szerkezete (forrás: a Szerzők)



Adott tehát, hogy miként írható le egy példány. Az így felírt példányok sokasága megad egy generációt. Genetikus algoritmusról lévén szó, szükséges a példányok rangsorolására alkalmas viszonzyszám meghatározása. Ebben a bekezdésben az erre szolgáló fitnessz-függvényt ismertetjük.

A példányok rendezéséhez olyan függvény definiálása szükséges, amely egy lehetséges megoldáshoz annak „jóágát” rendeli. Ez valóban igaz, ám kevésbé praktikus. Az előző állítás helyett alkalmazzuk azt a meg-

2. ábra: Az egyes gének értékkészlete (forrás: a Szerzők)



közelítést, hogy egy példányhoz hozzárendeljük, mennyire „rosszul” felel meg. Ekkor a „legjobb” megoldás természetesen a legkevésbé „rossz” egyed. Jó és rossz persze szubjektív, de jelen feladat kapcsán jól körülhatárolható fogalmak. Belátható, hogy nagyon rossz megoldás az, amely a bővített halmaz több olyan elemét is tartalmazza, melyek egyazon alaphalmazbeli elemhez tartoznak. Ugyancsak nagyon rossz az a megoldás, amely olyan koordinátákat rendel a tartalmazott „dobozok” kitéüntetett csúcsához, hogy az egymást metsző testeket eredményez. Egyértelműen adódik, hogy ilyen megoldásról beszélhetünk, ha a kiválasztott objektumok egyenként vett térfogatainak összege nagyobb, mint a berendezett elemek összessége által

alkotott test térfogata. A multiplikációktól terhelt és metsző téglatesteket tartalmazó megoldások nyilvánvalóan elfogadhatatlanok is egyúttal.

Egy további „jósági faktor” annak mértéke, hogy a kiválasztott és a „rakodó térben” elhelyezett testek összes térfogata mennyivel marad el a teljes rendelkezésre álló térfogathoz képest. Ellentétben az előző két esettel, az itt megfogalmazott „jóság” már nem az adott megoldás elfogadhatóságára, hanem az elvben megfelelő megoldások összehasonlíthatóságára szolgál. Ezzel összefoglaltuk a definiálandó fitness-függvény minden tényezőjét. Látható, hogy minden egyes faktor könnyen számszerűsíthető. A multiplikációk számát jelölje  $\alpha$ . Az egyenkénti és az egybevont térfogatok különbségét reprezentálja  $\beta$ . A „rakodó tér” betöltöttségének mértékét leíró változó legyen  $\gamma$ . Ekkor egy megoldásra felírható a fitness-függvény:

$$f = -\lambda_1 \cdot \alpha - \lambda_2 \cdot \beta - \lambda_3 \cdot \gamma$$

Az itt megjelenő,  $\lambda$ -val jelölt „büntetések” értékét úgy választottuk meg, hogy a fent leírtakat tükrözzék. Ennek megfelelően:

$$\lambda_1 \gg \lambda_2 > \lambda_3$$

Erre azért van szükség, hogy egy elvben helyes megoldás mindenkor előnyt élvezzen olyan példányokkal szemben, amelyek kivitelezhetetlenek a gyakorlatban. A megvalósítható példányok közötti sorbarendezhetőség persze ekkor sem szenved csorbát.

Adott tehát a gének kódolása és a fitness-függvény, ezután felírható maga a megoldáskereső algoritmus is. Hozzunk létre egy kiindulási generációt, azaz példányok egy

meghatározott számú sokaságát. Hattassuk a fitness-függvényt a teljes populációra, azaz rendeljük hozzá minden egyedhez annak „jóságát”. Rendezzük sorba az egyedeket jóságuk szerint. Állítsuk elő az új generációt olyan módon, hogy a rangsorolt példányok felét megtartjuk, majd a populációt feltöltjük új egyedekkel. Ez utóbbiakat az előző generációból megtartott példányok egyponos keresztezésével kapjuk. Az eredeti genotípust mindig ugyanott választjuk ketté, még hozzá a génszekvencia felénél. Ezután a mutációk következnek. Az új egyedek egyes véletlenszerűen kiválasztott génjeit megváltoztatjuk. Természetesen nem arról van szó, hogy ezen génekhez teljesen tetszőleges értékeket rendelünk. A mutáció olyan formán valószínűsít meg, hogy annak nyomán az adott gén egy véletlen, de a korábban ismertetett értékkészletbe eső számot hordozzon. Ezzel előállt az új generáció. A populációra újra alkalmazzuk a fitness-függvényt, ami alapján aztán rangsoroljuk az egyedeket, majd végrehajtunk minden további, fenntebb ismertetett lépést.

Kérdés, meddig ismétljük ezt újra és újra. Az egyik lehetőség a generációk számának előírása, ekkor tehát előre definiáljuk, hány iterációt hajtson végre az algoritmus. Ez minden esetben lehetséges, de nem túl hatékony módszer. Egyes esetekben a szükségesnél több ideig futhat az algoritmus, míg máskor fennállhat, hogy a megadott lépésszám mellett nem állítja elő az elérhető legjobb megoldást.

A másik megközelítés szerint valamilyen leállási feltételt fogalmazzunk meg. Például:

álljon meg a keresés, ha az aktuális populáció legjobb egyedének rátermettsége elér egy meghatározott értéket. Ez egy lehetséges megoldás, de nem alkalmazhatjuk, ha az elérhető legjobb megoldás fitness-értéke ismeretlen. Jelen példában akkor lenne jól használható ez a leállási feltétel, ha tudnánk, hogy előállítható olyan példány, amihez a fitness-függvény 0 értéket rendel. Másként megfogalmazva, ha biztosak lennénk abban, hogy a „rakodó tér” teljes mértékben és résmentesen feltölthető „dobozokkal”. Mivel tetszőleges alaphalmazra alkalmazható algoritmust kívánunk létrehozni, más megoldást választottunk. Implementált algoritmusunkban akkor kerül sor a ciklusból való kilépésre, ha az újonnan előálló populáció legjobb példányának rátermettsége már nem mutat emelkedést, vagyis megadott számú iteráción keresztül rendre azonos. Ez a példány lesz az algoritmus feladatra adott megoldása.

Az algoritmus leírásában egyes változók, például a populáció nagyságának esetében úgy fogalmaztunk, hogy értékük „megadott”. Ezeknek a paramétereknek tetszőlegesen adhatunk értéket, helyes megválasztással az algoritmus hatékonyságát befolyásolhatjuk. Ennek részletesebb kifejtése az eredményekkel foglalkozó szakaszban olvasható.

### **Eredmények bemutatása**

Az implementált algoritmust számos paraméter-kombinációval és alaphalmazzal teszteltük. Ezek kimerítő összefoglalása

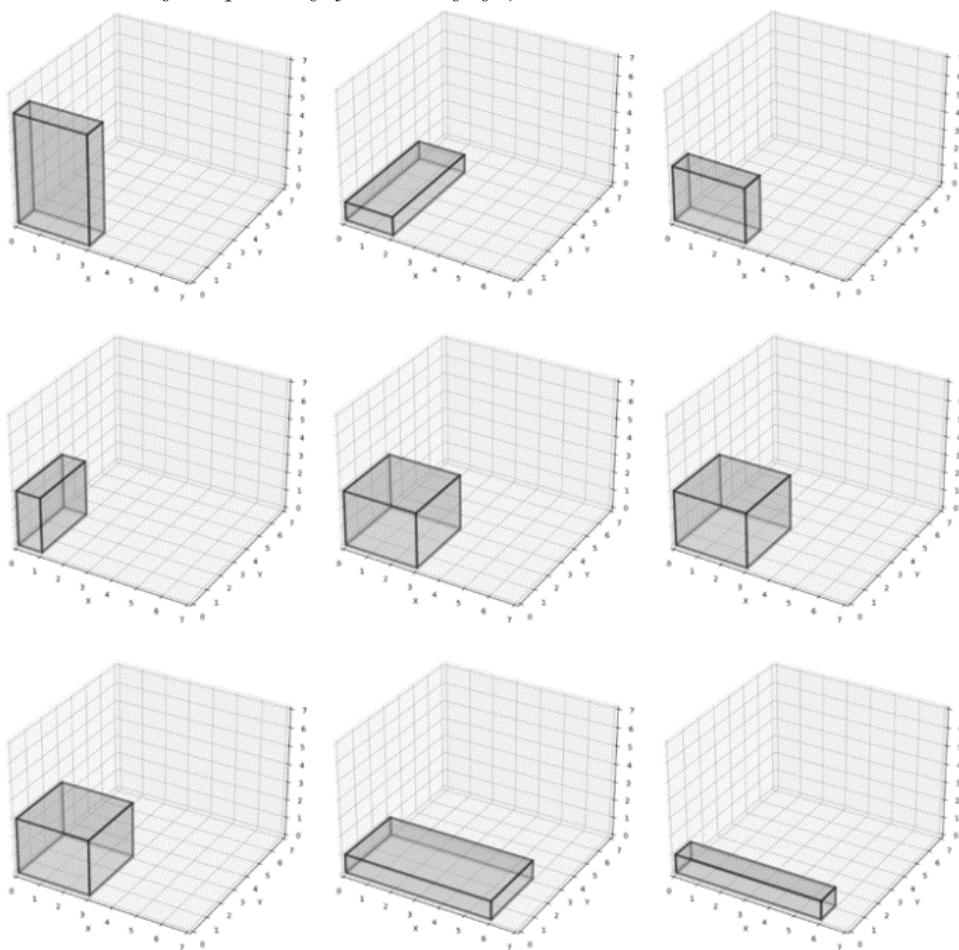
helyett egyetlen szemléletes példán mutatjuk be a kapott eredményeket.

Legyen adott egy olyan „rakodó tér”, melyet rendre (6, 4, 4) oldalhosszakkal jellemezhetünk. Emellett „dobozaink” alkossák a 3. ábrán látható alaphalmazt.

Kis gondolkodás után ez a probléma megoldható gépi segítség nélkül is, és be-

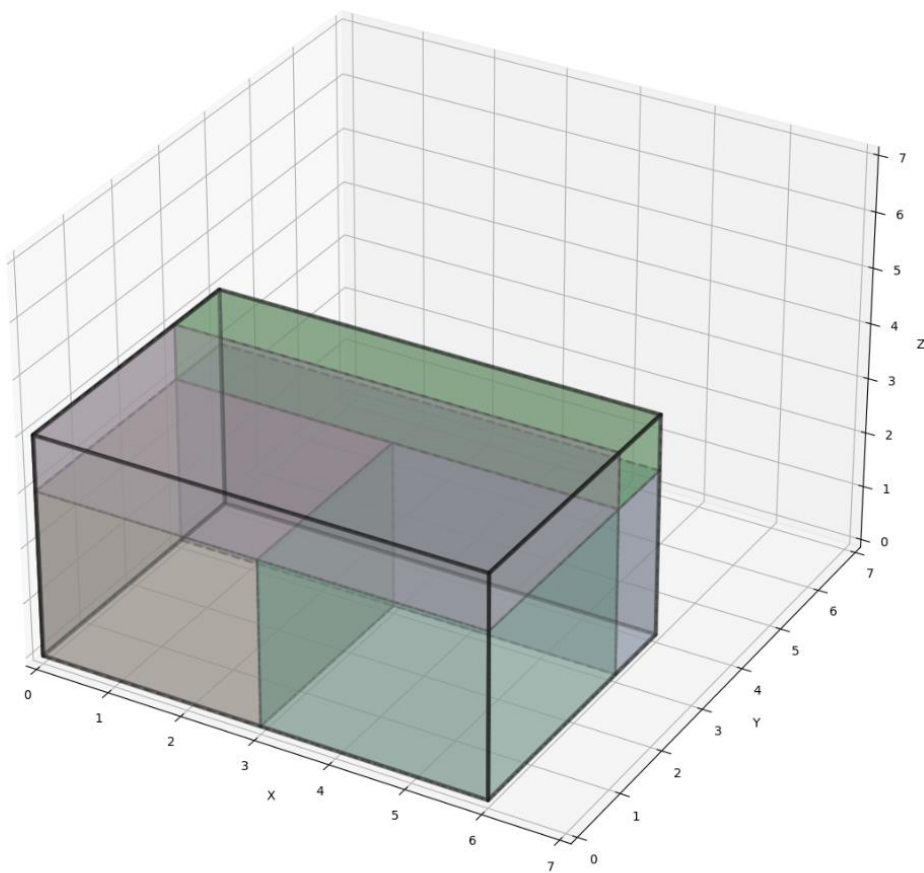
látható, hogy a „rakodó tér” teljesen feltölthető a „dobozok” egy megfelelő kombinációjával. Azaz azt az elvárást fogalmazhatjuk meg az algoritlussal szemben, hogy állítson elő olyan egyedet, melyre hivatva a fitness-függvényt 0 adódik. Ennek tesztelése megkívánja bizonyos paraméternek a megadását.

3. ábra: Dobozok alaphalmaza (forrás: a Szerzők)



Rögzítendő a populáció mérete, az aktuális generációból megtartott és szülővé emelt egyedek száma, valamint a mutációk száma. Ezek megválasztására visszatérünk, kezdetben fogalmazzunk úgy, hogy egy kellően jó kombinációt választottunk. Ekkor az algoritmus a 4. ábrán látható elrendezést javasolta.

4. ábra: A példa megoldása (forrás: a Szerzők)



Látható, hogy ezt a megoldást kerestük. Pontosabban fogalmazva, ez egy olyan megoldás, amelyet kerestünk. Belátható, hogy ugyanezen elemeket felhasználva más elrendezés is tökéletes megoldást ad. A keresés tehát sikerrel járt. Az algoritmus hasonlóan eredményes más alaphalmazok esetén is.

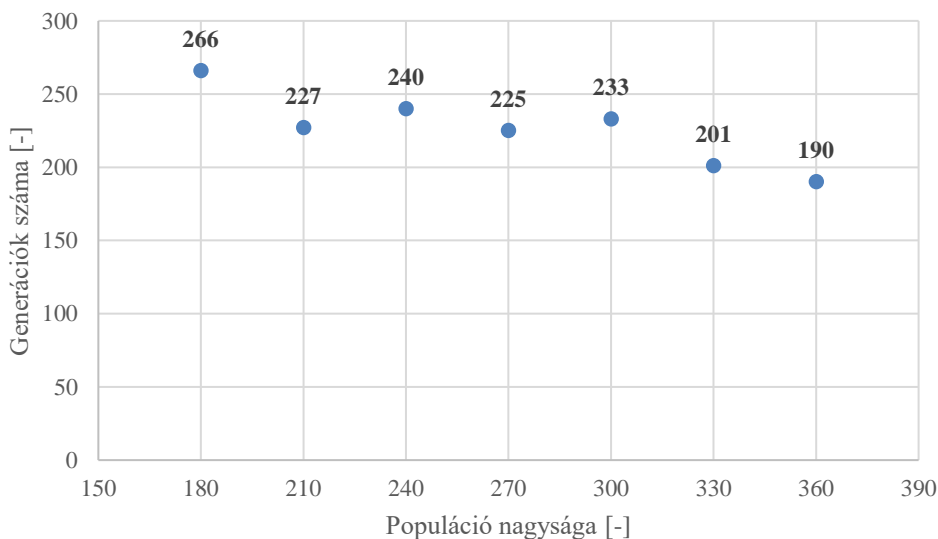
A következő kérdés, amely válaszra szorul, a paraméterek megválasztására vonatkozó. Ez azért fontos, mert a megvalósított algoritmustól nem csupán eredményességet, hanem jó hatékonyságot is elvárunk. Azaz azt, hogy az optimális megoldás minél hamarabb előálljon.

Elsőként tekintünk azt a számot, ami megadja, egy új generáció előállításakor az előző egyedek közül hányat tartunk meg és alkalmazunk szülőként. A vizsgálat során a populáció nagysága és a mutációk száma

állandó volt. Mivel olyan szabályszerűséget nem találtunk erre a paraméterre vonatkozóan, ami azonosan jól alkalmazható lenne minden esetre, egy egyszerűsítéssel éltünk. Minden esetben úgy jártunk el, hogy az aktuális populáció egyedeinek – természetesen jobb – felét tartottuk meg. Ez viszonylag jó kompromisszumnak mutatkozott a kisebb és a nagyobb bonyolultságú feladatokra is.

A második vizsgálandó paraméter a populáció nagysága, tehát az a szám, ami megadja, egy generáció hány egyedösszege. Az 5. ábra mutatja, hány generáció létrehozása volt szükséges a korábbi példa esetében ahhoz, hogy előálljon a keresett megoldás. A megjelenített értékeket egyenként 10 futtatásra kapott eredmények átlagolásával, illetve egészre kerekítésével képeztük.

5. ábra: A létrehozott generációk száma a populáció nagyságának függvényében (forrás: a Szerzők)



Látható, hogy bár nem szigorúan monoton módon, de mégis csökkenő trendet mutatnak az értékek. Ebből – tévesen – azt a következtetést vonhatnánk le, hogy minél nagyobb populációk alkalmazása a legkedvezőbb megoldás. Belátható azonban, hogy elsődleges fontossága nem annak van, hány generáció létrehozása szükséges a legjobb megoldás előállításához. Sokkal relevánsabb információ az ehhez szükséges futási idő. Természetes, hogy egy nagyobb méretű populáció egy-egy generációjának létrehozása, kiértékelése és rangsorolása több időt vesz igénybe, mint ugyanezen lépések elvégzése kisebb egyedszám mellett. Az 1. táblázat éppen ezt példázza.

1. táblázat: Generációk száma és futtatási idő (forrás: a Szerzők)

Populáció mérete [-]	Generációk száma [-]	Futási idő [s]
210	227	5,19
360	190	8,12

Noha a nagyobb populáció kevesebb iterációban jutott el az optimális megoldásig, ahhoz jóval több időre volt szüksége. Éppen ezért az első paraméterezést tekintjük kedvezőbbnek. Megjegyezzük, hogy – a létrehozandó generációk számával ellentétben – a futási időt erősen befolyásolja a használt futtatókörnyezet sebessége. Az adatok és az abból levont követke-

zetések így csupán a rendelkezésünkre álló erőforrások mellett érvényesek.

A harmadik paraméter a mutációk száma. Valójában itt két paramétréről is beszélhetünk. Az egyik azt írja le, az előállított egyedek mekkora hányada szenved el mutációt, illetve egy másik azt, hogy a mutáció hány gént érint. Az implementált algoritmusban minden újonnan létrehozott egyedden alkalmaztunk mutációt, így a folyamat egy paraméterrel – a gének számára vonatkozóval – leírható. A bemutatott példában az alaphalmaz 9 elemből áll, így a bővített halmaz 54-ből, ami a korábban ismertetett módon 216 génből álló genotípust eredményez. A mutációk száma azt mutatja meg, hogy ebből a 216-ból hány génhez rendelünk véletlenszerűen egy új szabályos értéket minden egyes létrehozott egyedben. Ez nem egészen egyenértékű azzal a megfogalmazással, hogy hány gént változtatunk meg az egyed fenotípusában, hiszen az új érték bizonyos valószínűséggel egyezik a korábban hordozottal.

A megfelelő szám megtalálása nem bizonyult egyszerű feladatnak. Túl nagyok vagy túl kicsinek megválasztva a mutációk számát egyaránt ronthatunk az eredményességen és a hatékonyságon. Könnyedén lokális optimumokban ragadhat algoritmusunk, vagy éppen az elfogadhatónál sokkal lassabban éri el az abszolút legjobb megoldást.

A sokat taglalt példa esetében a mutációk számát 20-nak választottuk. Általános esetben a 216-ra rögzített értéket tekintettük referenciának és az 2. táblázatnak megfelelő módon igazítottuk az adott feladathoz.



Megjegyezzük, hogy a 216 alatti tartomány nagyon kis alaphalmazokból áll elő, mely esetek vizsgálatától eltekintettünk.

2. táblázat: Mutációk száma a gének számának függvényében (forrás: a Szerzők)

Genotípus hossza [-]	Mutációk száma [-]
[216; 432]	20
[432; 648]	25
[648; 864]	30
...	...

Egy további számhármadról is beszélhetünk, mint az implementált algoritmus paramétereiről. Ezek pedig a fitness-függvény egyes tényezői. Ezeket a „büntetések”, alkalmazva korábbi eljelölésüket, a következőképpen választottuk meg:

$$\lambda_1 = 100000$$

$$\lambda_2 = 10$$

$$\lambda_3 = 1$$

Összefoglalva a leírtakat, a példa a 3. táblázat szerinti paraméterekkel került megoldásra.

3. táblázat: Paraméterkészlet (forrás: a Szerzők)

Paraméter	Érték [-]
Populáció nagysága	20
Szülő egyedek száma	40
Mutációk száma	60
Fitness-függvény tényezői	10000
	10
	1

### Konklúziók

Az algoritmus megvalósítása sikeres volt, tesztelése megmutatta, hogy képes a megfogalmazott feladat elvárt módon történő megoldására. Az implementálás során megmutatkozott, milyen érzékeny az eljárás egyes állandóinak megválasztására. Ezen paraméterek hangolására hatásos és nem iteratív eljárást nem találtunk, ez pedig sarkalatos pontja a módszer alkalmazhatóságának.

Emellett elmondható, hogy számos kihívást rejt még magában a vizsgált probléma. Szándékunkban áll a paraméterek helyes megválasztásának további vizsgálata, hogy az alaphalmaz elemszámának nagyságától mindinkább független legyen az algoritmus hatékonysága. Jelenleg is dolgozunk egy olyan algoritmus kidolgozásán, ahol több fázisból áll az „evolúció”, és az egyes szakaszok eltérő paraméter-készletekkel operálnak. Másfajta megközelítéssel fogunk élni a mutációk kapcsán is: eltérő valószínűséget rendelünk a dobozok kiválasztására és pozíciójára vonatkozó gének megváltoztatására. Azt reméljük, hogy ezáltal egy a már megvalósítottnál is hatékonyabb algoritmus áll elő.

Továbbá szeretnénk átlépni a már megvizsgált feladat határain is. A „dobozokhoz” további jellemzőket fogunk rendelni, mint például azok tömegét és szállítmányozásuk prioritását, ezzel téve komplexebbé és valóságközelibbé a problémát. Bár algoritmusunk már jelen formájában is alkalmas a megfogalmazott optimalizációs feladat elvégzésére, a gyakorlatban felhasználhatóvá ezen kiegészítések után válhat.

Távlati cél egy megfelelő hardveres környezet kialakítása, mely alkalmas a csomagok katalogizálására, és az algoritmus által előírt berakodás megvalósítására. Ezzel pedig eljutunk egy jól hasznosítható, korszerű, intelligens rendszer megalkotásához.

### Irodalom

- Bui, D. A. (2020). Beating the world record in Tetris (GB) with genetics algorithm. Letöltés: 2023.03.23. Web: <https://towardsdatascience.com/beatng-the-world-record-in-tetris-gb-with-genetics-algorithm-6c0b2f5ace9b>
- Bäck, T., és Schwefel, H. P. (1993). An overview of evolutionary algorithms for parameter optimization. *Evolutionary computation*, 1(1), 1-23.
- Clark, M. (2022). Amazon announces its first fully autonomous mobile warehouse robot. Letöltés: 2023.03.23. Web: <https://www.theverge.com/2022/6/21/23177756/amazon-warehouse-robots-proteus-autonomous-cart-delivery>
- Hassan, M. A., és Rizvi, Q. M. (2019). Computer vs human brain: An analytical approach and overview. *Computer*, 6, 580-583.
- Hedberg, S. R. (2002). DART: Revolutionizing logistics planning. *IEEE Intelligent Systems*, 17(3), 81-83. DOI: 10.1109/MIS.2002.1005635
- Mitchell, M. (1998). *An introduction to genetic algorithms*. MIT press. DOI: [10.7551/mitpress/3927.001.0001](https://doi.org/10.7551/mitpress/3927.001.0001)
- Murphy, K. P. (2012). *Machine learning: a probabilistic perspective*. MIT press.
- Net1: Ezer fölé növelné csomagautomatái számát a FoxPost. Letöltés: 2023.04.05. Web: <https://www.vg.hu/logisztika/2022/10/ezer-fole-novelne-csomagautomatai-szamat-a-foxpost>
- Viola, P., és Jones, M. (2001, December). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In *Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. CVPR 2001* (Vol. 1, pp. I-I). Ieee. DOI: [10.1109/CVPR.2001.990517](https://doi.org/10.1109/CVPR.2001.990517)

**NEGYED ÉS FÉL JÁRMŰMODELL IDENTIFIKÁCIÓJÁNAK GP-LFM  
TECHNIKÁVAL VALÓ MEGVALÓSÍTHATÓSÁGA**

**Szerzők:**

Dobák Dávid  
Budapesti Műszaki és  
Gazdaságtudományi Egyetem

Csernák Gábor (Ph.D.)  
Budapesti Műszaki és  
Gazdaságtudományi Egyetem, Műszaki  
Mechanikai Tanszék,  
ELKH-BME Gépek Dinamikája  
Kutatócsoport

Első szerző e-mail címe:  
[dobakdavid@gmail.com](mailto:dobakdavid@gmail.com)

**Lektorok:**

Kollár László E. (Prof. Ph.D.)  
Eötvös Loránd Tudományegyetem,  
Informatikai Kar, Savaria Műszaki  
Intézet

Németh Balázs (Ph.D.)  
Eötvös Loránd Kutatási Hálózat,  
Számítástechnikai és Automatizálási  
Kutatóintézet, Rendszer és  
Irányításelméleti Kutatólaboratórium

és további két anonim lektor...

**Absztrakt**

Napjainkban a dinamikai rendszerek identifikációja a magas minőségi követelmények miatt fontosabb, mint valaha. A járműiparnak biztonságkritikus területként különösen magas az igénye az olyan eljárásokra, amelyekkel leoszoríthatók a tesztelés magas költségei. Mivel Magyarország az egyik legnagyobb járműipari beszállító Európában, a mérnököknek ismerniük kell a korszerű technikákat. Cikkünkben demonstráljuk az ún. Gaussian Process – Latent Force Model (GP-LFM) technika hatékonyságát az egy szabadsági fokú negyed járműmodellen keresztül. Bemutatjuk és egyben általánosítjuk az elméletet több szabadsági fokú rendszerek identifikációjához, amely a későbbiekben lehetővé teszi a komplexebb rendszerek, például a fél járműmodell identifikációját.

**Kulcsszavak:** gépi tanulás, negyed járműmodell, fél járműmodell, GP-LFM, modell identifikáció

**Diszciplínák:** mérnöki tudományok, matematika, informatika

**Abstract***FEASIBILITY OF THE IDENTIFICATION OF QUARTER AND HALF CAR MODELS WITH GP-LFM METHOD*

Nowadays the identification of dynamical systems has become more important than ever because of the high quality expectations. Vehicle industry has high demand for this kind of methods, since it is safety-critical and the testing bears a high expense. Since Hungary is one of the greatest vehicle suppliers in Europe, engineers have to know up-to-date advanced techniques. In our paper we demonstrate the efficiency of the so-called Gaussian Process – Latent Force Model (GP-LFM) technique through the example of a quarter car model. We introduce and generalize the theory for MDoF systems, which allows the identification of more complex systems like the half car model.

**Keywords:** machine learning, quarter car model, half car model, GP-LFM, model identificatio

**Disciplines:** engineering, mathematics, informatics

Dobák Dávid és Csernák Gábor (2023): Negyed és fél járműmodell identifikációjának GP-LFM technikával való megvalósíthatósága. *Mesterséges Intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 35-49. doi: 10.35406/MI.2023.1.35

Az analitikusan levezetett modellek méréssel történő identifikációja már régóta a mérnöki gyakorlat szerves részét képezi. A számítógépek elterjedése segítette a gépi tanulás megjelenését a modellezés ezen lépése során. A számítási teljesítmény növekedése egyre inkább teret adott a bonyolultabb algoritmusoknak, ugyanakkor a mérnökök mindig igyekeztek a lehető legjobban kihasználni a rendelkezésre álló erőforrásokat. Különösen magas az igény a jó modellekre a biztonságkritikus és/vagy költséges alkalmazások esetén – erre tipikus példa a járműipar, azon belül is a gépjárműipar. Magyarországon kiemelkedően

fontos ez a terület, hiszen ez adja a GDP 25 százalékát (Net1). Az autógyártók sokszor nemcsak a termelést, hanem bizonyos K+F jellegű feladatokat is telepítenek hazánkba (Stubnya, 2020). Utóbbi nagyon nagy lehetőséget jelent az ország gazdaságának, hiszen ezek valóban magas hozzáadott értékkel rendelkező munkafolyamatok. Ezért rendkívül fontos, hogy a hazai mérnökök ismerjék a legújabb technikákat, és tudásuk versenyképes legyen a rivális országok mérnökeivel szemben. Cikkünkben egy új típusú, sztochasztikus differenciálegyenleteken (SDE) alapuló gépi tanulási technikát (Gaussian Process –

Latent Force Model, GP-LFM) haszná-lunk modellidentifikációra.

A GP-LFM módszer egy szofisztikált grey-box identifikációs eljárás, amely SSM-SDE (State Space Model – Stochastic Differential Equation) alakban modellezi a rendszert (lásd: Alvarez és tsai, 2009). A modell egy paraméterezett sztochasztikus folyamatot tartalmaz, aminek a paraméterei a mérési adatokkal taníthatók. Emiatt az eljárás különösen alkalmas nemlineáris rendszerek identifikációjára, mivel szinte bármilyen nemlinearitás kinyerhető a mérési adatokból, a nemlinearitás jellegének előzetes ismerete nélkül. Ígéretes eredmények születtek JONSWAP spektrumból (Hasselmann és tsai, 1973) generált gerjesztések esetén – lásd: Rogers és tsai., 2018, 2020). A nemsima rendszerek egy részhalmozát jelentik a szakaszosan folytonos rendszerek (piecewise continuity, lásd még ehhez kapcsolódóan: VSS, Variable Structure System). Ezek identifikációja rendkívül nehéz feladat, de az ilyen rendszerek esetén is alkalmazható GP-LFM technika (ún. switching GP-LFM) is kidolgozásra került (Marino és Cicirello, 2023). A GP-LFM lépéseit jól összefoglaló cikk született, melyben szimulált Duffing-oszcillátoron (kőbös oszcillátor) és benchmark (Silverbox benchmark – lásd: Wigren és Schoukens, 2013) adatokon egyaránt demonstrálták az eljárás hatékonyságát (Rogers és Friis, 2022) egy szabadsági fokú rendszerek esetében.

A módszer működését először az egy szabadsági fokú (SDoF) negyed járműmodellen keresztül mutatjuk be. A gy-

korlatban általában több szabadsági fokú modellek vizsgálatára van szükség, ezért az elméletet általánosítjuk több szabadsági fokú rendszerekre. A szemléletesség kedvéért a levezetést egy két szabadsági fokú fél járműmodellre végezzük el, külön figyelmet szentelve azokra lépésekre, ahol az általánosítás nem triviális.

Bár a mesterséges intelligencia témakörében rendszeresen jelennek meg magyar nyelvű publikációk – ezekről például Russell és Norvig (2005) könyvének magyar nyelvű kiadása tartalmaz összefoglalót –, a legújabb eredmények kizárólag idegen nyelvű publikációkban találhatóak meg. A GP-LFM eljárás kapcsán egyelőre még angol nyelven is kevés a fellelhető szakirodalom, ezért cikkünkkel a módszer magyar nyelven is elérhető szakirodalmát szeretnénk bővíteni.

A cikk felépítése a következő: a negyed járműmodell bemutatása, mozgásegyenletének felírása, valamint az eredmények demonstrációs jellegű bemutatása a következő két szakaszban található. A rákövetkező, negyedik szakaszban a fél járműmodell mozgásegyenletét adjuk meg. Ezután kerül bemutatásra az általánosított GP-LFM módszer, a hatodik szakaszban pedig az ehhez használt gépi tanulás algoritmus kerül levezetésre. A záró szakasz értelmezi a cikk eredményeit és iránymutatást ad a későbbi kutatásokat illetően.

### **Negyed járműmodell mozgásegyenlete**

A cikk esettanulmányához kapcsolódó mechanikai alapismeretek elsajátíthatók

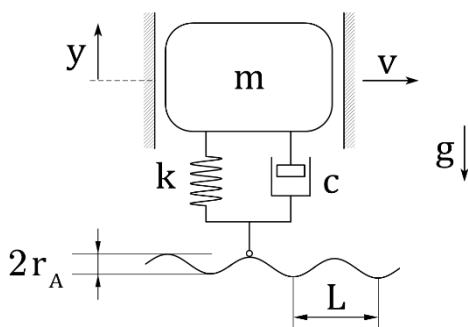
például Genta (2009), Csernák (2018) vagy Csernák és Stépán (2019) műveiből. Utóbbiban megtalálható a cikkünkben használt negyed, illetve fél járműmodell részletes levezetése is, ezért mi itt ettől eltekintünk. A negyed járműmodell (1. ábra) járművek egy szabadsági fokkal történő modellezésére használható. Ez a módszer kevésbé pontos a szofisztikáltabb modellekhez (például: fél járműmodellhez) képest, viszont az egyszerű, egy szabadsági fokú rendszer sokkal kevésbé számításiigényes algoritmust eredményez a gépi tanulás alkalmazása során.

Az 1. ábra jelöléseivel az (1) mozgásegyenlet írható fel:

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = kr_A \sin(\omega t) + cr_A \omega \cos(\omega t). \quad (1)$$

Itt  $m$  a  $v$  sebességgel haladó negyed jármű tömege,  $k$  a felfüggesztés merevsége,  $c$  a csillapítás,  $L$  az út egyenetlenségeinek térbeli periódusa,  $r_A$  pedig az egyenetlenség amplitúdója. A járműre  $\omega = 2\pi v/L$  körfrek-

1. ábra: A negyed járműmodell mechanikai modellje (forrás: Csernák és Stépán, 2019 alapján a Szerzők)



venciájú gerjesztés adódik át az útfelületről. A modellezés a továbbiakban az (1) egyenlet alapján történik. A harmonikus gerjesztés körfrekvenciája és amplitúdója az  $\omega$  és  $r_A$  paraméterekkel állítható.

### A módszer hatékonyságának demonstrációja a negyed járműmodell példájában

Az alábbi szakaszban demonstrációs jelleggel bemutatjuk a GP-LFM technika hatékonyságát a negyed járműmodell példáján keresztül. A módszer – melynek részletes bemutatására és általánosítására az ötödik és hatodik szakaszban kerül sor – azon alapul, hogy a modell ismeretlen paramétereit valamilyen várható értékű és szórási, normális eloszlású véletlen változóknak tekintjük. Az algoritmus a kiindulásként megadott, ún. prior eloszlásokhoz megkeresi a mérési adatokhoz legjobban illeszkedő, ún. posterior eloszlásokat, melyek várható értékei lesznek a paraméterek modellben felvett értékei.

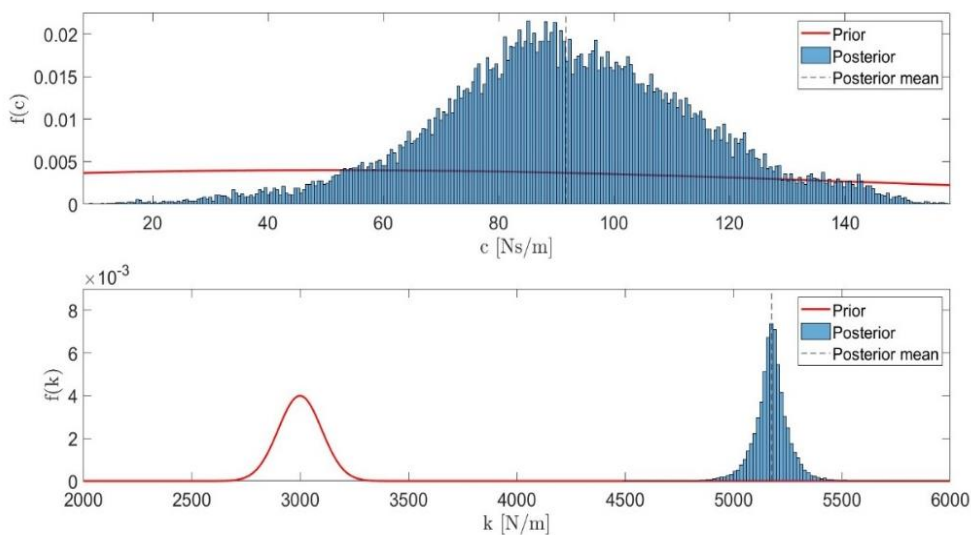
A szakirodalomban (például Rogers és tsai., 2020 és Rogers és Friis, 2022) SDoF esetre közölt eredmények alapján implementáltuk az identifikációs algoritmust, és numerikus szimulációval kapott, zajjal terhelt adatsorokon teszteltük. Célunk a rugómerevség és a csillapítási tényező értékének meghatározása volt a gyorsulás időszora alapján. A szimuláció paramétereit  $c = 90$  [Ns/m],  $k = 5000$  [N/m],  $m = 1000$  [kg],  $\omega = 5$  [rad/s], a prior eloszlások pedig  $c_{prior} \sim N(50, 100)$ ,  $k_{prior} \sim N(300, 100)$ .

A 2. ábrán látható egy futtatás eredménye egy negyed járműmodell esetére. Eszerint a posterior eloszlások eltávolodnak az ismeretlennek feltételezett, ezért nagyon nagy szórással megválasztott prior eloszlásoktól, és várható értékük egyértelműen tart a paraméterek valódi, szimulációban használt értékeihez. A felső ábra prior eloszlása a nagy szórás miatt látszik közel vízszintesnek, az alsó ábra pedig bemutatja, hogy rossz prior eloszlás esetén is működőképes az algoritmus. Az ábrán is jelölt posterior átlagok értéke 91.5 [Ns/m] a csillapításra és 5170 [N/m] a merevségre.

Az eredmények vizsgálata és kiértékelése történhet a zaj, a mérések száma (minta-szám) és az előírt Markov-lánc elemszám

függvényében. Utóbbi paraméter az algoritmus futtatása során generált eloszlások mintavételezésének módját és minőségét adja meg (bővebben ld. 6. szakasz). Szimulációs tesztek során arra jutottunk, hogy a mérések száma, vagyis a mintaszám illetve a Markov elemszám kevésbé befolyásolja dominánsan az eredményeket. Ez nem túl meglepő, hiszen a negyed járműmodell esetén a gerjesztés két harmonikus függvény szuperponáltja és ha kellően nagy a mintavételi frekvencia (azaz kellően kicsi  $T_s$ ), akkor a mintavételezési tételek értelmében teljes mértékben visszaállítható a folytonos jel. Tehát a harmonikus jeleknek egy periódusán vett mintavételezés elvileg elégséges, de a mérési zaj miatt érdemes

2. ábra: GP-LFM modellidentifikáció eredménye (forrás: a Szerzők)



több perióduson keresztül tartó mintavételezést alkalmazni. A Markov elemszám pedig, hasonlóan a mérési mintaszámhoz, egy érték felett nem befolyásolja érdemben a folyamatot, a határ alatt viszont tönkreteszi a megoldást, mert a posterior eloszlásba nem kerül elég valódi posterior minta. Ezt bizonyos mértékig lehet kompenzálni a burn-in fázissal (ld. 6. szakasz). A gyakorlatban is használható eredményeket mutat be a 1. táblázat. Itt az egyes futtatások (oszlopok) eredménye látható a negyed járműmodell paramétereire (sorok). Minden futtatás 5-5 identifikáció átlaga. Az 1. táblázatban az algoritmusból származó átlag értékek eltérése látható a valós paraméterektől, az algoritmusból kapott szórással normálva. Például a merevség esetében ez a (2) képlettel számolható:

$$\Delta(k) = \frac{\mu_{posterior}(k) - k_{real}}{\sigma_{posterior}(k)}, \quad (2)$$

ahol  $\Delta(k)$  a normált eltérés,  $\mu_{posterior}(k)$  és  $\sigma_{posterior}(k)$  a posterior átlag és szórás,  $k_{real}$  pedig a paraméter valódi értéke. A futtatások között kizárólag a zaj nagysága került megváltoztatásra (kezdőérték: 3 [m/s<sup>2</sup>]

szórásnégyzet, futtatások között ugyanennyivel megnövelve).

Az 1. táblázat alapján, amely összesen 50 különálló identifikáció eredményeit foglalja magában, ökölszabályként megállapítható az eredmények értékeléséhez, hogy az algoritmus során kapott megoldás, vagyis a megkapott posterior átlag nem tér el jobban a valódi megoldástól, mint a posterior szórás. Ez különösen hasznos lehet a járműiparban, ahol kiemelt szerepet játszanak a megbízhatósági szintek a biztonság miatt. Mind a program, mind a modellezés MATLAB R2022a szoftver használatával készült.

Megállapítható tehát, hogy a módszer célravezető lehet identifikációs feladatokra. A továbbiakban a módszer magasabb dimenzióra történő általánosítását vizsgáljuk meg.

### Fél járműmodell mozgásegyenlete

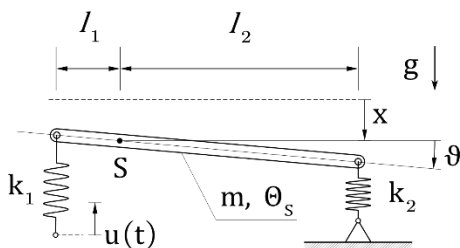
A fél járműmodell részletes levezetése megtalálható a második szakaszban hivatkozott művekben (például: Csernák & Stépán, 2019). A fél járműmodell a két-tengelyes járműveket két rugóval (első és hátsó felfüggesztés) és egy merev testtel realizálja. Ez két szabadsági fokú modellt eredményez. A fél járműmodell mechanikai modellje a 2. ábrán látható.

1. táblázat: Szórással normált hibák (forrás: a Szerzők)

	1. run	2. run	3. run	4. run	5. run	6. run	7. run	8. run	9. run	10. run
$\Delta(c)$	0.084	0.128	0.108	0.196	0.209	0.187	0.160	0.272	0.116	0.216
$\Delta(k)$	-0.449	-0.647	-0.493	-0.323	-0.267	-0.278	-0.385	-0.478	-0.240	-0.409



. 2. ábra: A féljárműmodell mechanikai modellje (forrás: Csernák és Stépán, 2019 alapján a Szerzők)



A 2. ábra jelöléseivel a 3. ábrán látható (3) mozgásegyenlet írható fel. A kapott mozgásegyenlet tehát továbbra is lineáris, viszont két szabadsági fokú. A továbbiakban levezetjük az előző pontban alkalmazott módszert és általánosítjuk oly módon, hogy az a későbbiekben alkalmas legyen több szabadsági fokú lineáris mechanikai rendszerek, különösen a féljárműmodell identifikációjára.

### A GP-LFM technika bemutatása és általánosítása

A módszer alkalmazása során az első lépés minden esetben a mérési séma kiválasztása (Rogers és Friis, 2022). A lineáris paraméterek egyikét (skaláris tömeg/tömegmátrix, skaláris csillapítás/csillapítási mátrix, skaláris merevség/merevségi mátrix) ugyanis ismertnek kell tekinteni, hogy a többi, ismeretlen paraméter megfelelően konvergáljon a tanulás során. Ezenkívül ki kell választani, hogy a

mérési adatok gyorsulás, sebesség, vagy pozíció adatok.

Mi a leggyakrabban alkalmazott megoldást választjuk, azaz a tömegmátrix elemeit tekintjük ismertnek (valós mérés esetén ez határozható meg legkönnyebben), illetve a rendszer gyorsulását mérjük a szimuláció során (szintén ezt lenne a legkönnyebb és legolcsóbb mérni egy valós mérés esetén a legtöbb esetben).

A 3. ábrán látható (4) egyenlet írható fel 2 DoF esetre. Ezen keresztül modellezhető minden olyan hatás (zaj, ismeretlen nemlinearitás), amit explicit módon nem vettünk figyelembe a mozgásegyenletben (Rogers és Friis, 2022). Így a (4) egyenlettel bármilyen két szabadsági fokú mechanikai rendszer leírható. A GP-LFM módszernek megfelelően  $\mathbf{f}(\mathbf{z}, \dot{\mathbf{z}})$  a 3. ábra (5) képletben jelzett sztochasztikus folyamattal közelíthető.

Az  $\mathbf{f}(\mathbf{z}, \dot{\mathbf{z}})$  komponensei tehát egymástól független 0 várható értékű skaláris Gauss-folyamatok, amelyek  $k_{1,2}(t, t^*)$  kovarianciafüggvényei így egymástól függetlenek. A Gauss-folyamat (MacKay, 1998) lényegében a normáloszlás (gyakran Gauss-eloszlás) végtelen dimenziós kiterjesztése. Ennek megfelelően a várható érték vektort egy egyváltozós, a kovariancia mátrixot pedig egy kétváltozós függvény váltja fel. A Gauss-folyamat ezért jól alkalmazható nemparametrikus gépi tanulási technikákhoz. A kifejezés nem jelenti azt, hogy ne lennének paraméterek, éppen ellenkezőleg, tetszőleges számú paraméter lehet (lásd például: Kolassa, 2020).

3. ábra: A jelen tanulmányban hivatkozott (3)-(8) számú képletek. Forrás: a Szerzők

(3)

$$\underbrace{\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & \Theta_S \end{bmatrix}}_{\mathbf{M}} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} k_1 + k_2 & k_2 l_2 - k_1 l_1 \\ k_2 l_2 - k_1 l_1 & k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2 \end{bmatrix}}_{\mathbf{K}} \begin{bmatrix} x \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_1 u_0 \sin(\omega t) \\ k_1 l_1 u_0 \sin(\omega t) \end{bmatrix}$$

(4)

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{z}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{z}} + \mathbf{K}\mathbf{z} + \mathbf{f}(\mathbf{z}, \dot{\mathbf{z}}) = \mathbf{U}(t),$$

ahol  $\mathbf{z} \in \mathbb{R}^2$  az általános koordináták vektora,  $\mathbf{M} \in \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}^2$  tömegmátrix,  $\mathbf{C} \in \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}^2$  csillapítási mátrix,  $\mathbf{K} \in \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}^2$  merevségi mátrix,  $\mathbf{U}(t): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^2$  gerjesztés,  $\mathbf{f}(\mathbf{z}, \dot{\mathbf{z}}): \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  pedig a nem modellezett hatásokat és ezáltal a determinisztikus, lineáris résztől való eltérést figyelembe vevő függvény.

(5)

$$\mathbf{f}(\mathbf{z}, \dot{\mathbf{z}}) = \begin{bmatrix} f_1(\mathbf{z}, \dot{\mathbf{z}}) \\ f_2(\mathbf{z}, \dot{\mathbf{z}}) \end{bmatrix}, \quad f_{1,2} \sim \text{GP}(0, k_{1,2}(t, t^*))$$

(6)

$$d\mathbf{h} = \mathbf{F}h dt + \mathbf{L}d\boldsymbol{\beta}(t),$$

ahol  $\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n$  a sztochasztikus rendszer állapotvektora,  $\mathbf{F} \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n$  rendszermátrix,  $\mathbf{L} \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^m$  diszperziós mátrix,  $\boldsymbol{\beta}(t) \in \mathbb{R}^m$  pedig Brown-mozgás  $\mathbf{Q} \in \mathbb{R}^m \times \mathbb{R}^m$  diffúziós mátrixszal

(7)

$$k(t, t^*) = \sigma^2 \left( 1 + \frac{\sqrt{3}|t - t^*|}{l} \right) \exp \left( -\frac{\sqrt{3}|t - t^*|}{l} \right).$$

(8)

$$\mathbf{F}_{1,2} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\lambda_{1,2}^2 & -2\lambda_{1,2} \end{bmatrix}, \mathbf{L}_{1,2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \mathbf{Q}_{1,2} = [4\lambda_{1,2}^3 \sigma_{1,2}^2],$$

ahol  $\lambda_{1,2} = \sqrt{3}/l_{1,2}$ , a jelölések pedig a (6) egyenletnek megfelelők

A kovarianciafüggvényként használt kernel függvény kiválasztása a következő fontos lépés. A kernel olyan kétváltozós függvény, mellyel két, paraméterként kapott objektum hasonlósága mérhető gépi tanulás során. Megmutatható (Särkkä és Solin, 2019), hogy a legtöbb kernelhez (a kernellel definiált Gauss-folyamathoz) tartozik állapotter reprezentáció, sztochasztikus differenciálegyenlet formájában. A két leggyakrabban alkalmazott kernel a Matérn 3/2 és az exponenciális (ez megegyezik a Matérn 1/2-vel). Egy általános, lineáris időinvariáns (LTI) sztochasztikus differenciálegyenlet felírható a 3. ábra (6) képletben közölt differenciális alakban.

Az SSM-SDE reprezentációk állapotvektora és  $f_{1,2}$  erőkomponensek között a kapcsolat az, hogy az állapotvektorok elemei megegyeznek az erőkomponensek deriváltjaival, azaz:

$$\mathbf{h}_{1,2} = [f_{1,2} \dot{f}_{1,2} \dots f_{1,2}^{(n)}]^T,$$

ahol  $n$  értéke a kernel függvény megválasztásától függ.

A Matérn 3/2 kernel  $\sigma^2$  és  $l$  paraméterekkel a 3. ábra (7) képlete révén definiálható (lásd például: Särkkä és Solin, 2019).

Az ezzel a kernellel definiált – lásd: (5) egyenlet) – Gauss-folyamatokhoz levezethető a 3. ábra (8) képletben közölt  $n=2$  dimenziós SSM-SDE reprezentáció (lásd például: Särkkä és Solin, 2019).

Ezen mátrixok ismeretében a (4) egyenletben felírt rendszer állapotvektorát kiterjesztve összecsatolható a sztochasztikus rendszerrel. Bevezetve az átviteli elv alap-

ján kapható  $\mathbf{x} \stackrel{\text{def}}{=} [\mathbf{z} \ \dot{\mathbf{z}}]^T$  állapotvektort, a (6) egyenlet a 4. ábra (9) képletben látható hipermátrixos alakra rendezhető.

Ez az alak már bővíthető a sztochasztikus átírással. A  $\mathbf{g} \stackrel{\text{def}}{=} [\mathbf{h}_1 \ \mathbf{h}_2]^T$  jelölés bevezetésével a 4. ábra (10) számmal jelzett hipermátrixos egyenlet írható fel. Az ebben szereplő  $\mathbf{F}$  és  $\mathbf{Lg}$  mátrixok a két kernel közösen felírt SSM-SDE reprezentációjából kaphatók meg (lásd: 4. ábra (11) képlet). A  $\mathbf{Bg}$  mátrix pedig a (9) és (10) egyenletet összevetve áll elő (lásd: 4. ábra (12) pont).

Ismeretlen még a (10) egyenletből a  $\mathbf{w}$  Wiener-folyamat  $\mathbf{Q}$  diffúziós mátrixa, Ez könnyedén előáll, mint az egyes kernekhez tartozó  $\mathbf{Q}_{1,2}$  diffúziós mátrixokból álló diagonális hipermátrix, a főátlóban rendre  $\mathbf{Q}_1$  és  $\mathbf{Q}_2$  mátrixokkal. A (10) egyenlet jelenti tehát a rendszer állapotegyenletét, ahol az előbbieket szerint minden ismeretlen mátrix meghatározásra került. A megfigyelésünk (mérésünk) modellezéséhez a kimeneti egyenlet felírása szükséges, ahol a mérési zajt a  $\mathbf{v}$  vektorral vesszük figyelembe – lásd: 4. ábra (13) egyenletet, melyben a  $\mathbf{C}_o$  és  $\mathbf{D}$  mátrixok egyértelműen következnek a mérési sémából. Az előbb leírtak szerint mi a gyorsuláskomponenseket mérjük. Az állapotegyenletben szereplő

$$[\dot{\mathbf{x}} \ \dot{\mathbf{g}}]^T$$

derivált állapotvektor harmadik és negyedik elemei a gyorsuláskomponensek (az általános koordináták gyorsuláskomponensei), azaz az  $[\dot{\mathbf{x}} \ \dot{\mathbf{g}}]_{(3:4)}^T$  művelettel

4 ábra: A jelen tanulmányban hivatkozott (9)-(14) számú képletek. Forrás: a Szerzők

(9)

$$\dot{\mathbf{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{K} & -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{C} \end{bmatrix}}_{\mathbf{A}_s} \mathbf{x} + \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{M}^{-1}\mathbf{I} \end{bmatrix}}_{\mathbf{B}_s} (\mathbf{U} - \mathbf{f})$$

(10)

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{x}} \\ \dot{\mathbf{g}} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{A}_s & \mathbf{B}_g \\ \mathbf{0} & \mathbf{F} \end{bmatrix}}_{\mathbf{A}} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{g} \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{B}_s \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}}_{\mathbf{B}} \mathbf{U} + \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{L}_g \end{bmatrix}}_{\mathbf{L}} \mathbf{w}$$

(11)

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{h}}_1 \\ \dot{\mathbf{h}}_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{F}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{F}_2 \end{bmatrix}}_{\mathbf{F}} \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1 \\ \mathbf{h}_2 \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{L}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{L}_2 \end{bmatrix}}_{\mathbf{L}_g} \begin{bmatrix} \mathbf{w}_1 \\ \mathbf{w}_2 \end{bmatrix}$$

A  $\mathbf{w}_1$  és  $\mathbf{w}_2$  a  $\beta_1$  és  $\beta_2$  Brown-mozgások formális deriválásával kapott Wiener-folyamatok (fehér zaj).

(12)

$$\mathbf{B}_g = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{B}_s(3,1) & 0 & \mathbf{B}_s(3,2) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{B}_s(4,1) & 0 & \mathbf{B}_s(4,2) & 0 \end{bmatrix}$$

(13)

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}_o \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{g} \end{bmatrix} + \mathbf{D}\mathbf{U} + \mathbf{v}$$

(14)

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{x}} \\ \dot{\mathbf{g}} \end{bmatrix}_{(3:4)} = \underbrace{\mathbf{A}_{(3:4,1:\text{end})}}_{\mathbf{C}_o} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{g} \end{bmatrix} + \underbrace{\mathbf{B}_{(3:4,1:\text{end})}}_{\mathbf{D}} \mathbf{U}$$

megkaphatók. Az állapotvektort ezen módon csonkolva a 4. ábra (14) pontban bemutatott módon változik meg maga az állapotegyenlet, ami lényegében a kimeneti egyenlet mérési zaj nélkül. A  $\mathbf{C}_o$  és  $\mathbf{D}$  tehát adott, a  $v$  mérési zaj pedig két független, skaláris Wiener-folyamatból áll, melynek  $\mathbf{R}$  diffúziós mátrixa ezen folyamatok  $r_{1,2}$  diffúziós együtthatóinak diagonális elrendezéséből adódik.

### Gépi tanulás implementálása

Az előző szakaszban felírásra került a folytonos rendszer állapotegyenlete és kimeneti egyenlete. A gépi tanulás megvalósítása során Kálmán-szűrőt alkalmazunk, aminek használatához a rendszer diszkrétizálása szükséges. Ez  $T_s$  mintavételezési idővel az alábbi mátrixokhoz vezet:

$$\begin{aligned}\mathbf{A}_d &= \exp(\mathbf{A}T_s) \\ \mathbf{C}_d &= \mathbf{C}_o \\ \mathbf{D}_d &= \mathbf{D} \\ \mathbf{R}_d &= \mathbf{R}/T_s\end{aligned}$$

A  $\mathbf{B}_d$  és  $\mathbf{Q}_d$  mátrixok az 5. ábra (15) képletben látható módon számíthatók ki.

A diszkrétizált rendszer mátrixainak levezetése megtalálható Särkkä és Solin (2019) művében. A Kálmán-szűrésre a számítási komplexitás csökkentése miatt van szükség. Hartikainen és Särkkä (2010) megmutatták ugyanis, hogy a GPR (Gauss Process Regression) problémák hagyományos megoldásoknál megszokott  $\mathcal{O}(n^3)$

számítási komplexitása  $\mathcal{O}(n)$  számítási komplexitásra csökkenthető bizonyos megfontolásokkal és Kálmán-szűrő alkalmazásával (a komplexitások a mérési minták számának függvényei). A gépi tanuláshoz használt hiperparaméterek vektora két szabadsági fokú esetre az 5. ábra (16) pontjában közölt 14-elemű vektor.

A megoldáshoz alkalmazott algoritmus (Rogers és tsai., 2020) a priori eloszlásokat (előzetes feltételezéseket) igényel a hiperparaméterekre. Ez látszólag egy nagyon erős megkötés, de valójában az eloszlásokban a szórást megnövelve beállítható a hiperparaméter teljes ismeretlensége is. Az algoritmus célja a posterior eloszlás meghatározása mérések alapján. Ez azért is hasznos, mert a futtatás után nem egy konkrét érték fog tartozni egy-egy paraméterhez, hanem egy eloszlás, és ebből adódóan becsülhető a bizonytalanság a szórásból. Erre a mintavételezésre gyakran használt megoldást jelentenek az MCMC (Markov Chain Monte Carlo) módszerek. Ezen módszerek esetén egy véletlen bolyongás során a lépések jelentik az eloszlás mintavételezését. A bolyongás során a magasabb sűrűségfüggvényű helyeken több lépés valósul meg, mint az alacsonyabbakon, ezáltal a bolyongás után kirajzolódik a kívánt a posteriori eloszlás. Cikkünkben az implementáció során Metropolis algoritmust használunk, mint MCMC módszert (lásd: Beichl és Sullivan, 2000). A posterior eloszlás kirajzolásához minden iterációban generálunk egy jelöltet, amelynek dimenziója a hiperparaméterek

5 ábra: A jelen tanulmányban hivatkozott (15)-(17) számú képletek. Forrás: a Szerzők

(15)

$$\mathbf{B}_d = \mathbf{A}^{-1}(\mathbf{A}_d - \mathbf{I})\mathbf{B}, \mathbf{Q}_d = \int_{\tau=0}^{T_s} \exp(\mathbf{A}\tau)\mathbf{Q}\exp(\mathbf{A}^T\tau) d\tau$$

(16)

$$\Theta = [\mathbf{C}_{(1,1)}, \mathbf{C}_{(1,2)}, \mathbf{C}_{(2,1)}, \mathbf{C}_{(2,2)}, \mathbf{K}_{(1,1)}, \mathbf{K}_{(1,2)}, \mathbf{K}_{(2,1)}, \mathbf{K}_{(2,2)}, \sigma_1^2, l_1, \sigma_2^2, l_2, r_1, r_2]$$

(17)

$$\varphi_k(\Theta) = \varphi_{k-1}(\Theta) + \frac{1}{2} \log(2\pi\mathbf{S}_k) + \frac{1}{2} \mathbf{r}_k^T \mathbf{S}_k^{-1} \mathbf{r}_k,$$

ahol  $\mathbf{r}_k$  és  $\mathbf{S}_k$  a Kálmán-szűrő segédvektora és segédmátrixa.

vektorával egyezik meg, és azáltal egy lehetséges paraméter kombinációt jelöl. Ebből kiszámíthatók a folytonos rendszer mátrixai, melyeken ezek után elvégezhető az előbb bemutatott diszkretizáció. A Kálmán-szűrés ekkor már elvégezhető, a Kálmán-szűrő pontos megvalósítása és részletes levezetése megtalálható Sárkká (2013) vagy Murphy (2012) művében.

Ezzel tehát redukálható az algoritmus számítási komplexitása. Ehhez használható az ún. energiafüggvény, amely egy hiperparaméter-kombináció (ún. jelölt) jó-ságával áll arányosságban. Az energiafüggvény az 5. ábra (17) pontban közölt iterációval közelíthető (Rogers és tsai, 2018). Az energiafüggvény iteráció végén kapott értéke szolgál alapjául a jelölt elfogadásának vagy elutasításának. Minél

alacsonyabb az érték az előző elfogadott jelölthöz képest, annál magasabb az elfogadás valószínűsége. Az előző értékkel való összehasonlítás miatt ez tulajdonképpen egy gradiens módszernek is tekinthető. Több szabadsági fokú esetben a (17) egyenletben az energiafüggvény visszatérési értéke mátrix, ekkor a jelölt elfogadásának vizsgálatakor valamilyen mátrix invariáns használata lehet célravezető. A ciklus akkor fejeződik be, ha az előírt számú jelölt elfogadásra került. Utóbbi érték a ténylegesen a posterior eloszlásból mintavételezni kívánt elemszám és az ún. burn-in elemszám értékek összege. A véletlen bolyongás igen sok lépésbe is kerülhet, mire a mintavételezett tagok valóban a posterior eloszlásból kerülnek ki. Ez tipikusan akkor fordulhat elő, ha a

bolyongás kezdő lépése (inicializálás) távol van a posterior eloszlástól, ráadásul a bolyongás lépésköze (a lépéseket reprezentáló eloszlás szórása) is kicsi. Az így kapott eloszlás lényegében a posterior eloszlás, valamely irányban igen hosszú, nem elhanyagolható farokeloszlással. Az eloszlás átlaga és szórása emiatt rendkívül nagy mértékben eltér a posterior átlagtól és szórástól.

Ezen probléma kiküszöbölésére használható a burn-in fázis: ekkor az első néhány tagja a Markov-láncnak nem kerül felhasználásra a posterior eloszlás rekonstrukciójához. Ezzel a módszerrel már használható az átlag és szórás, ami egyben definiálja is a normális eloszlásúnak tekintett posterior eloszlást.

A levezetett módszer elvileg alkalmas a fél járműmodell identifikációjához, azonban a megvalósításhoz további vizsgálatok szükségesek, például, hogy melyik mátrix invariáns alkalmazása a legcélravezetőbb.

### **Konklúziók**

Cikkünkben az egy szabadsági fokú negyed járműmodellen keresztül demonstráltuk a GP-LFM módszer hatékonyságát. A szakirodalomban a módszer döntő többségben nemlineáris rendszereken keresztül kerül megvalósításra, viszont csak egy szabadsági fokú rendszerek esetén. Mi az eddig egy szabadsági fokú rendszerekre használt módszert általánosítottuk két szabadsági fokú rendszerre. Rámutattunk a módszer előnyeire, külön kitérve a járműiparban is rendkívül

fontos megbízhatósági szintekre és bővítettük a témakör magyar nyelvű szakirodalmát. A módszer elméletének általánosításával kijelöltük az irányt a több szabadsági fokú rendszerek GP-LFM módszerrel történő identifikációjához.

Az eredmények alapján a módszerben komoly potenciál van a nemlineáris és/vagy magasabb dimenziójú rendszerek identifikálására, mindazonáltal figyelembe kell venni, hogy ezekben az esetekben a módszer számítási komplexitása jóval magasabb lehet. Erre javaslatunk egy adaptív lépésközüválasztó algoritmus, melylyel az ún. exploitation-exploration dilemma optimális megoldása várható el. Véleményünk szerint ez nagy mértékben redukálhatja az identifikáláshoz szükséges időt.

Az eljárás kiválóan alkalmazható lehet identifikációs feladatokra. Az előbbieken alapján gyorsítható az algoritmus, így egyszerűbb rendszerek és nagy számítási kapacitás esetén akár a folyamatos, real-time identifikáció is lehetséges lehet, de ehhez további és mélyebb kutatások szükségesek.

### **Köszönetnyilvánítás**

Ezt a kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal NKFI K-128422 számú projektje, valamint a Kulturális és Innovációs Minisztérium és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által a TKP2021-NVA keretből finanszírozott TKP-6-6/PALY-2021 projekt támogatta.

**Irodalom**

- Alvarez, M., Luengo, D. és Lawrence, N. D. (2009, April). Latent force models. In *Artificial Intelligence and Statistics* (pp. 9-16). PMLR.
- Beichl, I. és Sullivan, F. (2000). The metropolis algorithm. *Computing in Science & Engineering*, 2(1), 65-69.
- Csernák, G. (2018). *Dinamika*. Akadémiai Kiadó DOI: 10.1556/9789630599245
- Csernák, G. és Stépán, G. (2019). *Rezgésstan*. Akadémiai Kiadó DOI: [10.1556/9789634544739](https://doi.org/10.1556/9789634544739)
- Genta, G. (2009). *Vibration dynamics and control* (Vol. 616). New York: Springer. DOI: [10.1007/978-0-387-79580-5](https://doi.org/10.1007/978-0-387-79580-5)
- Hartikainen, J. és Särkkä, S. (2010, August). Kalman filtering and smoothing solutions to temporal Gaussian process regression models. In *2010 IEEE international workshop on machine learning for signal processing* (pp. 379-384). IEEE. DOI: [10.1109/MLSP.2010.5589113](https://doi.org/10.1109/MLSP.2010.5589113)
- Hasselmann, K., Barnett, T. P., Bouws, E., Carlson, H., Cartwright, D. E., Enke, K., ... és Walden, H. (1973). Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). *Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, Reihe A*.
- Kolassa, J. E. (2020). *An introduction to nonparametric statistics*. CRC Press. DOI: [10.1201/9780429202759](https://doi.org/10.1201/9780429202759)
- MacKay, D. J. (1998). Introduction to Gaussian processes. *NATO ASI series F computer and systems sciences*, 168, 133-166.
- Marino, L. és Cicirello, A. (2023). A switching Gaussian process latent force model for the identification of mechanical systems with a discontinuous nonlinearity. *arXiv preprint arXiv:2303.03858*. DOI: [10.48550/arXiv.2303.03858](https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.03858)
- Murphy, K. P. (2012). *Machine learning: a probabilistic perspective*. MIT press.
- Net1: Rendkívül fontos Magyarország számára az autópálya. Letöltés: 2023.03.23. Web: <https://e-cars.hu/2022/09/09/rendkivul-fontos-magyarorszag-szamara-az-autoipar/>
- Rogers, T. J. és Friis, T. (2022). A latent restoring force approach to nonlinear system identification. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 180, 109426. DOI: [10.1016/j.ymssp.2022.109426](https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.109426)
- Rogers, T. J., Worden, K. és Cross, E. J. (2020). On the application of Gaussian process latent force models for joint input-state-parameter estimation: With a view to Bayesian operational identification. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 140, 106580. DOI: [10.1016/j.ymssp.2019.106580](https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2019.106580)
- Rogers, T. J., Worden, K., Manson, G., Tygesen, U. T. és Cross, E. J. (2018). A Bayesian filtering approach to operational modal analysis with recovery of forcing signals. In *Proceedings of ISMA* (pp. 5181-5194). DOI: [10.3390/vibration3030020](https://doi.org/10.3390/vibration3030020)



- Russell, S. és Norvig, P. (2005). *Mesterséges intelligencia modern megközelítésben*, Második, átdolgozott, bővített kiadás. Panem Könyvkiadó, Budapest, <https://mialmanach.mit.bme.hu/aima/index>
- Särkkä, S. (2013). *Bayesian filtering and smoothing* (No. 3). Cambridge university press. DOI: [10.1017/CBO9781139344203](https://doi.org/10.1017/CBO9781139344203)
- Särkkä, S. és Solin, A. (2019). *Applied stochastic differential equations* (Vol. 10). Cambridge University Press. DOI: [10.1017/9781108186735](https://doi.org/10.1017/9781108186735)
- Stubnya, B. (2020). Egyre finomabb morzsák juthatnak Magyarországnak az autóiipari tortából. Letöltés: 2023.03.23. Web: <https://g7.hu/vallalat/20200131/egyre-finomabb-morzsak-juthatnak-magyarorszag-nak-az-autoipari-tortabol/>
- Wigren, T. és Schoukens, J. (2013, July). Three free data sets for development and benchmarking in nonlinear system identification. In *2013 European control conference (ECC)* (pp. 2933-2938). IEEE. DOI: [10.23919/ECC.2013.6669201](https://doi.org/10.23919/ECC.2013.6669201)



**HOW MUCH DOES PARENTAL INVOLVEMENT MATTER  
WHEN AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD) CHILDREN USE  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN THE LEARNING PROCESS?**

**Szerző:**

Nor Amalina Binti Rusli  
University of Debrecen (Hungary)

**Lektorok:**

Két anonim lektor

Nyelvi lektorálás nem történt

A Szerző e-mail címe:

[amalinaa.rusli@gmail.com](mailto:amalinaa.rusli@gmail.com)

**Absztrakt**

*MENNYIT SZÁMÍT A SZÜLŐI BEVONÓDÁS, AMIKOR AZ AUTIZMUS SPEKTRUMZAVARRAL ÉLŐ (ASD) GYERMEKEK MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁT (MI-T) HASZNÁLNAK A TANULÁSI FOLYAMATBAN?*

A tanulmány célja, hogy bemutassa a szülői hozzáállást a mesterséges intelligencia (MI) autizmus spektrumzavarral (ASD) szenvedő gyermekek esetében történő használatával kapcsolatban. A statisztikák azt mutatják, hogy az ASD-gyerekek száma növekszik az előző évekhez képest, és ez a kérdés az ASD-s gyermekek legjobb tanítási és fejlesztési stratégiáival foglalkozó számos tanulmány fókuszpontjává vált. A manapság egyre elterjedtebb mesterséges intelligencia-technológia fejlesztése az egyik legújabb módszer az ASD-s gyerekek fejlődésének és tanulási folyamatának segítésében. A jelen tanulmányban alkalmazott módszer egy olyan szakirodalmi áttekintés, amely a szülők szerepét vizsgálja az ASD-vel élő gyermekek oktatásában, számos mesterséges intelligencia-technológiai fókuszon keresztül, mint például a nyelvtechnológia, a játékok, a robotika és a virtuális valóság. A cikk az EPSTEIN-t referenciamodellként is használja a szülőknek az ASD-vel élő gyermekek tanulási folyamatába és fejlődésébe való bevonására az MI használatával. Ennek a modellnek az a célja, hogy a szülői hozzájárulások bevonásával kiszélesítse az iskolai tanterv hatókörét. Jelentős esélyt jelent az iskolák számára is, hogy javítsák jelenlegi tantervüket azáltal, hogy bevonják a szülőket az oktatási folyamatba. Korábbi tanulmányok eredményei azt mutatják, hogy a szülők részvétele az AI-technológia ASD-s gyermekek számára történő alkalmazásában nagyon pozitív, és nagy hatással van gyermekeik fejlődésére. A korábbi vizsgálatok alapján

megállapítható, hogy az ASD-s gyermekek szociális, érzelmi és viselkedési fejlődését nagymértékben befolyásolja szüleik bevonása. Emellett az AI-technológiát várhatóan tanítási eszközként fogják használni a tanulók teljesítményének, önbecsülésének és viselkedésének javítására.

**Kulcsszavak:** szülői részvétel, mesterséges intelligencia, technológiák, autizmus, ASD

**Diszciplína:** informatika, pedagógia

### Abstract

This study's objective was to demonstrate the connection(s) between parental participation in employing artificial intelligence (AI) for children with autism spectrum disorder (ASD). Statistics indicate that the number of ASD children is increasing compared to previous years and this issue has become the focal point for numerous studies into the best teaching and developmental strategies for ASD children. The development of AI technology which is becoming more prevalent nowadays is seen as one of the latest methods in helping the development and learning process of ASD children. The method taken in this study is a review of the literature that examines the role of parents in the education of children with ASD through several AI technology focuses such as language technology, games playing, robotics and also virtual reality. The article will also use EPSTEIN as a reference model to discuss the involvement of parents in the learning process and development of ASD children through the use of AI. The objective of this model is to broaden the scope of the school curriculum by including parental contributions. It also presents a significant chance for schools to enhance their current curricula by involving parents in the educational process. The results of previous studies show that parents' involvement in using AI technology for ASD children is very positive and has a great influence on their children's development. Based on this previous study, it can be concluded that the social, emotional and behavioral development of ASD children is greatly influenced by the involvement of their parents. Additionally, it is anticipated that AI technology would be used as a teaching tool to raise student achievement, self-esteem, and behavior.

**Keywords:** parental involvement, artificial intelligence, technologies, autism, ASD

**Disciplines:** informatics, pedagogy

Rusli, Nor Amalina Binti (2023): How much does parental involvement matter when autism spectrum disorder (ASD) children use artificial intelligence (AI) in the learning process? *Mesterséges Intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 51-71. doi: 10.35406/MI.2023.1.51

A pervasive neurodevelopmental illness called autism spectrum disorder (ASD) is connected to developmental disabilities brought on by variations in the brain. ASD can be identified by persistent traits that are typical of social interaction and communication in a variety of contexts, such as repetition, preoccupation, poor communication, behavioral patterns, or activities. Despite the wide variation in how ASD symptoms manifest, many children with ASD require ongoing daily care notably from close family such as parents. Parents of children with ASD often have to make difficult decisions about their children's needs and care, such as selecting the best educational environment or making sure their child has access to appropriate technologies that enhance their child's learning development.

Parental involvement is seen as an important aspect in the learning development of ASD children. Previous research has demonstrated that parents' involvement in their ASD children's development can aid these exceptional children with delayed linguistic abilities (Yan et al., 2022), distracted or hyperactive behavior (Sin & Cheng, 2022), seizure or epilepsy disorder (Fombonne et al., 2022), deferred motor skills (Gajic et al., 2021), odd dietary and sleeping patterns (Bullivant & Woods, 2020), atypical emotional or mental states (Tajik-Parvinchi et al., 2020) and also delayed cognitive or educational abilities (Fenning & Butter, 2019).

This article will examine the benefits of parental involvement in using AI techno-

logies that affect autistic children's engagement with types of AI such as speech recognition software, intelligent tutoring system, machine learning, and also virtual learning application. The use of various types of AI in the education of autistic children will look at how these would influence the final socio-behavioral results. The use of AI technology to the learning process is not new, and during the past 25 years, it has undergone tremendous advancements in the field of education (Roll & Wylie, 2016).

AI technology is also seen as an effective alternative in helping the learning of children with autism (Porayska-Pomsta et al., 2018). Many software and tools have been developed to aid autistic children in their educational endeavors, such as the Speech Blubs program created by Mitja Mavsar. This idea was created to help children with autism to encourage them to speak fluently and improve pronunciation by watching and repeating after several times. Nielsen (2021) asserts that since its establishment in 2017, Speech Blubs has effectively assisted millions of children with speech problems throughout the world, including non-verbal children with autism and Down syndrome. A humanoid robot with a wide range of facial expressions has been introduced in the US by RoboKind to help autistic children receive therapy for understanding human emotions. Milo, the robot that has been created by Acapela Group acts as a speech technology that can be used to voice any textual information with genuine voices

that convey meaning and intention. By converting written input into speech, more than 100 synthetic voices in 30 languages are prepared to give any content a voice, delivering a natural and enjoyable audio output (Acapela Group, 2015).

Meanwhile, a 58 cm tall bipedal robot called NAO was unveiled in 2008 by a robotics company known as Aldebaran based in France, China, and the USA. The goal of NAO is to fill the void between isolation and increased social and intellectual engagement for children on the autistic spectrum (IEEE Spectrum, 2022).

### **Autistic Spectrum Disorder (ASD)**

Autistic Spectrum Disorder (ASD) or also known as Autism refers to a broad range of conditions characterized by challenges with social skills, repetitive behaviors, speech and nonverbal communication (Autism Speaks, 2021). Autism comes from the Greek word 'autos' which means self. It describes a person who exists in their own universe.

From a medical perspective, autism is a neurological condition that affects a person's ability to develop social interaction, social communication, and repetitive behavior, as well as their limited interest in certain things (Kund et al. 2022).

Autism is a spectrum disorder that makes children with autism regardless of genders, races, ethnicities, and economic backgrounds, have obstacles in one of aspects including the process of learning how to think, how to communicate, and also in solving a problem. This coincides

with the definition given by the American Psychiatric Association that ASD is a complicated developmental syndrome characterized by ongoing difficulties with social interaction, narrow interests, and repetitive conduct (Copeland, 2018).

ASD is a neurodevelopmental disease characterized by repetitive and limited activities and interests, as well as social communication difficulties, according to Benteuto et al., (2023).

Some people with autism may require a great deal of assistance in their everyday life, while others may only need a little help or even be completely independent in some circumstances.

Martín-Gutiérrez et al., (2022) stated that ASD is one of the most common neurodevelopmental disorders where children with ASD will affect three main aspects in their lives, namely communication, social interaction, and impulse control. Children with ASD may experience communication difficulties as they learn language and struggle to comprehend what others are saying to them.

Additionally, they frequently struggle with nonverbal cues including eye contact, facial expressions, and hand gestures (Ghazal et al., 2023). When it comes to social engagement, autistic kids frequently prefer to play alone and have a hard time making new friends (The National Autistic Society, 2023). Additionally, these children frequently lack empathy for other people's sentiments (Shanok et al., 2019) and respond to queries in an unconnected way (Wallace et al., 2022).

Autism is one of the categories of disorders known as Pervasive Developmental Disorders where another disorder in this category is Asperger's Syndrome which is a condition in which the affected child's speech and cognitive abilities can be normal (Al Mosawi, 2020).

The primary etiology of autism is still unclear as of this writing. However, studies have shown that a combination of genetic, biochemical, and environmental variables contribute to autism. According to the most recent research, a variety of hereditary variables may complicatedly enhance the risk of developing autism. It has been determined that having some specific genetic disorders, such as Tuberous Sclerosis and Fragile X Syndrome, increases one's likelihood of being diagnosed with autism (Bozhilova et al., 2023). In addition, there is some evidence of hereditary and genetic links to autism in a family where a child is likely to get autism if they have a sibling with autism (Sacrey et al., 2018). A study conducted by Lung et al., (2018) stated that a large percentage of autistic children are delivered to moms who are older than 40 at the time of childbirth. Pregnancy-related use of some drugs, including thalidomide and valproic acid, has also been linked to a higher risk of autism (Puig-Lagunes, 2021).

A different theory claims that autism develops when a pregnant woman is exposed to pollutants, particularly metals, or to unhealthy behaviors like smoking, drinking alcohol, or abusing drugs (Etemadi-Aleagha & Akhgari, 2022).

The World Health Organization (2019) estimated that there are 1:160 people in the population who have ASD. Meanwhile, according to a recent study published in *Autism Speaks* (2022), 1 in 100 children or 100 out of every 10,000 children worldwide have an ASD diagnosis. This figure also records that the number of males with autism is higher than females with a ratio of 4:1 (McCrossin, 2022). In terms of treating autism, the primary symptoms are still untreatable at this present. Children who have autism must live with it for the rest of their life. Nevertheless, there are therapeutic approaches that can assist improve the quality of life for those with autism such as special education (Sassu & Volkmar, 2023), speech and language therapy (Christopoulou et al., 2022), occupational therapy (Domínguez-Lucio et al., 2022), sensory stimulation therapy (Fernández-Lechuga et al., 2021), and also medicines (Hofer et al., 2019).

### **Artificial Intelligence (AI) Technology in Education**

Various treatments to help children and adults with ASD have been mentioned in the paragraph above. In line with the advancement of technology nowadays, children with ASD can go through a learning process that can help their development through the use of artificial

technology (AI). Humans have been using machines to augment our capabilities for a long time and the use of AI in education is not something new.

AI can be defined as the replication of human intelligence functions by machines, particularly computer systems with the specific applications of AI include expert systems, natural language processing, speech recognition and machine vision (Burns, 2022). AI is a field that combines computer science and robust datasets to enable problem-solving and there are many current real-world uses for AI systems, including speech recognition, recommendation engines, computer vision, and automated stock trading (IBM, 2022).

The Turing Test, which was introduced by Alan Turing, a British mathematician, is a method of inquiry in artificial intelligence (AI) for determining whether or not a computer is capable of thinking like a human being (St. George, 2023). AI is the capacity of a digital computer or computer-controlled robot to carry out tasks that are typically performed by intelligent beings. The phrase is widely used in reference to the effort to create AI systems that possess human-like cognitive abilities like the capacity for reasoning, meaning-finding, generalization, and experience-based learning (Copeland, 2022),

The beginning of AI in education may be traced back to 1763, when mathematician Thomas Bayes created the decision-making method known as Bayesian inference. This method is used to educate machines (and people) on how to make judgments

based on pattern recognition and probabilistic predictions. Furthermore, the "analytical engine," a device made to conduct mathematical calculations, was created by Charles Babbage in 1837. To complete this task, the machine needs instructions from a program.

The first program to utilize his prototype is written by his coworker Ada Lovelace. The development of several technologies that support the global education system accelerated the growth of AI since the beginning of the Y2K era. Kismet, a robot head developed by Dr. Cynthia Breazeal, was successfully launched at the Massachusetts Institute of Technology in 2002. With the help of different facial expressions, vocalizations, and movements, Kismet was developed with the aim of identifying and recreating emotions and the movements of the ears, eyebrows, eyelids, lips, jaw, and head are used to form facial expressions (Masabanda et al., 2023).

The development of numerous AI technologies that can aid in the learning process and inadvertently entice students to learn more about a certain subject demonstrates the continued evolution of AI in the field of education (Demeter & Mező, 2023). Face recognition technology, which uses AI to verify and authenticate students' identities by detecting, recording, and comparing faces to photos from a database, is one of the AI advancements that have a big positive impact on education. This technology, commonly referred to as machine learning, makes



predictions about the future based on historical data or algorithms (Alam, 2022).

Furthermore, AI in education can be observed in translation technology, which can assist teachers and students in understanding one another on several levels. Google Translate, Microsoft Translator, and Linguee are a few instances of AI technology that facilitates translation. Students can comprehend the ideas professors are explaining to them by interpreting more than just words (Hasyim et al., 2021).

In addition, virtual reality technology has also become an important learning tool in today's modern world. VR is an immersive technology that allows students to interact in a computer-generated world of imagery and sounds. Studies from Papanastasiou et al., (2019) show that the use of VR in education can help to enhance student memory and information retention while also enhancing comprehension of difficult conceptual concepts (Raja & Priya, 2021).

### **Parental Involvement from Epstein Model**

It is unavoidable that parents play a role in their autistic children's development. The life of ASD children continues at home and with their families, thus today's educational programs designed to involve parents of children with autism at all stages of development can only be successful with genuine and continuous cooperation

from teachers and parents. Numerous earlier studies have demonstrated the crucial role parents play in ensuring that their children receive prompt expert guidance when children exhibit symptoms of autism. Parents also investigate the most effective therapies for their autistic children, including speech therapy (Aliffia et al., 2023), special education schools (Hurwitz et al., 2022) and motor skills training (Zoccante et al., 2021).

Furthermore, parents also play a role in ensuring consistency of approach in therapy to ensure there is a positive development in terms of social and behavioral aspects of children with autism (Kehinde et al., 2022).

The Epstein's model that was built by Dr. Joyce Epstein from Johns Hopkins University has outlined six types that refer to parent involvement which aims to assist teachers to create school and family collaboration programs (Nathans et al., 2022). Epstein's Framework of six types of involvement involves

- 1) parenting - to assist all families in creating living spaces that encourage children' academic success,
- 2) communicating - to create efficient ways to communicate with parents and teachers on educational initiatives and student development such as parents-teachers meeting and newsletter,
- 3) volunteering - by providing parent room or family center for volunteer work, meetings, and resources for families,
- 4) learning at home - to educate parents on how to assist their children with

homework and other curriculum-related decisions and activities at home,

5) decision-making-by developing parent leaders, representatives, or parent organizations, as well as involving families in educational decisions,

6) community collaboration which to inform students and families about programs and services related to community health, culture, recreation, social support, and other topics.

A study on the EPSTEIN model in reference to parental involvement was conducted by Salac & Florida in (2022) to see the relationship between parental involvement and this model in determining student academic performance. Montes & Montes (2021) did a study on parents of children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) participation with their study likewise focusing on the EPSTEIN model. Another study was also conducted by Newman et al. (2019) to determine if there were statistically significant differences in parents' perceptions of the frequency and effectiveness of parental involvement among different demographic groups such as ethnicity, education level, socioeconomic status, and number of children in the home.

Thus, this article will also use EPSTEIN as a reference model to discuss the involvement of parents in the development of ASD children. The six categories of the EPSTEIN model will be discussed in more detail on the interaction between parental involvement and AI technology for children with ASD.

### **The role of parents with ASD children in using AI technology**

Artificial intelligence (AI) has the ability to improve teaching and learning methods and tackle a number of the major difficulties facing the field of education today. In addition to using top-notch learning resources and qualified teachers, AI could assist ASD children to learn more rapidly and effectively. UNESCO (2019) stated that the connection between AI and education involves three aspects which are 1) learning with AI – the use of AI-powered tools in classrooms, 2) learning about AI related to its technologies and techniques and 3) preparing for AI by enabling all citizens to better understand the potential impact of AI on human lives. In discussing the involvement of parents in the education of ASD children using AI technology, there are four main AI technologies used in the learning process nowadays.

These four technologies are seen from the aspect of how they can help ASD children and also how parents play a major role in achieving learning objectives.

### **Language technology**

Language technology, usually referred to as human language technology, is the science of how computer programs and devices interpret, alter, or react to spoken and written human communication. The development of language technology has shown that machines are capable of

understanding languages other than those spoken by people. Additionally, it is multi-disciplinary, which implies that it draws on a variety of computer-related fields, including natural language processing, computational linguistics, deep neural networks, and speech technology. Concerning the education of autistic children, learning technology is seen to offer many advantages to ASD children, including fostering inhibited engagement with oral and written language (Sulaiman et al., 2022), increasing familiarity with digital print (Saniputri & Tati, 2021), and developing literacy skills like writing, listening, speaking, and reading in addition to blending diverse language features like phonics and vocabulary (Bailey & Arciuli, 2022).

The involvement of parents with ASD children in the use of technology language has been done a lot by previous researchers. For instance, a study on conducting oral and written language-adapted tele-assessments conducted by Conner et al., (2022) revealed that parental support and assistance during the administration of their child's test showed a positive, strong relationship with corrective verbal assistance/support and that parent involvement behavior made up about two-thirds of the coded behaviors. Children with ASD struggle with learning, making decisions, passing judgement, and remembering things.

However, the goal of assistive technology is to enhance social and behavioral abilities. A number of studies showed that

computer-assisted learning technology, which is increasingly used, functions as an effective treatment aid for autistic children. A visual presentation application known as VALE-Emotions App has been built to see ASD children's response to emotions at different intensity levels (Olmedo-Vizueta et al., 2017). This application was created by producing several videos and games that act to teach ASD children about different kinds of emotions and analyze their progress. The study's findings indicate that developing activities can help ASD children recognize different emotions quickly and with a high level of accuracy. Parents have responded well to the use of emotion applications in assisting children with ASD.

This is demonstrated by a study from Kalantarian et al., (2020) incorporating parental involvement in this emotion application, which demonstrates that parents may monitor and track their children's performance and improve school-to-parent communication.

This coincides with what is stated in the EPSTEIN model that applications and software can help in creating living spaces that encourage children's academic success.

### **Games Playing**

Play has an essential component of a child's growth to build fine and gross motor skills, social skills, communication skills, language, thinking and problem-solving skills. It develops language,

thinking, problem-solving, social, communication, and fine and gross motor skills.

Playing diverse games helps kids learn different things. Children with autism may require assistance learning to play in ways that help them develop their talents. In a study conducted by Hassani et al., (2022) showed that videogames are one of the effective learning methods in helping the development of physical performance of children with autism. A study involving 30 ASD children using the evaluation tools included the Brininx-Oresetsky Test (BOT) and a program named "I Can Have Physical Literacy" (ICPL) and Sport, Play, and Active Recreation for Kids (SPARK) is seen to help the development of motor skills of these special children.

Penev et al., (2021) in a study that focuses on the development of ASD children's communication in a mobile game platform known as Gueswhat shows that parental involvement is an important element that can have a positive impact on ASD children's therapy. Furthermore in 2017, Malinverni et al had also conducted game research on how ASD children develop. In the Pico's Adventure game, children engaged with an avatar, their parents, and other kids in a virtual setting where they had to complete tasks to help the animated character Pico the alien. Exploratory findings demonstrated that when autistic children were engaged in the task, they were more vocal and direct with their parents and peers during game-play. In this way, if any issues arise when using the software or

applications, parents can get in touch with the school, talk with them, and share their thoughts about the kids with the teachers.

Parents can learn about their child's growth, behavior, and any issues in this method. In addition to motivating parents to further develop their parenting abilities, the dialogue and sharing with the school can assist them in resolving issues their kids may be having (Josilowski & Morris, 2019).

A better education for children can be ensured by the presence of two-way communication between parents and teachers, who can also inform parents on their children's early growth (Yunitasari et al., 2023). In addition, game playing helps the development process of ASD children when parents spend time with their children and are aware of the problems their children face. All of the indicators mentioned are related to the EPSTEIN model from the point of view of communicating and parenting. Nonetheless, parents should remain vigilant on how games are used in education to ensure they don't take the place of real-world issues.

### **Robotics**

The use of robots in the education system for autistic children is gaining ground in most schools around the world. Many previous studies have shown that the use of robots can help the educational process of autistic children (Mező & Szabóné, 2021).

In April 2021, a social robotics company known as LUXai has successfully released a robot called QTrobot. The creation of QTrobot is to help children with autism to learn and practice new social, emotional, and cognitive skills while having a social engagement with the robot playmate (Luxembourg National Research Fund, 2021).

Prior to the creation of QTrobot, in 2015, a professor in Hong Kong developed Robot for Autism Behavioral Intervention (RABI) with the intention of assisting autistic persons in enhancing their social skills. RABI is designed for autistic people between the ages of three and 18 to play a specific role to help those with autism to interact (So & Song, 2022). Parents of children with ASD have reacted favorably to the development of RABI as it appears to be able to help autistic children discern between appropriate conduct and inappropriate behavior, such as yelling and raging, based on two tiny robots performing in a specific scenario.

Children with autism will watch the play and then be asked to practice their social skills with a human tutor. The involvement of parents in the use of robots for ASD children was done by Richardson et al., (2018) where the results showed that children with ASD preferred to be with caregivers during the intervention when the novelty effect was caused by a robot and they tended to resort to close individuals. Further study by Butchart et al., (2021) reveals that parents who own robots at home are crucial in keeping their

child motivated while they are learning. This is because it is well known that autistic children undergo abrupt mood fluctuations; therefore, it is guaranteed that parental support and motivation will aid these autistic children's learning processes.

Apart from that, the involvement of parents in learning to use robots can also be seen in terms of planning learning activities for autistic children (Mitsea et al., 2020). Planning children's activities by making study schedules is one of the efforts to ensure that their children are more consistent with their learning.

Parental involvement is also an important element in improving the social communication skills of ASD children as research has been done by Amirova et al., (2022) on the effect of parental involvement in Robot-Assisted Autism Therapy (RAAT). According to the study's findings, children with ASD engage more fully with the robot during parent-involved RAAT sessions than during sessions without parents. The majority of parents in the research thought the suggested RAAT was a valuable experience to encourage their children's social participation.

### **Virtual Reality (VR)**

ASD children are more likely to have sensory problems than their typical peers. Sensory issues among ASD children included sights, sounds, increased movement and also increased stimming such as hand flapping or fingers fidgeting (Laurie, 2022). Some research suggests that autism

is closely tied to specific causes of blindness for instance, optic nerve hypoplasia (Gutiérrez et al., 2022), retinopathy of prematurity and ano-phthalia in which one or both eyes fail to develop (Molinaro et al., 2020). The most common eye movement disorder in children with ASD is strabismus, a condition that causes the eyes to point in different directions (Buffenn, 2021).

Virtual reality (VR) technology is one of the AI technologies that involve sensory input that can help ASD children in the learning process. Virtual reality is a technology for full sensory integration that permits the development of entirely fictitious virtual environments (Oktay & Yuzer (2023).

Children with ASD will be able to sense synesthesia, sensory overload, and hypersensitivity with full intensity through virtual reality. The ability of autistic people to perceive sounds, lights, patterns, and unpleasant factors shapes the illuminating insight into their daily life (Nair et al., 2022). A project titled the Immersive Virtual Reality as a Tool for Autistic Pupils and Teachers project (IVRAP), which intends to teach students with learning challenges and autism spectrum disorders how to "learn to learn," was funded by European Commission's Erasmus in 2019. Erasmus is an EU's programme to support education, training, youth and sport in Europe. Erasmus has built IVRAP after researching the usefulness of virtual reality (VR) in assisting the development process

of ASD children (Autism Europe, 2021). Apart from that, AcclimateVR was built by Jaclyn Wickham which aims to support children and teenagers with autism spectrum disorders in learning how to live independently, practice social abilities, increase safety awareness, and negotiate difficult community settings. With AcclimateVR, students may practice practical life skills at their own speed while experiencing real-world problems and circumstances in a safe setting. The development of AcclimateVR can also assist students in gaining practical life skills at their own speed while allowing them to experience real-world problems and scenarios in a calm environment (Nasr & Calabrese, 2020).

Learning at home, which can be connected to ASD children using VR at home, is one of the sorts of parent participation in the EPSTEIN paradigm. With the help of the VR concept, these exceptional kids can review what they have learnt in class while virtually being at home with their parents.

### **Method**

The methodology of this study uses a literature review approach only. This is because this study is at an early stage, and data collection activities in the field have not yet been done. The researcher has chosen to use several online services to obtain reference materials, namely through The International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)

website, Springer, Web of Science, Researchgate, and Google Scholar starting from 2017 until 2023. In the results of the study library, the researcher has found the highlights of the literature that has been carried out by previous studies that found that parental involvement has been widely recognized in autism education but there is no direct evidence that parental involvement benefits children during AI interventions. To locate relevant research, the Initial search terms such as parental involvement, parent's role, virtual reality, Autism spectrum disorder (ASD), autism, technology for autism education and EPSTEIN model have been used.

### Conclusion

This article has discussed the importance of parents' involvement in the learning process and development of ASD children through the use of artificial intelligence.

Numerous earlier research have demonstrated the significance of parents' influences on their ASD children's learning. AI assists in identifying the knowledge gaps and what an ASD student knows and does not know in order to create a customized study regimen for each child. In this approach, AI makes learning more effective by adjusting it to the individual needs of each student. AI also allows parents to be better informed of their children's progress and understanding, providing more accurate feedback and allowing parents to assist their children in areas of difficulty.

Future qualitative research should be done on the parent's involvement in the utilization of AI technology for their ASD child and how it would benefit and affect the children.

### References

- Acapela Group (2015). Advanced Robotics: Meet Milo, an Intelligent Robot That is Really Good at Teaching Children with Autism Social Skills. URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/advanced-robotics-meet-milo-an-intelligent-robot-that-is-really-good-at-teaching-children-with-autism-social-skills-562351711.html>
- Alam, A. (2022). Employing Adaptive Learning and Intelligent Tutoring Robots for Virtual Classrooms and Smart Campuses: Reforming Education in the Age of Artificial Intelligence. In *Advanced Computing and Intelligent Technologies: Proceedings of ICACIT 2022* (pp. 395-406). Singapore: Springer Nature Singapore. Doi: [10.1007/978-981-19-2980-9\\_32](https://doi.org/10.1007/978-981-19-2980-9_32)
- Aliffia, Netha, Thifalia Nurli Al-Kahfi, Putri Fardha Asa Oktavia Hans, Ayu PutriPamungkas Muti, and M. Fariz Fadillah Mardianto. "The effectiveness of speech pathology telepractice during COVID-19 pandemic for Autistic children in Indonesia." In *AIP Conference Proceedings*, vol. 2554, no. 1, p. 030012. AIP Publishing LLC, 2023. Doi: [10.1063/5.0104036](https://doi.org/10.1063/5.0104036)

- Al-Mosawi, A. J. (2020). Our experience with childhood pervasive developmental disorders (Autism and Asperger Syndrome): Cure is Possible. *EC Clinical and Medical Case Reports*, 3(4), 01-08. Doi: [10.5281/zenodo.3892198](https://doi.org/10.5281/zenodo.3892198)
- Amirova, A., Rakhymbayeva, N., Zhanatkyzy, A., Telisheva, Z., & Sandygulova, A. (2022). Effects of parental involvement in robot-assisted autism therapy. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-18. Doi: [10.1007/s10803-022-05429-x](https://doi.org/10.1007/s10803-022-05429-x)
- Autism Europe (2021). IVRAP- Virtual reality to support learning (2019-2022) – Autism Europe. [online] URL: <https://www.autismeurope.org/blog/what-we-do/ivrap-virtual-reality-to-support-learning-2019-2022/>. Available at: <https://www.autismeurope.org/blog/what-we-do/ivrap-virtual-reality-to-support-learning-2019-2022/>
- Autism Speaks (2021). What is autism? [online] Autism Speaks. Available at: <https://www.autismspeaks.org/what-autism>.
- Autism Speaks (2022). New study shows increase in global prevalence of autism. [online] Autism Speaks. Available at: <https://www.autismspeaks.org/science-news/new-study-shows-increase-global-prevalence-autism>.
- Bailey, B., & Arciuli, J. (2022). Literacy instruction for autistic children who speak languages other than English. *Autism*, 26(2), 389-405. Doi: [10.1177/13623613211025422](https://doi.org/10.1177/13623613211025422)
- Bentenuto, A., Perzoli, S., de Falco, S., & Venuti, P. (2023). Play in Children With Autism Spectrum Disorder: Development and Characteristics. In *Handbook of Research on Play Specialism Strategies to Prevent Pediatric Hospitalization Trauma* (pp. 240-267). IGI Global.
- Bozhilova, N., Welham, A., Adams, D., Bissell, S., Bruining, H., Crawford, H., ... & Moss, J. (2023). Profiles of autism characteristics in thirteen genetic syndromes: a machine learning approach. *Molecular Autism*, 14(1), 1-14. Doi: [10.1186/s13229-022-00530-5](https://doi.org/10.1186/s13229-022-00530-5)
- Buffenn, A. N. (2021). The impact of strabismus on psychosocial health and quality of life: a systematic review. *Survey of Ophthalmology*, 66(6), 1051-1064. Doi: [10.1016/j.survophthal.2021.03.005](https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2021.03.005)
- Bullivant, F. F., & Woods, S. (2020). *Autism and Eating Disorders in Teens: A Guide for Parents and Professionals*. Jessica Kingsley Publishers.
- Burns, E. (2022). What is artificial intelligence (AI)? [online] SearchEnterpriseAI. Available at: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>.
- Butchart, J., Harrison, R., Ritchie, J., Martí, F., McCarthy, C., Knight, S., & Scheinberg, A. (2021). Child and parent perceptions of acceptability and



- therapeutic value of a socially assistive robot used during pediatric rehabilitation. *Disability and Rehabilitation*, 43(2), 163-170. Doi: [10.1080/09638288.2019.1617357](https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1617357)
- Christopoulou, M., Drosos, K., & Petinou, K. (2022). Recent Advances of Telepractice for Autism Spectrum Disorders in Speech and Language Pathology. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 2379-2389. Doi: [10.2147/NDT.S384300](https://doi.org/10.2147/NDT.S384300)
- Conner, C., Henry, A. R., Solari, E. J., & Zajic, M. C. (2022). Conducting oral and written language adapted tele-assessments with early elementary-age children with autism spectrum disorder. *Autism & Developmental Language Impairments*, 7, 23969415221133268. Doi: [10.1177/23969415221133268](https://doi.org/10.1177/23969415221133268)
- Copeland, B.J. (2022). Artificial intelligence | Definition, Examples, and Applications. In: *Encyclopedia Britannica*. [online] Available at: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>.
- Copeland, J.N. (2018). What Is Autism Spectrum Disorder? [online] *Psychiatry.org*. Available at: <https://www.psychiatry.org/patients-families/autism/what-is-autism-spectrum-disorder>.
- Demeter, Z., & Mező, K. (2023). A mesterséges intelligencia pedagógiai használatára vonatkozó hajlandóság vizsgálata gyógypedagógus hallgatók körében (Investigating the Willingness to Use Artificial Intelligence in Education Among Students of Special Education Teachers). *Különleges Bánásmód - Interdiszciplináris folyóirat*, 9(2), 31–45. Doi: [10.18458/KB.2023.2.31](https://doi.org/10.18458/KB.2023.2.31)
- Domínguez-Lucio, S., Compañ-Gabucio, L. M., Torres-Collado, L., & de la Hera, M. G. (2022). Occupational therapy interventions using new technologies in children and adolescents with autism spectrum disorder: A scoping review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-27. Doi: [10.1007/s10803-022-05431-3](https://doi.org/10.1007/s10803-022-05431-3)
- Etemadi-Aleagha, A., & Akhgari, M. (2022). Psychotropic drug abuse in pregnancy and its impact on child neurodevelopment: A review. *World Journal of Clinical Pediatrics*, 11(1), 1. Doi: [10.5409%2Fwjcp.v11.i1.1](https://doi.org/10.5409%2Fwjcp.v11.i1.1)
- Fenning, R. M., & Butter, E. M. (2019). Promoting parent engagement in parent training for children with autism spectrum disorder. In C. R. Johnson, E. M. Butter, & L. Scahill (Eds.), *Parent training for autism spectrum disorder: Improving the quality of life for children and their families* (pp. 61–84). American Psychological Association. Doi: [10.1037/0000111-004](https://doi.org/10.1037/0000111-004)
- Fernández-Lechuga, A. I., Nuñez-Arcos, L. Y., Carrillo, P., García, L. I., Coria-Ávila, G. A., Toledo, R., ... & Manzo, J. (2021). Reduction of cutaneous von Frey thresholds in boys with autism

- following a year of tactile and emotional stimulation. *Revista mexicana de neurociencia*, 22(3), 85-88. Doi: [10.24875/rmn.20000002](https://doi.org/10.24875/rmn.20000002)
- Fombonne, E., Coppola, L., Mastel, S., & O’Roak, B. J. (2021). Validation of autism diagnosis and clinical data in the SPARK cohort. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-16. Doi: [10.1007/s10803-021-05218-y](https://doi.org/10.1007/s10803-021-05218-y)
- Gajić, A., Arsić, B., Maćešić-Petrović, D., Bašić, A., & Zdravković Parezanović, R. (2021). Teaching a child with autism spectrum disorders to tolerate delayed reinforcement. *European Journal of Special Education Research*, 7(2), 110-118. Doi: [10.46827/ejse.v7i2.3767](https://doi.org/10.46827/ejse.v7i2.3767)
- Ghazal, T. M., Munir, S., Abbas, S., Athar, A., Alrababah, H., & Khan, M. A. (2023). Early Detection of Autism in Children Using Transfer Learning. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 36(1). Doi: [10.32604/iasc.2023.030125](https://doi.org/10.32604/iasc.2023.030125)
- Gutiérrez, C., Santoni, J. L. M., Merino, P., & de Liaño, P. G. (2022). Ophthalmologic Manifestations in Autism Spectrum Disorder. *Turkish Journal of Ophthalmology/Turk Oftalmoloji Dergisi*, 52(4). Doi: [10.4274/tjo.galenos.2021.46588](https://doi.org/10.4274/tjo.galenos.2021.46588)
- Hassani, F., Shahrbanian, S., Shahidi, S. H., & Sheikh, M. (2022). Playing games can improve physical performance in children with autism. *International Journal of Developmental Disabilities*, 68(2), 219-226. Doi: [10.1080/20473869.2020.1752995](https://doi.org/10.1080/20473869.2020.1752995)
- Hasyim, M., Saleh, F., Yusuf, R., & Abbas, A. (2021). Artificial Intelligence: Machine Translation Accuracy in Translating French-Indonesian Culinary Texts. Available at SSRN 3816594. Doi: [10.2139/ssrn.3816594](https://doi.org/10.2139/ssrn.3816594)
- Höfer, J., Hoffmann, F., Kamp-Becker, I., Küpper, C., Poustka, L., Roepke, S., ... & Bachmann, C. J. (2019). Complementary and alternative medicine use in adults with autism spectrum disorder in Germany: results from a multi-center survey. *BMC psychiatry*, 19, 1-8. Doi: [10.1186/s12888-019-2043-5](https://doi.org/10.1186/s12888-019-2043-5)
- Hurwitz, S., Garman-McClaine, B., & Carlock, K. (2022). Special education for students with autism during the COVID-19 pandemic: “Each day brings new challenges”. *Autism*, 26(4), 889-899. Doi: [10.1177/13623613211035935](https://doi.org/10.1177/13623613211035935)
- IBM (2022). What is Artificial Intelligence (AI)? | IBM. [online] [www.ibm.com](https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence). Available at: <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence>.
- IEEE Spectrum (2022). Nao - ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. [online] [robots.ieee.org](https://robots.ieee.org). Available at: <https://robots.ieee.org/robots/nao/#~:text=Founded%20in%202005%2C%20Aldebaran%20has>
- Josilowski, C. S., & Morris, W. A. (2019). A qualitative exploration of teachers'

- experiences with students with autism spectrum disorder transitioning and adjusting to inclusion: Impacts of the home and school collaboration. *The Qualitative Report*, 24(6), 1275-1286. Retrieved from <https://www.proquest.com/scholarly-journals/qualitative-exploration-teachers-experiences-with/docview/2243315280/se-2>
- Kalantarian H, Jedoui K, Dunlap K, Schwartz J, Washington P, Husic A, Tariq Q, Ning M, Kline A, Wall DP. (2020) The Performance of Emotion Classifiers for Children With Parent-Reported Autism: Quantitative Feasibility Study *JMIR Ment Health*;7(4):e13174. Doi: [10.2196/13174](https://doi.org/10.2196/13174)
- Kehinde, O. A., Lindly, O. J., Ntombela, B., & Hermann, C. (2022). Brief Report: Gender-Based Stereotypical Roles of Parents Caring for Autistic Children in Nigeria and South Africa. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-12. Doi: [10.1007/s10803-022-05582-3](https://doi.org/10.1007/s10803-022-05582-3)
- Kumar, A.V.. & Kalpana M. (2020). Fuzzy Expert System in Agriculture Domain. Doi: [10.4018/978-1-5225-9175-7.ch001](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9175-7.ch001)
- Kundu, R., Panwar, D., & Singh, V. (2022). Autism Spectrum Disorder Study in a Clinical Sample Using Autism Spectrum Quotient (AQ)-10 Tools. In *Proceedings of Third International Conference on Sustainable Computing: SUSCOM* 2021 (pp. 249-255). Springer Singapore. Doi: [10.1007/978-981-16-4538-9\\_25](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4538-9_25)
- Laurie, C. (2022). *Sensory and Motor Strategies: Practical Ways to Help Autistic Children and Young People Learn and Achieve*. Jessica Kingsley Publishers.
- Lung, F. W., Chiang, T. L., Lin, S. J., Lee, M. C., & Shu, B. C. (2018). Advanced maternal age and maternal education disparity in children with autism spectrum disorder. *Maternal and child health journal*, 22, 941-949. Doi: [10.1007/s10995-018-2470-9](https://doi.org/10.1007/s10995-018-2470-9)
- Luxembourg National Research Fund (2021). From lab to startup: LuxAI and QTrobot – a robot to help children with autism. [online] FNR – Luxembourg National Research Fund. Available at: <https://www.fnr.lu/research-with-impact-fnr-highlight/from-lab-to-startup-luxai/>.
- Malinverni L., Mora-Guiard J., Padillo V., Valero L., Hervás A., Pares N. (2017). An inclusive design approach for developing video games for children with Autism Spectrum Disorder. *Comput. Hum. Behav.* 71, 535–549. Doi: [10.1016/j.chb.2016.01.018](https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.01.018)
- Martín-Gutiérrez, A., Leal-Vega, L., Alcoceba-Herrero, I., Herrera-Medina, J., Arenillas-Lara, J. F., & Coco-Martín, M. B. (2022). Educational Opportunities of Virtual Game-Based Initiatives for Students With Disabilities. In *Handbook of Research on the*

- Influence and Effectiveness of Gamification in Education (pp. 433-454). IGI Global.
- Masabanda, C., Oña, A., Loza, D., Cortez, B., & Alban, A. (2023, January). Design and Construction of an Anthropomorphic Robotic Head with Gestural Projection. In Applied Technologies: 4th International Conference, ICAT 2022, Quito, Ecuador, November 23–25, 2022, Revised Selected Papers, Part II (pp. 340-354). Cham: Springer Nature Switzerland. Doi: [10.1007/978-3-031-24971-6\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24971-6_25)
- McCrossin, R. (2022). Finding the true number of females with autistic spectrum disorder by estimating the biases in initial recognition and clinical diagnosis. *Children*, 9(2), 272. Doi: [10.3390/children9020272](https://doi.org/10.3390/children9020272)
- Mező, K., & Szabóné Burik, E (2021): A robotokkal történő oktatás, az élménypedagógia aspektusából ( Using Robots in the Teaching Process from an Experimental Educational Aspect. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, 3. (2.) 19-32. Doi: [10.35406/MI.2021.2.19](https://doi.org/10.35406/MI.2021.2.19)
- Mitsea, E., Lytra, N., Akrivopoulou, A., & Drigas, A. (2020). Metacognition, Mindfulness and Robots for Autism Inclusion. *Int. J. Recent Contributions Eng. Sci. IT*, 8(2), 4-20. Doi: [10.3991/ijes.v8i2.14213](https://doi.org/10.3991/ijes.v8i2.14213)
- Molinaro, A., Micheletti, S., Rossi, A., Gitti, F., Galli, J., Merabet, L. B., & Fazzi, E. M. (2020). Autistic-like features in visually impaired children: A review of literature and directions for future research. *Brain sciences*, 10(8), 507. Doi: [10.3390/brainsci10080507](https://doi.org/10.3390/brainsci10080507)
- Montes, G., & Montes, S. A. (2021). Parental involvement of parents of children with ADHD: a first population study. *Journal of attention disorders*, 25(10), 1497-1505. Doi: [10.1177/1087054720911099](https://doi.org/10.1177/1087054720911099)
- Nair, A. S., Priya, R. S., Rajagopal, P., Pradeepa, C., Senthil, R., Dhanalakshmi, S., ... & Zuo, X. (2022). A case study on the effect of light and colors in the built environment on autistic children's behavior. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 2733. Doi: [10.3389/fpsy.2022.1042641](https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.1042641)
- Nasr, A., & Calabrese, M. (2020). Comments Of The Public Interest Spectrum Coalition Before the Federal Communications Commission In the Matter of Unlicensed Use of the 6 GHz Band Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz (ET Docket No. 18-295, GN Docket No. 17-183). URL: <https://alair.ala.org/handle/11213/16033>
- Nathans, L., Brown, A., Harris, M., & Jacobson, A. (2022). Preservice teacher learning about parent involvement at four universities. *Educational Studies*, 48(4), 529-548. Doi: [10.1080/03055698.2020.1793297](https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1793297)
- Newman, N., Northcutt, A., Farmer, A., & Black, B. (2019). Epstein's model of

- parental involvement: Parent perceptions in urban schools. *Language Teaching and Educational Research*, 2(2), 81-100. Doi: [10.35207/leter.559732](https://doi.org/10.35207/leter.559732)
- Nielsen, A. (2021). My Conversation with Mitja Mavsar, Co-Founder of Speech Blubs. [online] Big Abilities. Available at: <https://bigabilities.com/2021/04/20/my-conversation-with-mitja-mavsar-co-founder-of-speech-blubs/>
- Oktay, Ö. S., & Yüzer, T. V. (2023). Immersive Learning, Immersive Scenarios, and Immersive Technologies. In *Shaping the Future of Online Learning: Education in the Metaverse* (pp. 83-111). IGI Global.
- Olmedo-Vizueta, D., Hernandez-Ambato, J., Ávila-Pesantez, D., Bilotta, E., & Pantano, P. (2017). VALE-Emotions: Teaching mobile application for individuals with Autism Spectrum Disorders. *Enfoque UTE*, 8, 358-373. Doi: [10.29019/enfoqueute.v8n1.145](https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.145)
- Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23, 425-436. doi: [10.1007/s10055-018-0363-2](https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2)
- Penev, Y., Dunlap, K., Husic, A., Hou, C., Washington, P., Leblanc, E., ... & Wall, D. P. (2021). A mobile game platform for improving social communication in children with autism: a feasibility study. *Applied clinical informatics*, 12(05), 1030-1040. Doi: [10.1055/s-0041-1736626](https://doi.org/10.1055/s-0041-1736626)
- Porayska-Pomsta, K., Alcorn, A. M., Avramides, K., Beale, S., Bernardini, S., Foster, M. E., ... & Smith, T. J. (2018). Blending human and artificial intelligence to support autistic children's social communication skills. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 25(6), 1-35. Doi: [10.1145/3271484](https://doi.org/10.1145/3271484)
- Puig-Lagunes, Á. A., Rocha, L., Morgado-Valle, C., Beltran-Parrazal, L., & Lopez-Meraz, M. L. (2021). Brain and plasma amino acid concentration in infant rats prenatally exposed to valproic acid. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93. Doi: [10.1590/0001-3765202120190861](https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190861)
- Raja, M., & Priya, G. G. (2021). Conceptual Origins, Technological Advancements, and Impacts of Using Virtual Reality Technology in Education. *Webology*, 18(2). Doi: [10.14704/WEB/V18I2/WEB18311](https://doi.org/10.14704/WEB/V18I2/WEB18311)
- Richardson, K., Coeckelbergh, M., Wakunuma, K., Billing, E., Ziemke, T., Gomez, P., Vanderborgt, B., & Belpaeme, T. (2018). Robot enhanced therapy for children with autism (DREAM): A social model of autism. *IEEE Technology and Society Magazine*, 37, 30–39. Doi: [10.1109/MTS.2018.2795096](https://doi.org/10.1109/MTS.2018.2795096)
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of*

- Artificial Intelligence in Education, 26, 582-599. Doi: [10.1007/s40593-016-0110-3](https://doi.org/10.1007/s40593-016-0110-3)
- Sacrey, L. A. R., Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Brian, J., & Smith, I. M. (2018). The reach-to-grasp movement in infants later diagnosed with autism spectrum disorder: a high-risk sibling cohort study. *Journal of eurodevelopmental disorders*, 10, 1-11. Doi: [10.1186/s11689-018-9259-4](https://doi.org/10.1186/s11689-018-9259-4)
- Salac, L. M., & Florida, J. U. (2022). Epstein Model of Parental Involvement and Academic Performance of Learners. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 11(2), pp-379. Available at: <https://european-science.com/eojnss/article/view/6398>
- Saniputri, R. M., & Tati, T. (2021, March). Identifying e-books in promoting literacy for children in general and children with disabilities. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1098, No. 2, p. 022114). IOP Publishing. Doi: [10.1088/1757-899X/1098/2/022114](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/2/022114)
- Sassu, K. A., & Volkmar, F. R. (2023). Autism and intersectionality: Considerations for school-based practitioners. *Psychology in the Schools*, 60(2), 408-418. Doi: [10.1002/pits.22757](https://doi.org/10.1002/pits.22757)
- Shanok, N. A., Jones, N. A., & Lucas, N. N. (2019). The nature of facial emotion recognition impairments in children on the autism spectrum. *Child Psychiatry & Human Development*, 50, 661-667. Doi: [10.1007/s10578-019-00870-z](https://doi.org/10.1007/s10578-019-00870-z)
- Sin, B. S. Y., & Cheng, J. L. A. (2022). Psychoeducation and Family Intervention by Parents of Children with Attention Deficit Hyperactive Disorder: A Comprehensive Review. *Journal of Cognitive Sciences and Human Development*, 8(2), 115-138. Doi: [10.33736/jcshd.4745.2022](https://doi.org/10.33736/jcshd.4745.2022)
- So, W. C., & Song, X. K. (2022). Whose Gestures are More Predictive of Expressive Language Abilities among Chinese-Speaking Children with Autism? A Comparison of Caregivers' and Children's Gestures. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-11. Doi: [10.1007/s10803-022-05658-0](https://doi.org/10.1007/s10803-022-05658-0)
- St. George, B. (2023). What is the Turing Test? [online] SearchEnterpriseAI. Available at: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/Turing-test#:~:text=The%20Turing%20Test%20is%20a>.
- Sulaiman, A., Rahman, H., Ali, N., Shaikh, A., Akram, M., & Lim, W. H. (2022). An augmented reality PQRST based method to improve self-learning skills for preschool autistic children. *Evolving Systems*, 1-14. Doi: [10.1007/s12530-022-09472-y](https://doi.org/10.1007/s12530-022-09472-y)
- Tajik-Parvinchi, D. J., Farmus, L., Cribbie, R., Albaum, C., & Weiss, J. A. (2020). Clinical and parental predictors of emotion regulation following cognitive behaviour therapy in

- children with autism. *Autism*, 24(4), 851-866. Doi: [10.1177/1362361320909178](https://doi.org/10.1177/1362361320909178)
- Terzopoulos, G., & Satratzemi, M. (2019). Voice assistants and artificial intelligence in education. In *Proceedings of the 9th Balkan Conference on Informatics* (pp. 1-6). Doi: [10.1145/3351556.3351588](https://doi.org/10.1145/3351556.3351588)
- The National Autistic Society (2023). Loneliness. [online] Available at: <https://www.autism.org.uk/advice-and-guidance/topics/loneliness>.
- UNESCO. (2019). Beijing consensus on artificial intelligence and education. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>
- Van Pelt, B.J., Idris, S., Jagersma, G. et al. (2020) The ACCEPT-study: design of an RCT with an active treatment control condition to study the effectiveness of the Dutch version of PEERS® for adolescents with autism spectrum disorder. *BMC Psychiatry* 20, 274 (2020). Doi: [10.1186/s12888-020-02650-9](https://doi.org/10.1186/s12888-020-02650-9)
- Wallace, D., Herbert, J., McGhee Hassrick, E., & Kabourek, S. E. (2022). The frequency and clustering of autism-related behaviors during encounters between the police and the autism community. *Policing: An International Journal*, 45(3), 403-420. Doi: [10.1108/PIJPSM-10-2021-0141](https://doi.org/10.1108/PIJPSM-10-2021-0141)
- World Health Organization (2019). ASD fact sheet newsroom 2019. Available at <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Yan, T., Hou, Y., & Deng, M. (2022). Direct, indirect, and buffering effect of social support on parental involvement among Chinese parents of children with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 52(7), 2911-2923. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10803-021-05170-x>
- Yunitasari, S. E., Budiarti, T. R., Amperawati, L., Rubiah, S. A., & Mongawara, L. (2023). Effective Communication Between Teachers and Parents in Handling Children with Autistic Disorders (Case Study of Handling Autistic Children at Al Azhar 13 Rawamangun Islamic Kindergarten). *Cendikia: Media Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 13(3), 468-475. Doi: [10.35335/cendikia.v13i3.3480](https://doi.org/10.35335/cendikia.v13i3.3480)
- Zocante, L., Marconi, M., Ciceri, M. L., Gagliardoni, S., Gozzi, L. A., Sabaini, S., ... & Colizzi, M. (2021). Effectiveness of Equine-Assisted Activities and Therapies for improving adaptive behavior and motor function in autism spectrum disorder. *Journal of clinical medicine*, 10(8), 1726. Doi: [10.3390/jcm10081726](https://doi.org/10.3390/jcm10081726)





## TANÍTÓ SZAKOS HALLGATÓK ÉS A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

### Szerzők:

Demeter Zsuzsa  
Debreceni Egyetem (Magyarország)

Mező Katalin (Ph.D.)  
Debreceni Egyetem (Magyarország)

Első szerző e-mail címe:  
zsuzsiprof08@gmail.com

### Lektorok:

Olteanu Lucian (Ph.D.)  
Gál Ferenc Egyetem (Magyarország)

Szabóné Balogh Ágota (Ph.D.)  
Gál Ferenc Egyetem (Magyarország)

...és további két anonim lektor

### Absztrakt

A mesterséges intelligencia használatával kapcsolatos vizsgálatok széles körben elterjedtek, de mégis újszerűnek mondhatók a pedagógia területén. Jelen tanulmányban a tanító képzésbe bekapcsolódó leendő pedagógusok véleményeit elemezzük a mesterséges intelligenciával kapcsolatos tapasztalataikra, eszközismeretükre és felkészültségükre vonatkozóan. A bemutatásra került vizsgálatban 100 fő tanító szakos hallgató véleményének megkérdezésére került sor, saját összeállítású online kérdőív segítségével. Eredményeink szerint a leendő tanítók nem ismerik a mesterséges intelligencia alapú, a pedagógiában is használható eszközöket. A mesterséges intelligenciát keverik az infokommunikációs technológiákkal. Viszont a válaszadók többsége nyitott az ilyen irányú képzések felé.

**Kulcsszavak:** mesterséges intelligencia, tanítók, innováció, innovatív pedagógia

**Diszciplínák:** neveléstudomány, informatika

### Abstract

LOWER-ELEMENTARY SCHOOL TEACHER PROFESSIONAL STUDENTS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Investigations related to the use of artificial intelligence are widespread, yet they can still be considered novel in pedagogy. In this study, we analyze the opinions of future lower elementary school teachers who will join teacher training regarding their experience, their knowledge of

tools, and their preparation in relation to artificial intelligence. In the research, we gauged the opinions of 100 lower elementary school teacher students who were asked using a self-made online questionnaire. According to our results, future lower elementary school-teachers are not familiar with artificial intelligence-based tools that can also be applied in pedagogy. They mixed artificial intelligence with info-communication technologies. However, the majority of respondents are open to training in this direction

**Keywords:** artificial intelligence, lower elementary school-teachers, innovation, innovative pedagogy

**Discipline:** pedagogy, IT

Demeter Zsuzsa és Mező Katalin (2023): Tanító szakos hallgatók és a mesterséges intelligencia. *Mesterséges Intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 73-87. doi: 10.35406/MI.2023.1.73

A mesterséges intelligencia (röviden MI) kutatása napjaink egyik kiemelt vizsgálati területe (bővebben: Mező és Mező, 2019), nem véletlen, hiszen az utóbbi időben elterjedt az MI használata az élet minden területén elterjedt a különböző programok, chatbotok, alkalmazások, szoftverek által. Ezek az eszközök azonban nem csak az különböző munkák végzésekor vagy a szabadidő eltöltésében vannak jelen életünkben, hanem megjelentek a pedagógia munkában, a különféle oktatási intézményekben is, s Molnár (2019) szerint kifejezetten paradigmaváltás tapasztalható az elektronikus tanulási környezetek fejlődésében. Bár egyre jelentősebb azoknak a publikációknak, kutatásoknak a száma, amelyek a mesterséges intelligencia felhasználási lehetőségeivel foglalkoznak (lásd. Kiss, 2015; Mező K. és Szabóné Burik, 2021; Mező F., 2021; Balázs, 2022; Psenák és Štrbo 2022), mégis a mesterséges intelligencia pedagógiai

célú felhasználásának lehetőségei terén számos kiaknázatlan terület mutatkozik. Jelen vizsgálatunkban tanító szakos hallgatók hajlandóságát térképeztük fel az MI eszközök oktatásban való alkalmazására és a továbbképzésen való részvételre vonatkozóan, mivel a mesterséges intelligencia használata iránti nyitottság a felnövekvő nemzedék attitűdjét is befolyásolhatja.

### **Az innováció**

Az innováció napjaink népszerű kifejezéseinek egyike, mely szorosan összefonódik a mesterséges intelligenciával és a kreativitással (Mező és Mező, 2018 a, b, c ; Mező és Mező, 2020). A latin eredetű, etimológiailag az innovare kifejezésből származó (v.ö.: Keresztes, 2013) innovációt, mint fogalmat a komplexitásából adódóan meglehetősen nehéz definiálni. Legszűkebben értelmezve újulást, újí-

tást, megújulást jelent, ezek a magyar megfelelők azonban nem fedik le átfogóan azokat a tevékenységeket, folyamatokat, amelyek az innováció körébe tartoznak (Keresztes, 2013). Többek között azért nehezen megfogható az a fogalom, mert erősen kontextusfüggő, így jelenthet az újításon, megújuláson felül változást, tanulást, kényszert, fejlődést, adaptációt, de Schumpeter (1980) szerint kreatív rombolást is egyaránt. A Magyar Innovációs Szövetség az innováció meghatározása során hivatkozik az Oslo kézikönyv 2005-ös, harmadik kiadásában lévő meghatározásra (I1, lásd még: EC, 2004), mely szerint: „Az innováció: új vagy jelentősen javított termék (áru vagy szolgáltatás) vagy eljárás, új marketing-módszer, vagy új szervezési-szervezeti módszer bevezetése”.

Az innováció fogalmának fejlődését, folyamatos alakulását Vukoszavlyev, Polereczki és Kovács (2019) gyűjtötte össze. A gyűjtésből a teljesség igénye nélkül néhányat kiemelve elmondható, hogy Schumpeter (1939) szerint az innováció egy új ötlet, termék bevezetése, forrás felfedezése vagy szervezet létrehozása. Rogers és Shoemaker (1971) szerint ez egy új ötlet, melyet az egyén észlel újdonságként. Drucker (1985) úgy véli, hogy az innováció a gazdasági, műszaki területen kívül, az élet minden területén megjelenik és erre szükség is van. Simmonds (1986) és a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (röviden: OECD) (2006) megfogalmazása szerint ez egy új termék vagy szolgáltatás, vagy valamilyen már létező termék, szolgáltatás újszerű felhasználása. Az OECD Frescati Kézikönyve (1993:19) szerint pedig „az innováció egy ötlet

átalakulása vagy a piacon bevezetett új, illetve korszerűsített terméké, vagy az iparban és kereskedelemben felhasznált új, illetve továbbfejlesztett műveletté, vagy valamely társadalmi szolgáltatás újfajta megközelítése”.

Shapiro, Haahr, Bayer és Boekholt (2007) öt sajátosságot határoztak meg az innovációkkal kapcsolatban. E szerint az innováció egy megfogható termék, produktum, eljárás; újdonság egy szervezet számára; nem csak rutinváltozás; számokkal mérhető változásokkal, eredményekkel jár és nyilvános, a hatásait tekintve.

Az OECD 2015-ben három jellemzőt határozott meg, amely megkülönbözteti az innovációt minden egyéb, szervezeten belül bekövetkező változástól, módosítástól. Az innováció eszerint a) újdonság, adott közegben újnak számító megközelítés b) egy ötlet gyakorlati megvalósítása és c) egy olyan hatás, amely az újdonság hatására bekövetkező eredményesség javulását feltételezi.

Amikor innovációról beszélünk – bármely definíciót használjuk – fontos, hogy tisztában legyünk különböző elemekkel, amelyek elősegítik azt, hogy az adott újdonságot, új ötletet, terméket, szolgáltatást, folyamatot teljes egészében lássuk. Tudnunk kell tehát, hogy milyen szükségleteket elégít ki, mi a célja, milyen a célcsoportja, milyen időtávon tud megvalósulni, milyen eredmények várhatóak, kiknek a közreműködésére van szükség a megvalósulás érdekében, mekkora a költségvetése és melyek azok a módszerek, amelyekkel eredményesen képes megvalósulni (Polonyi, Abari és Szabó, 2019). Az OECD korábban említett, 1993-as definíciója rendkívül meghatározó, hiszen ez az ötlet

megszületésétől egészen az alkalmazásáig végbemenő folyamatot veszi figyelembe. Ebben az esetben pedig az ötlet nem korlátozódik le csupán a gazdasági területre, hanem egyaránt értelmezhető a tudományos, a kereskedelmi, a műszaki és a kulturális tevékenységek területén – azaz termelő ágazaton túl kiterjed a szolgáltatásokra is. Ennek köszönhetően az innováció megjelenhet az egészségügyben, az oktatásban, a különféle nonprofit intézményekben, de akár a kulturális iparban is (Jarjabka és Lóránd, 2010).

### **Innováció az oktatásban**

A technológia fejlődése kihívások elé állítja az oktatási intézményeket és az oktatási rendszert, ugyanis az újabbnál újabb technológiai eszközök megjelenésére, a különböző fejlesztésekre valamilyen módon reagálni kell ahhoz, hogy lépést tudjon tartani az oktatás is ezekkel az innovációkkal. Az oktatás területét az Oslo kézikönyv alapján meghatározott különböző innovációk érhetik el. Ilyen a termékinnováció, a folyamatinnováció, a marketing- vagy a szervezeti innováció (OECD – Eurostat, 2005). Ez alapján termékinnovációként tekinthetünk a valamilyen szempontból újító tankönyvre vagy tanulástanítást segítő eszközre, folyamatinnovációként egy újfajta tanítási-tanulási módszerre, marketinginnovációként egy új, tananyagokat összegyűjtő és rendszerező programra, honlapra és szervezeti innovációként egy új működési rendszer, munkaközösség, adminisztrációs rendszer bevezetésére (OECD,

2014). Az OECD innovációtípológiája megkülönböztet további újításokat, melyek különböző területen érvényesülnek, így a tanítási stílus, a tanítási gyakorlat, az osztályszervezet, a tankönyvek, az értékelési módszerek, az IKT eszközök alkalmazása, a sajátos nevelési igényű tanulók tanítása, a team-munka, a visszajelzés és az intézmény külső kapcsolatának területén (OECD, 2014).

Djellal és Gallouj (2015) öt pontban foglalja össze az oktatásban megjelenő újítások típusait: a) technológiai termék és folyamatinnovációk, b) kognitív innovációk, c) konceptuális innovációk, d) szervezeti és folyamatinnovációk és e) hálózati innovációk. Paniagua és Istance (2018) kézzelfoghatóbb, pedagógusok által alkalmazott innovatív ötleteket, kezdeményezéseket csoportosítottak, és a következő kategóriákat hozták létre: az alkotáson, önkifejezésen keresztül, kreativitással átítatott tanulás; a tapasztalati úton történő tanulás; a gamifikáció; az IKT eszközök segítségével történő problémamegoldó tanulás megvalósítása; a kritikai gondolkodás fejlesztése és az online-offline tanulás össze-kapcsolása.

Az innovációtípusok megfogalmazása során tapasztalható, hogy az elméletalkotók nagy hangsúlyt fektetnek a pedagógusok szerepére. Scheerens (2010) szerint ugyanis az iskolán belüli újítások megvalósításában a pedagógusok újításhoz való hozzáállásának kulcsszerepe van, ők azok, akik megfogalmazzák az új ötleteket, megosztják és átdolgozzák, majd alkalmazzák az oktatási intézményeken belül. A nyitott, innovatív szemléletük és gondolkodásuk nélkül a merev rendszer nem változik, nem következik be változás az oktatásban

sem a módszerek, sem az eszközök, sem az adminisztrációs folyamatok, sem a szervezeti működés területén.

### **A mesterséges intelligencia, mint innováció**

Napjaink egyik legnépszerűbb innovációja a mesterséges intelligencia (röviden: MI). A mesterséges intelligenciának nincsen egy egységes definíciója, az Európai Bizottság (2018) azonban úgy próbálja megfogalmazni, hogy „a mesterséges intelligencia olyan intelligens viselkedésre utaló rendszereket takar, amelyek konkrét célok eléréséhez elemzik a környezetünket és – bizonyos mértékű autonómiával – intézkedéseket hajtanak végre.” A mesterséges intelligenciának többféle csoportosítása létezik, ilyen például az általános és a speciális MI. Az általános MI képes ellátni olyan feladatokat, amelyre alapvetően az emberek képesek, míg a speciális MI egy-egy meghatározott feladatot tud elvégezni magas színvonalon. Jelenleg általános MI még nem ismert, speciális MI eszközök viszont annál inkább. Ezek megjelennek például az okostelefonokban, az online térképekben vagy a streaming szolgáltatásokban. A jelenleg használt MI-k főleg döntéshozó, döntéselőkészítő és tanácsadó rendszerként működnek. Éppen ezért az MI kutatások négy fő témát érintenek, a képfeldolgozást, a természetes nyelvi feldolgozást, a döntéstámogatást és robotikát.

Az, hogy az MI széleskörben az életünk minden területén megjelenik, emlékeztethet az első ipari forradalomra, ugyanis hasonló pozitívumok és negatívumok társulnak ehhez a

jelenséghez. Az MI változást hozhat az internetes keresés sebességében, a munkahelyek megszűnésében és keletkezésében, munkakörök alakulásában, a mindennapi élet ritmusaiban, de alakítja ezáltal az oktatási rendszert is (Fehér és mtsai, 2020).

### **MI eszközök a pedagógia területén**

Ahogy az korábban említettük, a technológia fejlődése kihat az oktatási rendszerre is, ugyanis ahhoz, hogy léptést lehessen tartani a fejlődéssel szükségszerű elsajátítani az ehhez kapcsolódó ismereteket és kialakítani a megfelelő kompetenciákat. Mivel még nem ismert általános MI, ezért az oktatás területén is a speciális, egy-egy területre fókuszáló MI-k jelentek meg.

A mesterséges intelligencián belül megkülönböztethetünk szoftver vagy hardver alapú MI-ket, tehát elektromos programokat vagy kézzel fogható eszközöket. Az oktatás területén alkalmazható, szoftver alapú MI például a Helpicto, a Midjourney, a Dall-e, a LIFEisGAME, a Microsoft Translator, az AI Dungeon, a Stable Diffusion, a While true: Learn vagy az Elias programok.

A Midjourney (I2), Dall-e (I3), Stable Diffusion (I4) olyan MI alapú szoftverek, amelyek bármilyen bevitt szöveget képesek fotorealisztikus képpé generálni. Ezzel teret adnak a kreatitásnak és lehetővé teszik, hogy pillanatok alatt művészekké váljunk és alkossunk. Ezek az MI-k nem csak a fényképek létrehozásában segíthetnek, alkalmasak lehetnek a nyelvtanulás elősegítésére, a kommunikációs képességek fejlesztésére, a kreativitás

és a digitális kompetenciák fejlesztésére egyaránt.

A Helpicto (I5) olyan alkalmazás, amely lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy az általa kimondott mondatok képsorokká váljanak. A Verbalio-hoz hasonlóan segít a kognitív zavarokkal küzdő, beszédfogathétkossággal élő, autizmus spektrum zavarral élő tanulóknak a nyelvi kifejező és befogadó készség kialakításában.

A LIFEisGAME (I6) olyan alkalmazás, amely elsősorban az autizmus spektrum zavarral élő tanulók arc- és érzelmfelismerését segíti elő.

A Microsoft Translator (I7) elsődleges célja a kommunikációs hiányosságok áthidalása, a nyelvtanulás megtámogatása és az élő feliratozás. Használatának megtanulása segítheti a nyelvtanulást, illetve a többi, idegennyelvű MI szoftver alkalmazását.

Az AI Dungeon (I8) egy szöveges alapú szimulációs videójáték, melyben szöveg alapú instrukciókkal hozhatók létre egy fantáziavilág karakterei és forgatókönyve.

A While true: Learn (I9) egy szimulációs videójáték, amely a Scratch-hez hasonlóan vizuális programozást tesz lehetővé.

Az Elias (I10) egy innovatív nyelvtanulási alkalmazás, ami révén a tanulók tematikus leckemodulok segítségével tanulhatnak különböző nyelveket. A feladatokat a pedagógusok szabadon alakíthatják, azonban az MI segítségével a feladatbank betáplálása után az applikáció gyakorló feladatokat képes generálni.

A hardver alapú MI-t tekintve, Magyarországon leginkább ismert oktatási célú robo-

tok (ezen belül: padlórobotok): a Bee-Bot, a Blue-Bot, az Ozobot, az Edison és az mBot – ezekről, valamint élménypedagógiai célú felhasználásukról további részletek Mező és Szabóné (2021) tanulmányában olvashatók.

Ezekon kívül említésre méltók még: a képi felismerésen keresztül a VR/AR eszközök, vagy az okos IKT eszközök, melyek elsősorban a szoftverek alkalmazását teszik lehetővé.

A VR/AR eszközök (I11, I12) nem tartoznak közvetlenül az MI eszközök csoportjába, azonban a képi feldolgozás, felismerés, illetve a felhasználásuk módja kapcsán említésre méltók. A Virtuális Valóság és a Kiterjesztett Valóság eszközeivel az oktatásban fel lehet gyorsítani a tanulási folyamatokat, élményalapúvá válhat az oktatás. A VR/AR eszközök kiegészítő információkat adnak az egyes tananyagokhoz, segítségükkel játszhatóak, könnyebben elképzelhetőek, vizuálisan megjeleníthetőek a bonyolult folyamatok, összetett tananyagok, melyek megkönnyítik a tanulást és élményt, tapasztalatszerzést biztosítanak a tanulók számára.

Összességében elmondható, hogy nagy számban léteznek a különböző tantárgyakban vagy képességfejlesztési területen alkalmazható MI alapú szoftverek és hardverek.

### **Továbbképzések**

„A mai gyermekek számára az információ világa globális, többnyelvű, interaktív, dinamikus, ahol kiemelt szerepet kapnak a pillanatnyi érdeklődést kiszolgáló szüntelen döntési helyzetek” (Kovács, 2012, 21. o.). A mesterséges

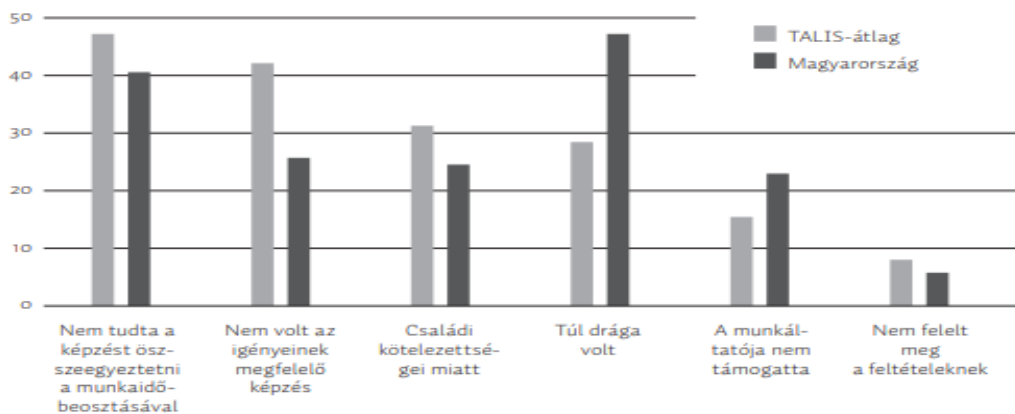
intelligencia eszközei a jelenlegi, döntés köré épülő szerepükkel megerősíthetnék és támogathatnák a tanulók ezen igényét. A kérdés csupán az, hogy ismerik-e a pedagógusok a megfelelő eszközöket és az eszközök felhasználásának kreatív, interaktív, érdekes módjait (Kovács, 2012). A folyamatosan fejlődő, technológiával egyre jobban átítatott tanulási- és tanítási módszerek elterjedése miatt feltételezhetjük, hogy bizonyos ismeretek, kompetenciák megjelentek a pedagógusok körében is. Ez esetben a digitális kompetencia mellett az innovatív ötletekre, eszközökre való nyitottság, rugalmasság, alkalmazásukra való hajlandóság is lényeges szempont (Farkas, 2012). Ez azért is hangsúlyos, ugyanis nemzetközi kutatások bizonyítják, hogy a tanulók sikerességét a pedagógusok felkészültsége, munkájuk minősége határozza meg (Sági, 2011). A McKinsey & Company 2010-es jelentés szerint a magas, jó színvonalú oktatáshoz hozzájárul az is, hogy a pedagóguspályát erősítsük, népszerűsítsük és a pedagógusokat folyamatosan képezzük és továbbképezzük. Ezt indokolja az, hogy a folyamatosan bekövetkező társadalmi, gazdasági, technológiai változások miatt a pedagógusokkal szembeni elvárások egyre összetettebbek és sokrétűbbek. Azon kívül, hogy magas színvonalú tudást sajátítanak el és adnak át képesnek kell lenniük felvenni a lépést az oktatási rendszereket is elérő külső változásokkal annak érdekében, hogy olyan készségeket tudjanak kialakítani a tanulóknál, hogy ők a társadalom önálló, hasznos, aktív tagjaivá váljanak (Sági, 2012). A tanulók kompetenssé tétele nem egyszerű feladat,

elvégzése számos kompetencia meglétét várja el a pedagógustól, melyeket a „Tanári kompetenciák és képesítések közös európai alapelvei” című dokumentum rögzíti (Common European Principles, 2004). A szükséges kompetenciák összegyűjtése után a következő fontos kérdés, hogy hogyan lehet kialakítani ezeket. A szakmai továbbképzések szolgálják ezt a feladatot, lehetőséget biztosítva a pedagógusoknak a különböző szerepvállalásokhoz kapcsolódó készségek fejlesztéséhez (Sági, 2012), ugyanis „a pedagógusok szakmai továbbfejlődése ideális esetben olyan folyamatos, élethosszig tartó tanulási folyamat, amelynek során a pedagógusok tanuló közösség tagjaiként aktívan és konstruktív módon vesznek részt a saját és tágabb szakmai közösségük továbbfejlesztésében” (Sági, 2012, 57. o.) A továbbképzések célja tehát a szaktárgyi tudás felelevenítése az új kutatási eredmények által, új tanulási-tanítási technikák (lásd például: OxIPO alapú tanulásfejlesztés, Mező és Mező, 2014; Mező, 2019) megismerése, változtatásra való ösztönzés, új oktatási stratégiák kidolgozása, információk és jó gyakorlatok cseréje a résztvevők között, illetve egymás támogatása az eredményesség eléréseért (Sági, 2012). A továbbképzések megvalósulhatnak a képzés színterét tekintve online vagy offline formában, rövid kurzusként, együttműködésre építő hosszú folyamatként, szakmai tanulóközösségekben vagy a szervezet által szabályozott tanulóként, a finanszírozást tekintve pedig önköltséges vagy valamilyen külső forrásból támogatott formában (Sági, 2012). Azonban ezen feltételek mellett is megjelennek akadályozó tényezők (1. ábra),

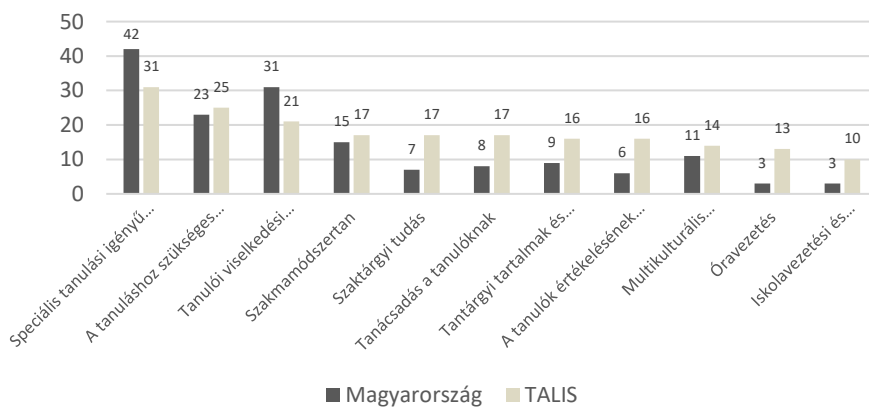
amelyek meggátolják a pedagógusokat abban, hogy részt vegyenek a továbbképzésen. Fontos azonban, hogy az akadályozó tényezők fennállása ellenére a TALIS-országokban mért

2008-as adatok szerint a pedagógusok számos olyan területet megfogalmaztak, amelyen szükségességét éreznék a fejlődésnek (2. ábra).

1. ábra: A szakmai továbbképzésen való részvétel akadályai. Forrás: TALIS (2009) (113)



2. ábra: Kielégítetlen szakmai továbbképzési igényekkel rendelkező pedagógusok aránya Magyarországi és a TALIS-országokbeli viszonylatban, 2008 (%). Forrás: Saját szerkesztés TALIS (2009) adatok alapján (113)





Az adatok érdekessége többek között, hogy a tanításhoz szükséges számítógépes, informatikai ismeretek már 2008-ban is megjelentek igényként a továbbképzések témái között. 2008 óta a technológiai változás óriási fejlődésen ment keresztül, így feltételezhető, hogy ez az igény napjainkban még magasabb a pedagógusok körében is.

### A vizsgálat bemutatása

A mesterséges intelligencia és annak eszközeinek alkalmazása innovatív terület a pedagógia minden területén, ennek ellenére azonban nem népszerű kutatási téma. Jelen vizsgálatban feltérképeztük a válaszadó tanító szakos hallgatók korábbi tapasztalatait, és azt, hogy milyen és mennyi eszközt ismernek és/vagy alkalmaznának későbbi munkájuk során. Emellett arra is kíváncsiak voltunk, hogy milyen hajlandósággal vennének részt továbbképzéseken a témával kapcsolatban.

A vizsgálat során négy hipotézist fogalmaztunk meg.

1. hipotézis: A tanító szakos hallgatók legalább 50%-a találkozott eddigi tanulmányai során MI eszközzel.

2. hipotézis: A válaszadók többsége legalább három MI eszközt ismer.

3. hipotézis: A válaszadók többsége legalább három MI eszközt alkalmazna későbbi munkája során.

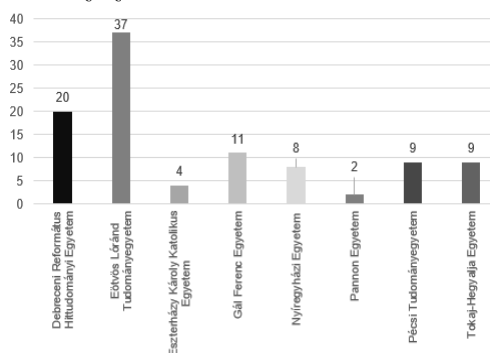
4. hipotézis: A megkérdezett tanító szakos hallgatók legalább 60%-a részt venne MI-re vonatkozó továbbképzésen.

### Minta

A vizsgálat során célirányos mintavétel történt, melynek kritériuma volt, hogy a válasz-

adó tanító szakos hallgató legyen bármely magyarországi egyetemen nappali vagy levelező tagozaton. Ezen szempontok alapján 8 egyetem (3. ábra) n=100 hallgatója vett részt a kutatásban, akiknek a válaszaik feldolgozhatóak voltak és megfeleltek a kritériumoknak. A nemi eloszlást tekintve 94 nő és 6 férfi válaszadó volt. Ez a nemi arány kedvezőtlenebb, mint amit a 2019-es OECD vizsgálat mutat, mely szerint 75%-os a nőkaránya a pedagóguspályán (OECD: Education at a Glance, 2019).

3. ábra: A válaszadó tanító szakos hallgatók intézményi affiliáció szerinti eloszlása (n=100) Forrás: a Szerzők



### Módszer

A vizsgálat során felvettük a kapcsolatot minden olyan magyarországi egyetemen, ahol jelenleg tanító képzés folyik. Az elérés elsősorban emailen és zárt Facebook csoportokban történt. Ezekben a felületeken csatlakoztunk a saját készítésű, online kérdőívet, mely 23 kérdést tartalmazott, köztük nyílt, zárt végű, többválaszos kérdéseket és egy skálát.

### Eredmények

Az első hipotézist tekintve azt az eredményt kaptuk, hogy a válaszadók 82 %-a nem találkozott korábbi tanulmányai során kifejezetten MI eszközzel (1. táblázat), csak olyan eszközzel van tapasztaltuk, amelyek segíthetnének az MI alapú eszközök, alkalmazások használatában (lásd okos IKT eszközök), így ez a hipotézis nem igazolódott be. Azok a válaszadók (a minta 18%-a), akik ismernek valamilyen eszközt, azok replikát, IKT eszközt, okos telefont, számítógépet, okosórát, okosmérleget, okostáblát említettek. Csak egy fő volt, aki a virtuális asszisztens esetében rendelkezett tapasztalattal és szintén egy fő említette meg a robotok használatát.

1. táblázat: A válaszadó tanító szakos hallgatók eddigi tapasztalatai az MI eszközökkel kapcsolatban (1=igen, 2=nem). Forrás: a Szerzők

Korábbi tanulmányai során volt lehetősége MI eszközökkel tanulni?	Gyakoriság (fő)	Relatív gyakoriság (%)
Igen	18	18,0
Nem	82	82,0
Összesen	100	100,0

Khi-négyzet = 40,960, df=1, p < 0,001

A második és a harmadik hipotézis sem nyert alátámasztást, ugyanis arra az eredményre jutottunk, hogy a válaszadó hallgatók 61%-a egy vagy két eszközt ismer, míg három vagy több eszközt mindössze a válaszadók 39%-a ismer (khi-négyzet=4,840, df=1, p < 0,05; 2. táblázat). Az ismert eszközök között az okos

IKT eszközök azok, melyeket ismerik és alkalmaznák is a kitöltők, azonban ezek nem MI alapú szolgáltatások, lehetőségek, alkalmazások. A válaszokból megállapítható, hogy a leendő tanítók nem tudnak különbséget tenni a mesterséges intelligencia és az infokommunikációs technológiák között. Arra a kérdésre, hogy mely MI eszközöket alkalmaznák a pedagógiai munkájuk során a leendő tanítók nagytöbbségben a „hagyományos” IKT eszközök mellett döntöttek, de elvétve előfordult a szociális segítőrobotok, robot pedagógiai asszisztens, Microsoft Translator, VR (virtuális valóság) eszközök, AR (kiterjesztett valóság) alkalmazása is. A válaszadók közül 1 fő jelezte, hogy „egyiket sem ismerem annyira, hogy tudnám alkalmazni” valamint egy fő nyilatkozott úgy, hogy „nincs szükségem ilyen-fajta segítségre”.

2. táblázat. A válaszadó tanító szakos hallgatók által ismert eszközök darabszáma. Forrás: a Szerzők

Ismert eszköz darabszáma	Gyakoriság (db)	Relatív gyakoriság (%)
3 vagy több darab*	39	39,0
0-2 darab*	61	61,0
Összesen:	100	100,0
<b>Részletesebben:</b>		
0	0	0,0
1	31	31,0
2	30	30,0
3	21	21,0
4	10	10,0
5	5	5,0
6	2	2,0
7	1	1,0
Összesen:	100	100,0

\*Khi-négyzet = 47,360; df = 1, p < 0,001

A negyedik hipotézist tekintve azt tapasztaltuk, hogy a válaszadók nagy része (n=87) részt venne MI-hez kapcsolódó továbbképzésen (3. táblázat), azonban többen (n=39 fő) különböző feltételekhez szabják a részvételt. A feltételek között a rövid időtartamot, az online részvétel lehetőségét és a finanszírozást (azaz abban az esetben venne részt a képzésen, ha az intézmény kifizetné) jelölték meg. A válaszadók közül nyolcan nem szeretnének részt venni mesterséges intelligenciával kapcsolatos képzésen, és 5 fő teljesen elutasította ennek a lehetőségét. Ez azt is jelente, hogy a válaszadók fiatalok 13 %-a teljesen elzárkózik a témától.

3. táblázat. A tanító szakos hallgatók hajlandósága a MI-vel kapcsolatos továbbképzésen való részvételre vonatkozóan. Forrás: a Szerző

Válasz*	Gyakoriság (db)	Relatív gyakoriság (%)
Mindenképp részt venne	18	18,0
Egy feltétellel venne részt	39	39,0
Két feltétellel venne részt	21	21,0
Három feltétellel venne részt	9	9,0
Nem venn részt, mert nem alkalmazná a tudást a gyakorlatban	8	8,0
Semmiképp nem venne részt, mert nem nyitott a témára	5	5,0
<i>Összesen</i>	100	100,0

\*Khi-négyzet = 47,360, df = 5, p < 0,001

### Megvitatás

A vizsgálat során csak 100 fő tanító szakos hallgatót sikerült elérnünk, így az eredmények nem reprezentatívak, azonban néhány az

eredményekből levonhatunk néhány figyelemreméltó összefüggést. A fentebb megfogalmazott feltételezések alapján arra jutottunk, hogy mindegyik hipotézist el kell utasítanunk. Az első hipotézis esetében 82 fő nem találkozott eddigi tanulmányai során MI eszközzel, amely azt jelenti, hogy ezek az eszközök még nem elterjedtek az oktatásban hazánkban, és a jelenlegi tanító képzési rendszerbe sem került még beépítésre a mesterséges intelligencia oktatási célú felhasználására vonatkozó tartalmak. Holott az Európai Unió ajánlásaiban ez már elvárásként szerepel, és kifejezetten e témakörre szerveződő ingyenes oktatóprogramokat hoznak felszínre (lásd például: etikai iránymutatások oktatók számára a mesterséges intelligencia (MI) és az adatok oktatási és tanulási célú felhasználásáról, I16). A második és a harmadik hipotézis esetében elmondható, hogy a mesterséges intelligencia alapú eszközök nem ismertek a tanító szakos hallgatók körében, az ismeretek hiányában pedig nem alkalmaznák ezen eszközöket, ugyanis nem értik a használatát és nem ismernek felhasználási módokat. A válaszadók nagy arányban részt vennének a témához kapcsolódó továbbképzésen, azaz a leendő tanítók nyitottan állnak a mesterséges intelligencia felé.

Összességében elmondható, hogy bár a válaszadók tapasztalatlanok a témában, nem ismernek MI eszközöket, szoftvereket, robotokat és ezek alkalmazási lehetőségeit, nyitottak a továbbképzésekre vagy a módszertani kiadványokra, amelyek segítségével szolgálnának számukra az egyes eszközök gyakorlatban történő alkalmazásában.

### Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Pályázati azonosító: ÚNKP-22-1-I-DE-101. A támogatást ezúton is köszönjük!

### Irodalomjegyzék

- Balázs Patrícia (2022): Kooperatív játékok információhiányos környezetben. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, IV. évf. 2022/1. szám. 37-48. DOI [10.35406/MI.2022.1.37](https://doi.org/10.35406/MI.2022.1.37)
- Djellal, F. & Gallouj, F. (2015). Taking into account hidden innovation in innovation networks: the role of public-private innovation networks in services. *Working Papers*. halshs-01191137, HAL.
- Drucker, P. F. (1985). *Innovation and Entrepreneurship*. Harper Collins Publishers, USA.
- Európai Bizottság (2018). *A közös európai adattér kialakítása felé*. 237. sz. közlemény
- Farkas Róbert (2012). Szót érteni a netgenerációval – a tanári készségek fejlesztése. In Baukó Bernadett (szerk.) *Új utakon a netgeneráció oktatásában*. Tempus Közalapítvány, Budapest.
- Fehér Krisztián, Kökényesi-Bartos Attila, Bártfai Barnabás (2020). *Mesterséges intelligencia, avagy Pandora digitális szelencéje*. BBS-INFO Kft., Budapest
- irányuló cél-, eszköz- és hatásorientált kutatáshoz. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, I. évf. 2019/1. szám. 9–29. DOI [10.35406/MI.2019.1.9](https://doi.org/10.35406/MI.2019.1.9)
- Jarjabka Ákos, Lóránd Balázs (2010). *Az innováció alapjai és megjelenési területei*. Pécs-Baranyai Kereskedelmi és Iparkamara. Pécs
- Keresztes G. (2013): Az innováció fogalmának történeti áttekintése. *Gazdaság & Társadalom*. 5 (4) 81–95.
- Kiss Róbert (2015). *Robotika a közoktatásban*. Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium, Kecskemét.
- Kovács István Vilmos (2012). az oktatási innovációk terjedésének esélyei Magyarországon. In Hunya Márta (szerk.) *Az innováció hálózatai - Az iskolarendszer és az iskolamenedzsment új modelljei*. Oktatókutató és Fejlesztő Intézet, Budapest.
- Mező Ferenc (2021). Olvasókörök szerepe a mesterséges intelligenciával kapcsolatos attitűdök formálásában – Módszertani javaslat Asimov robot-történeteire reflektáló vitaklubok szervezésével kapcsolatban. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, III. évf. 2021/2. szám. 79-95. DOI [10.35406/MI.2021.2.79](https://doi.org/10.35406/MI.2021.2.79)
- Mező Ferenc (2022). Fogalomalkotó gondolkodást fejlesztő gyakorlatok az OxIPOmodell aspektusából. *OxIPO – interdiszciplináris tudományos folyóirat*, 2022/3. 43-55. DOI [10.35406/OXIPO.2022.3.43](https://doi.org/10.35406/OXIPO.2022.3.43)
- Mező Katalin, Mező, Ferenc (2014). The IPOO-model of creative learning and the students' information processing

- characteristics. *Horizons of Psychology*, 23.136-144. DOI [10.20419/2014.23.414](https://doi.org/10.20419/2014.23.414)
- Mező Ferenc, Mező Katalin (2018). Az innovációra nevelés: a felnőttkori tehetséggondozás egyik sarokpontja. *Tehetség* 26 : 2 pp. 14-15.
- Mező Ferenc, Mező Katalin (2018). Innováció és tehetséggondozás : a K+F Stúdió innovációs programja. *Különleges Bánásmód - Interdiszciplináris folyóirat*, 1(1), 85–88. DOI [10.18458/KB.2018.1.85](https://doi.org/10.18458/KB.2018.1.85)
- Mező Ferenc, Mező Katalin (2019). Interdiszciplináris kapcsolódási lehetőségek a mesterséges intelligenciára
- Mező Ferenc, Mező Katalin (2020) (szerk.). *Innovációs stúdium*. Debrecen, Magyarország : K+F Stúdió
- Mező Katalin, Mező, Ferenc (2018). Az innováció és a kreativitás viszonya. In: Koncz, István; Szova, Ilona; Tariszka, Éva (szerk.) *Felkészülés (együtt) a XXI. század kihívásaira : Mentorált fiatalok és mentoraiké írásai*. Budapest, Magyarország : Professzorok az Európai Magyarországiért Egyesület. pp. 217-242.
- Mező Katalin, Szabóné Burik Erika (2021). A robotokkal történő oktatás, az élménypedagógia aspektusából. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, III. évf. 2021/2. szám. 19-32. DOI [10.35406/MI.2021.2.19](https://doi.org/10.35406/MI.2021.2.19)
- Molnár Balázs (2019). Paradigmaváltások az elektronikus tanulási környezetek fejlődésében I. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*. I. évf. 2019/1. szám. 41-52. DOI [10.35406/MI.2019.1.41](https://doi.org/10.35406/MI.2019.1.41)
- OECD – Eurostat (2005). *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. The Measurement of Scientific and Technological Activities, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2006): Oslo Manual (3rd ed.). (Letöltés dátuma:
- OECD (2014). *Measuring Innovation in Education: A New Perspective*. Educational Research and Innovation. OECD Publishing, Paris.
- OECD (2015). *The Innovation Imperative in the Public Sector: Setting an Agenda for Action*. OECD Publishing, Paris.
- OECD (2019). Education at a Glance 2019). Link: [https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019\\_f8d7880d-en](https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019_f8d7880d-en) Letöltés ideje: 2023. 06. 03.
- Paniagua, A., Istance, D. (2018). *Teachers as Designers of Learning Environments: The Importance of Innovative Pedagogies*. OECD Publishing, Paris.
- Polonyi Tünde, Abari Kálmán, Szabó Fruzsina (szerk.) (2019). *Innováció az oktatásban*. Oriold és Társai Kiadó, Budapest
- Pšenáková Ildikó és Štrbo Milan (2022): Online is lehet „puskázni?”. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, IV. évf. 2022/1. szám. 49-55. DOI [10.35406/MI.2022.1.49](https://doi.org/10.35406/MI.2022.1.49)
- Rogers, E. M., Shoemaker, F. F. (1971). *Communication of innovations: a cross-cultural approach*. Free Press, New York.
- Sági Matild (2011). A pedagógusok szakmai továbbfejlesztésének hazai gyakorlata

- nemzetközi tükörben. In Sági Matild (szerk.) *Erők és eredők – A pedagógusok munkaerő-piaci helyzete és szakmai továbbfejlesztése: nemzetközi áttekintés és hazai gyakorlat*. Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet, Budapest.
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles: A theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. McGraw-Hill Book Company, New York-Toronto-London.
- Shapiro, H., haahr, J. H., Bayer, I., Boekholt, P. (2007). *Background Paper on Innovation and Education*. For the European Commission, DG Education & Culture in the context of a planned Green Paper on Innovation.
- Sheerens, J. (2010). *Teacher's Professional Development*. Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg.
- Simmonds, K. (1986): Marketing as innovation: The eighth paradigm. *Journal of Management Studies*. 23 (5) 479–495. DOI [10.1111/j.1467-6486.1986.tb00433.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.1986.tb00433.x)
- Vukoszavlyev Szlobodan, Polereczki Zsolt, Kovács Bence (2019.) Az innováció fogalmának fejlődése. In *Egészségpiaci kutatások*. 185-195.
- Internetes források
- I1 A Magyar Innovációs Szövetség honlapján a Publikációk menüpontban található „Az innováció meghatározása” című oldal. Letöltés: 2018.05.10. Web: [https://www.innovacio.hu/1g\\_hu.php](https://www.innovacio.hu/1g_hu.php)
- EC: Innovation Management and the Knowledge-driven Economy. Brussels. 2004
- I2: Midjourney: <https://www.midjourney.com/home/?callbackUrl=%2Fapp%2F>
- I3: Dall-e: <https://openai.com/product/dall-e-2>
- I4: Stable Diffusion: <https://stablediffusionweb.com/>
- I5: Helpicto: <https://www.helpicto.com/>
- I6: Alves, S., Marques, A., Queirós, C., & Orvalho, V. (2013). LIFEisGAME prototype: A serious game about emotions for children with autism spectrum disorders. *PsychNology Journal*, 11(3), 191–211. Letöltés ideje: 2023. 05. 06.  
Link: [file:///E:/Downloads/PSYCHOLOGY\\_JOURNAL\\_11\\_3\\_QUEIROS.pdf](file:///E:/Downloads/PSYCHOLOGY_JOURNAL_11_3_QUEIROS.pdf)
- I7: Microsoft Translator: <https://www.microsoft.com/en-us/translator/>
- I8: AI Dungeon: <https://aidungeon.io/>
- I9: While true: Learn: <https://luden.io/wtl/>
- I10: Elias robot: <https://www.eliasrobot.com/>
- I11: Galamos Adrienn (1997). *Virtuális Valóság- A tapasztalás új módjai és formái* Letöltés ideje: 2023. 05. 06.  
Link: <https://mek.oszk.hu/02000/02051/02051.pdf>
- I12: A kiterjesztett valóság az oktatásban: tananyagötletek: <https://www.apple.com/hu/education/docs/ar-in-edu-lesson-ideas.pdf> Letöltés ideje: 2023. 05. 06.
- I13: TALIS (2009): *Creating Effective Teaching and Learning Environments: First*

results from TALIS. OECD, Paris. Link:  
<http://www.oecd.org/dataoecd/17/51/43023606.pdf> Letöltés ideje: 2023. 05. 05.

I14: McKinsey & Company (2010). Mona Mourshed, Chinezi Chijoke, Michael Barber: How the world's most improved school systems keep getting better. Link:[https://www.mckinsey.com/~ /media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/how%20the%20worlds%20most%20improved%20school%20systems%20keep%20getting%20better/how\\_the\\_worlds\\_most\\_improved\\_school\\_systems\\_keep\\_getting\\_better.pdf](https://www.mckinsey.com/~ /media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/how%20the%20worlds%20most%20improved%20school%20systems%20keep%20getting%20better/how_the_worlds_most_improved_school_systems_keep_getting_better.pdf) Letöltés ideje: 2023. 05. 04.

I15: Common European Principles (2004). *Common European Principles for Teacher*

*Competences and Qualifications*. European Commission Directorate-General for Education and Culture. 2004. Link: [http://eclipse.lett.unitn.it/download/teacher%20principles\\_en.pdf](http://eclipse.lett.unitn.it/download/teacher%20principles_en.pdf) Letöltés ideje: 2023. 05. 05.

I16: *Etikai iránymutatások oktatók számára a mesterséges intelligencia (MI) és az adatok oktatási és tanulási célú felhasználásáról*. Link: file:///C:/Users/User/Downloads/etikai%20ir%C3%A1nymutat%C3%A1sok%20oktat%C3%B3k%20sz%C3%A1m%C3%A1ra%20a%20mesters%C3%A9ges-NC0722649HUN.pdf Letöltés ideje: 2023. 06. 04.





**MÓDSZERTANI TANULMÁNYOK**



## A GAMIFIKÁCIÓ TERJEDŐ TRENDJE ÉS AZ ELEKTRONIKUS TANULÁSI KÖRNYEZET

### Szerző:

Jaskóné Gácsi Mária (PhD)  
Miskolci Egyetem Bölcsészettudományi Kar  
Tanárképző Intézet (Magyarország)

### Lektorok:

Szabóné Balogh Ágota (PhD)  
Gál Ferenc Egyetem (Magyarország)

Stóka György (PhD)  
Tokaj Hegyalja Egyetem (Magyarország)

A szerző e-mail címe:  
maria.gjasi@gmail.com

és további két anonim lektor...

### Absztrakt

Az elektronikus tanulási környezet azt igényli, hogy a fókusz a tanuló tanulási tevékenységére kerüljön. Ennek következtében már nem korszerű kizárólag tanításról beszélni, ehelyett a tanítás-tanulás folyamatát kell értelmezni. Thomas W. Malone munkásságának eredményeként rájött, hogy a játékos elemek használata pozitív élmény, ezért tesztelte az oktatásban (Christians 2018). A téma kapcsán Malone olyan kérdésekre próbált választ kapni, hogy: Hogyan lehet olyan utasításokat adni a tanulóknak, ami felkelti az érdeklődésüket és a tanulás folyamatához is hozzájárulnak? Miért olyan lebilincselőek a számítógépes játékok? Mitől lesznek a dolgok szórakoztatóak? Hogyan lehetne ezeket az elemeket az oktatásban úgy felhasználni, hogy az érdekesebb és élvezetesebb legyen? Malone konklúziója: a motiváltságot nagymértékben támogatja az, ha a diákoknak van lehetőségük, és kiválaszthatják azt, hogy milyen feladattal szeretnének tevékenykedni.

**Kulcsszavak:** elektronikus tanulási környezet, infokommunikációs eszközök, motiváció, online tanulás.

**Diszciplína:** pedagógia, informatika

### Abstract

#### *THE GROWING TREND OF GAMIFICATION AND THE E-LEARNING ENVIRONMENT*

The e-learning environment requires that the focus is on the learner's learning activity. As a consequence, it is no longer appropriate to talk exclusively about teaching, but instead to

understand the teaching-learning process. As a result of Thomas W. Malone's work, he realised that the use of playful elements is a positive experience and therefore tested it in education (Christians 2018). On this topic, Malone sought to answer questions such as: How can instruction be given to students that will engage their interest and contribute to the learning process? Why are computer games so engaging? What makes things fun? How can these elements be used in education to make it more interesting and enjoyable? Malone concludes that motivation is greatly enhanced when learners are given a choice, a choice of what task they want to do.

**Keywords:** e-learning environment, ICT, motivation, online learning.

**Discipline:** pedagogy, IT

Jaskóné Gácsi Mária (2023): A gamifikáció terjedő trendje és az elektronikus tanulási környezet. *Mesterséges Intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 91-101. doi: 10.35406/MI.2023.1.91

A nem-iskolai aktivitásokban egyre nagyobb az infokommunikációs eszközök szerepe és az iskolapadban ülő gyermekeket az oktatásnak kellene felkészíteni a technológia használatára, eligazodásra a technológia által vezérelt világban (Burgeois et al. 2019). A gamifikáció, ezen belül is az úgy nevezett komoly játékok (serious games) jelenthetik az egyik megoldást a problémára, de szemléleti, módszertani változás nélkül ezek sem válnak csodaszerré. A mobileszközök például tökéletesen támogatnák a kooperatív tanulást és a személyre szabott feladatokat, azonban a tanárok ezeket többnyire házi feladatok készítésére, tesztek megoldására veszik igénybe, ennél jobban nem aknázzák ki a lehetőségeket (Molnár et al. 2020). A következőkben áttekintem a tanulási környezet, ezzel párhuzamosan a tanulói és a tanári szerep változását, és igyekszem azt is

bemutatni, hogy mely területek hiányosságai akadályozzák az infokommunikációs eszközök iskolai használatának nagyobb elterjedését.

### **A tanulási környezet és a tanulói szerep változása**

A tanulási környezetet a szakirodalom viszonylag egyszerűen definiálja: a tanulás helye, illetve a tanulás külső feltételrendszere (Komenczi 2010, Kovács 2011). A tradicionális paradigma értelmében a sikeres oktatás alapvető feltétele a jó tanár, aki megtanít valamit a tanulónak. Ennek tanulási környezete az iskola, ahol az úgy nevezett közvetlen irányítású szakasz keretében a tanuló ismereteket kap. Majd az otthoni tanulási környezetben a tanuló egyedül végez bizonyos feladatokat, de ennek során tá-

maszkodik a korábbi, órai információkra, magyarázatokra is, ezért ezt közvetett irányítású szakasznak nevezzük. Az elektronikus eszközök megjelenése új tanulási környezetet is jelent, és lényegében a korábbi paradigma átalakulását igényli (Kovács 2011). A hagyományos tanulási környezetben az infokommunikációs eszközök használata nem lehet hatékony, hiszen ezek az eszközök valóban korszerű módon használva nem statikus ismereteket adnak át, hanem dinamikus folyamatokat működtetnek, interaktívak (lásd: Kőfalvi 2006).

Az új technológiák, az infokommunikációs eszközök egyben új tanulási környezetet is jelentenek (1. táblázat). Ez pedig gazdasági és társadalmi szinten is megváltozott feltételeket jelent, az oktatással, a valamire történő megtanítással foglalkozó környezet is átalakul. Ez a hangsúlyváltás a gyakorlatban, az iskolai oktatásban nehezen valósul meg.

*1. táblázat: A tanulási környezet változásai. Forrás: Kadocsa 2006, 12. o.*

<b>Ipari társadalom</b>	<b>Információs társadalom</b>
Tények, szabályok, kész megoldások tanítása	Készségek, kompetenciák, attitűdök kialakítása
A tudás forrása, az iskola, a tanár, a tananyag	A különböző forrásokból szerzett tudáselemek integrációja
A tanári instrukció dominanciája	Komplex környezetben a tanuló önállóan építi fel tudását
Kötött tanterv, merev órabeosztás	Szabad időkeret, projekt alapú tanulás
Osztályteremben történő tanítás	Könyvtárban történő tanulás

Olyan új paradigmának kellene meghonosodnia ugyanis, ami hangsúlyozza, hogy a megtanítás helyett a tanulást kell lehetővé tenni. A paradigmaváltás elemeként a tanulás kap kiemelt szerepet (szemben a korábbi paradigma tanításközpontúságával). A tanítói feladat, szerep hagyományos formája átalakul, a tanuló válik központi elemmé. A tanítási funkciók egy részét átveszik az elektronikus, infokommunikációs eszközök. Az új eszközök új oktatástechnológiákat is hoznak. A hagyományos tanár-diák kapcsolat részben virtuálissá alakul. Hangsúlyossá válik a kompetenciák fejlesztése: a tudás már alkalmazni tudást jelent (Kovács 2011). Az új infokommunikációs eszközök megjelenése kapcsán kialakuló új tanulási környezet sajátosságait, a tradicionális környezethez képest érzékelhető változásait az 1. táblázat foglalja össze. Kadocsa (2006) szintén kiemeli a teljeskörű átrendeződést, ami az iskolában érinti a hagyományos tanítás-tanulás szervezését, módszereit és tartalmát is. Szűts Zoltán pedig arról ír, hogy „vigyük haza az iskolát” a diák egyéni tanulási közegébe. Vagyis egy olyan fordított osztályteremben másfajta pedagógiai hozzáállással, amelyben „az osztályterem frontális, utasításalapú tanulási téréből az ismeretek elsajátításának folyamata az egyéni tanulási térbe kerül, és erre az időre kilép a valós térből. Később, amikor visszalép, az osztály tere már interaktívvá válik, ahol a tanár és a tanulók közti dinamika felgyorsul.” (Szűts, 2020) Természetesen ebben a tanulási közegben az önirányított tanulásnak megnő a jelentősége.

Az elektronikus tanulási környezet tehát azt igényli, hogy a fókusz a tanuló tanulási tevékenységére helyeződjön. Ennek következtében már nem korszerű kizárólag tanításról beszélni, ehelyett a tanítás-tanulási folyamatát kell értelmezni. Így egyértelmű, hogy a tanár szerepe átalakul, és megváltozik a tanulási környezet is, csupán a tanuló marad változatlan eleme a folyamatnak. Amíg ezek az értelmezések a hagyományos paradigma keretében maradnak, addig az elektronikus eszközökkel való tanulás nem épül be az élethosszig tartó tanulás folyamatába, és nem módosulnak a tanulásszervezési stratégiák sem. A módszertani változások fontossága a tervezés és a tanulási-tanítási folyamat során is megjelenik (Kovács 2011, Ollé és Csekő 2004, Mező és Mező, 2014, 2019).

Utóbbi kapcsán ki kell térni a tanulás tanulására mint kulcskompetenciára is. Ezt sokszor tévesen a tanulással magával azonosítják, a félreértések elkerülése miatt célszerűbb az önszabályozott tanulás elmélete felől közelíteni. Innen nézve kulcsfogalom a motiváció, a tanulási stratégiák és a tanulással kapcsolatos énkép.

Ezek a későbbiekben kiegészültek a tanulási attitűddel, a vélekedésekkel és az elköteleződéssel, és az adott specifikus területre vonatkozó jellemzőkkel. Az olvasás esetében például ilyen a megértés, a memorizáló stratégiák és az emlékezet. Összességében elmondható, hogy a tanulás komplex fogalom, amely nem szűkíthető csupán a kognitív komponensre. A tanulónak ismernie kell a tanulás célját, saját igényeit, késznek kell lennie a tanulásra és aktívan monitoroznia azt,

valamint szabályozni saját tanulását (Habók és Magyar 2020).

A tanulói szerep változása a gyakorlatban azzal jár, hogy megszűnik a korábbi passzív szerep. A tanulónak nemcsak motiválnak és elkötelezettnek kell lennie, de meg kell keresnie az egyes információkat is, és képesnek kell lennie arra, hogy kiválassza közülük a helyeseket/pontosakat. Azaz keresni, navigálni, azonosítani, kiemelni és strukturálni kell tehát, majd integrálni kell az információkat (Mező, 2004, 2011). Az ismeretek feldolgozása és transzferálása pedig azt igényli, hogy a tanuló képes legyen hipotézist felállítani, döntést hozni, problémákat megoldani és értékelni az eredményeket. A döntéshozatal szerepe kiemelkedő: a tanulónak megfelelő és viszonylag gyors szelekció által ki kell választania a helytálló információkat, adatokat. Az új infokommunikációs eszközök mellett lehetőséget adnak a megoldások átgondolására, ismétlésére és újra strukturálására is (Kovács 2011).

A különféle tanulási stratégiáknak általánossá kell válnia, azaz a tanulónak nemcsak egy adott feladat esetében kell tudnia működtetni ezeket. Habók és Magyar (2020) egy online fejlesztőprogramot mutat be, amely szövegfeldolgozó technikákon keresztül támogatja a tanulási stratégiákat. Elemei közé tartozott a vázlat készítése, fogalmi térkép, valamint cselekményalapú ábrák megalkotása. A program modulokból épült fel. A tanulók minden modul elején információt olvashattak a feladataikról, majd arról, hogy mit fognak gyakorolni az adott modulban, végül pedig arról is, hogy a feladatok megoldása során

mire figyeljenek. Az elkészült programot 127 felső tagozatos tanuló tesztelte. Az alkalmazást követő értékelés során mind a pedagógusok, mind a tanulók nagyon jónak vagy jónak ítélték a programot. A tanulóknak – saját beszámolóik szerint – különösen hasznos volt a gondolattérkép alkalmazása.

A fejlesztőprogram nyolcadik modulja kooperatív feladat volt, ennek megoldása különösen nehezen ment a csoportoknak: ennek kapcsán a szerzők kiemelik, hogy „az együttműködésen, csoportmunkán alapuló feladatmegoldás továbbra is olyan terület, melyet gyakorolni kell osztálytermi környezetben is.”

Az online tanulási stratégiák kapcsán lényeges a tanulási stílus is. Ennek egyik megközelítése a modalitások szerinti felosztás. A multimédiás környezet lehetővé teszi az összes érzékszerv bevonását, multimodális érzékelést. A tanulásmódszertani vizsgálatok pedig már korábban igazolták, hogy a tanulásmenete annál hatékonyabb, minél több érzékszervünk bekapcsolódik be a folyamatba. Ugyanakkor az is tény, hogy az információk kódolása és dekódolása egyszerre zajlik vizuális és kognitív szinten. Amikor felmerül, hogy a multimédiás „tankönyv” és tananyag kevésbé hatékony, mint a hagyományos, akkor a háttérben valószínűleg a képi és a verbális információk egyensúlyának hiánya áll.

Célszerű a tanulási célú anyagokban törekedni az egyensúlyra és az egyidejűségre is, azaz a képi ábrázolás mellett a magyarázó szövegnek is érdemes elhangoznia (Papp-Danka 2014).

### **A tanári szerep és a tanórai alkalmazás**

A tanulási környezet változása, a tanuló középontba kerülése a tanári szerep változását is igényli. A tanítóknak a tervezés, a tanítás és az értékelés folyamatában is alkalmazkodniuk kellene az információs társadalom által előállított új tanulási környezethez. A gamifikáció iránt azért mutatkozik nagy érdeklődés az oktatás területén, mert a motiválás és az értékelés új lehetőségét hordozza (Mező, 2018). A gamifikáció lényegében játékelemek használata nem-játékos környezetben, azzal a céllal, hogy a tanulókat elkötelezetté tegye bizonyos feladatok megoldására. Egy 26 tanulmányt vizsgáló metaanalízis arra az eredményre jutott, hogy az egyes kutatások elsősorban a felsőoktatásra fókuszálnak, és ezen belül a motiválást említik célként. Nem egységes azonban az a tartalom, amely a motiváció fogalma alatt megjelenik. A metaanalízis a következő főbb csoportokat találta:

- a tanulók különféle készségeinek fejlesztése;
- valamilyen kihívás teljesítése a tanulási tartalom megerősítése érdekében;
- a tanuló elköteleződésének növelése a tartalom könnyebben érthetővé tétele által;
- a tudáselsajátítás növelés;
- viselkedésbeli változás elérése;
- társas tanulás, szocializáció.

Más, hasonlóan átfogó elemzések is arra jutottak, hogy az esetek közel felében a felsőoktatásban, míg a másik felében a felnőttképzésben használnak ilyen feladatokat, és csupán a maradék néhány százalék jelenik meg

a köznevelés területén. Általánosságban elmondható, hogy az oktatók nagy része nem rendelkezik kellő tudással és kellő idővel ahhoz, hogy megfelelő tanulási környezetet hozzon létre, és így marad a téves vélemény, mely szerint a gamifikáció az informatikai kurzusokhoz köthető. Épp emiatt ellentmondásosak a hatékonysággal kapcsolatos vizsgálatok eredményei is (Borges et al. 2014, Caponetto et al. 2014, Dicheva et al. 2015).

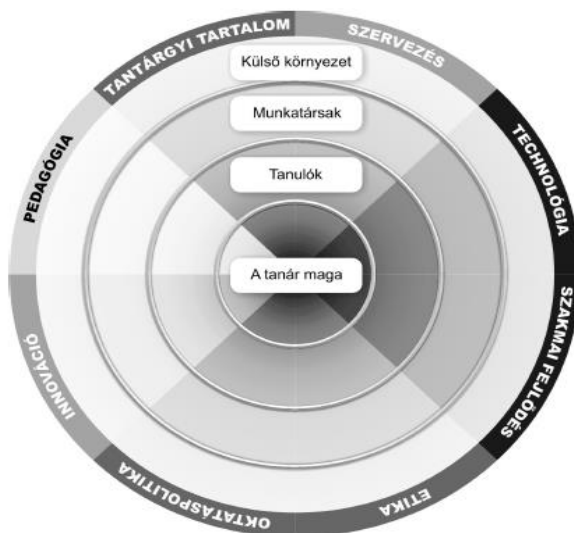
A fentiek arra is rámutatnak, hogy bár a gamifikáció az értékelésben is hoz új lehetőségeket, a tanárok ezt jellemzően nem érzékelik vagy nem használják ki. Azaz bármilyen keretet alkalmaz az adott pedagógus, elsősorban a tradicionális paradigma elhagyására van szükség. Az új tanulási környezethez egy szakértői csoport a következő

tulajdonságokat találta szükségesnek: kreativitás, intuíció, kockázatvállalási hajlandóság, döntésképeség, motiváció, alkalmazkodóképesség, rugalmasság, szívósság, intellektuális kíváncsiság, pozitív szemlélet, forrásgazdagság, együttműködési képesség, kommunikációs készség, rendszeresség, szervezethezesség, határozottság, valamint problémamegoldó beállítódás.

Ebben a keretrendszerben nem-csak egy mátrixot alakítottak ki, hanem létrehoztak egy dinamikus modellt is (1. ábra).

A modell nyolc fő területet jelöl ki, ezek: pedagógia, tananyag, szervezet, technológia, szakmai fejlődés, etika, oktatáspolitikai, innováció. Az említett szakmai tulajdonságoknak az egyes területek mindegyikén meg kell jelenniük, ezek alapozzák meg a szakmai kompetenciákat

1. ábra: Az U-Teacher keretrendszer dinamikus ábrája. Forrás: Kárpáti és Hunya 2009. 2. o.





és segítik a tanárokat abban, hogy megoldást találjanak a társadalom és az oktatási környezet változása következtében felmerülő kérdésekre.

Az energikus ábrázolás és leírás egyértelműen fókuszál a pedagógus jellemvonásainak és értékeinek fejlődésére, amelyek az IKT-eszközök alkalmazása során a szakmai munkavégzésük tekintetében nélkülözhetetlenek. A legalapvetőbb perszonális attribútum a becslételesség, megbízhatóság, következetesség, pártatlanság, igazságosság, gondosság, elfogadás, elkötelezettség, empátia, igazságkeresés, az egyén respektálása.

A pedagógusok szerepváltozása végső soron egy tutoráló, mentoráló szerepet kellene, hogy megalkosson, amelynek keretében a tanulók önszabályozó tanulását képesek támogatni. Ennek során változtatniuk kellene a tananyagtartalmak és az értékelés formáin, és a tanulóknak kialakítandó kompetenciák térképét is meg kell alkotniuk.

A jelenlegi osztálytermi környezet és az önszabályozó tanulás között azonban ellentmondás feszül: miközben az elektronikus környezet ösztönözné a tanulót az önszabályozásra, az instruktív, zárt oktatás erre egyáltalán nem ad lehetőséget (Papp-Danka 2014). Ugyanakkor tudjuk, hogy valamennyi diák, a saját maga által vezérelt fejlesztése következtében olyan hasznos és újító tudás, gondolkodás és problémaérzékenység birtokába jut, amely a konstruktív életvezetést teszi lehetővé számára. Egy önszabályozó tanulásal kapcsolatos tanulmányban olvasható, hogy az önszabályozás mélyen fuzionál a személyiség kutatásával. (D Molnár 2013) Így az

önszabályozást az egyéniség főbb attribútumaival egyetemben a jellem fundamentumának tartják, amely a megszerzett kompetencia függvényében erőteljesen növekszik (Blair, Calkins és Kopp, 2010).

A magyarországi tanárképzés és -továbbképzés az infokommunikációs eszközök szempontjából ellentmondásos eredményeket mutat. Az első, 2008-as TALIS vizsgálat során a megkérdezett tanárok negyede jelezte, hogy IKT terén lenne továbbképzési igénye, amelyre nem talál megoldást. Ez az OECD átlagában és Magyarországon is a három legfontosabb hiányterület egyike volt (Hermann et al. 2009). A 2018-as TALIS vizsgálat már azt mutatta, hogy a továbbképzésekben Magyarország kifejezetten az élbolyba tartozik: a megkérdezett tanárok 69,3 százaléka vett részt ilyen képzésben (összehasonlításképpen a TALIS átlaga 63 százalék). IKT terén a magyarországi tanárok 20 százaléka igényelne továbbképzést, míg a TALIS átlaga 20,5 százalék. Ugyanakkor a tanárképzésben a hallgatók 51 százalékban kapnak felkészítést az IKT eszközök tanítási célú használatára, míg a TALIS átlaga 79 százalék. Lemaradást figyelhetünk meg akkor is, ha a tanulók önálló munkájának támogatását vizsgáljuk. A TALIS ebbe a kategóriába sorolta például a hosszabb ideig tartó projekteket és az IKT eszközökkel végzett feladatokat is. Az átlageredmények szerint a tanárok 54 százaléka engedélyezi gyakran az infokommunikációs eszközök használatát, ez az arány Magyarországon 48 százalék. Önállóan elvégzendő hosszabb feladatokat viszont csak a tanárok egytizede ad, szemben a közel 30 százalékos TALIS

átlaggal. Ehhez kapcsolódik az az eredmény is, hogy önálló csoportmunkát igénylő feladatokat átlagosan a tanárok 51 százaléka ad, míg Magyarországon ez az arány mindössze 36 százalékos (Balázi és Vadász, 2019).

A közösségi nevelés és az infokommunikációs eszközök használata, az elektronikus tanulási környezet a tradicionálishoz képest nyitottabb struktúrákat igényel. Azaz a tanárnak a tanulási folyamat egészét kellene tanítania és a tanulási eredmények ellenőrzését meg kellene osztania a tanulóval, sőt, akár teljes egészében át is engedhetné ezt a szerepet. Azonban a feladatok felosztásának megváltozása megzavarja a korábbi pedagó-

giai kapcsolati modellt, és a fenti eredmények arra utalhatnak, hogy ez Magyarországon még nem elfogadott (Kovács 2011).

A kutatások szerint a tanárok a tervezés, felkészülés szakaszában igen gyakran használják a digitális technológiákat. A különféle adatbázisokat és feladatbankokat veszik igénybe például, és a szemléltető anyagok esetében is inkább a túlzott kínálat jelenthet problémát, azaz, hogy adott esetben nehéz a legmegfelelőbbet kiválasztani, mintsem, hogy ne lehetne ilyet találni (Buda, 2020).

A tanórai alkalmazást már árnyaltabban kell vizsgálni. Az úgy nevezett SAMR-modell (2. ábra) összegezve mutatja be, hogy melyek a-

2. ábra: A SAMR-modell. Forrás: Buda 2020, 71. o.



azok az esetek, amikor az infokommunikációs eszközök ugyan megjelennek a tanórán, de használatuk nem hoz érdemi módszertani változást. A helyettesítés esetében például csak annyi történik, hogy nem a táblára kerül fel valamilyen ábra, hanem például egy power point-diára, azaz az új technológia használatának lényegében nincs nyeresége, legfeljebb a tanárnak könnyebb így létrehozni valamilyen szemléltetőeszközt.

A kiterjesztés esetében már tapasztalunk funkcionális javulást, például egy táblára hevenyészve felrajzolt ábra helyett a tanulók egy 3d-modellt láthatnak. Ez az előny már a tanuló számára is érzékelhető, és az oktatás hatékonyságát is érdemben javíthatja, azonban módszertani, szemléletbeli különbséget nem jelent. A módosítás a tényleges átalakulás első szintje: Buda (2020) szerint leggyakrabban a mérés-értékelés területén jelennek meg ezek a változások. Például a tanulók valamilyen bemutatót készítenek, megosztják az elkészült feladatokat egy blogon vagy egyéb elektronikus felületen, és ezekre a társaik és a tanárok visszajelzéseket adhatnak. Az újraértelmezés az infokommunikációs eszközök legmagasabb szintű alkalmazása: olyan megoldásokat kínál, amelyek az adott eszköz nélkül nem lennének létrehozhatók, például multimédiás eszközök segítségével, kollaboratív módon készítenek valamit a tanulók.

A mérés-értékelés területén a tudásszint mérése és az önellenőrzés, ami az infokommunikációs eszközök segítségével könnyen megvalósítható, emellett az interaktív feladatok alkalmasak ismétlésre, gyakorlásra és ellenőrzésre is. A számítógépes tesztelés egy-

értelműen pozitív változásnak tekinthető, figyelni kell ugyanakkor az esetleges hátrányokra is. Például, ha a tanulónak hosszabb szöveges választ kell begépelnie, akkor hátrányba kerülhetnek azok, akik ritkábban tesznek ilyet, és például bizonyos szimbólumokat, billentyűkombinációkat nem ismernek (Buda 2020).

Buda (2017) kutatása arra is felhívja a figyelmet, hogy a tanárok nagy része nincs felkészítve a digitális eszközök használatára, tudásukban bizonytalanok. Ugyanakkor a kutatás a négyfokú Likert-skálán 3,1 és 3,2 körüli átlagokat adott a felkészültséggel, felszereltséggel kapcsolatos attitűdre vonatkozó kérdésekre. Azaz a tanárok úgy érzik, hogy felkészültek, de a magasabb szintű alkalmazások esetében ez valószínűleg nem pontos észlelés. Bár a tanórai jelenlétet illetően a tankönyv és a tábla-kréta után harmadik helyen áll a számítógép a tanórai alkalmazásban, az interaktív tábla és a feleltető rendszer már az eszközlista végére került.

Aknai-Fehér (2017) szakirodalmi adatok alapján rávilágít arra is, hogy az IKT eszközökkel támogatott nyelvtanulás milyen előnyökkel járhat. Az előnyök között említik az online tananyagok életszerűségét, vizuális interaktív jellegét, valamint azt, hogy bárhol és bármikor rendelkezésre állnak és hatékonyan támogatja az online kollaborációt.

### Összegzés

A szakirodalom egyértelműen bemutatja, hogy az elektronikus tanulási környezet több ponton eltér a tradicionálistól. Ebben a tanuló kerül a középpontba, és szükségessé válik az

önszabályozó tanulás. Utóbbihoz a tanulónak ismernie kell saját tanulási stratégiáit és motiválnak kell lennie. Az akadályt itt az jelenti, hogy a tradicionális iskolai tanulási környezetben az ehhez szükséges kompetenciák nem fejlődnek megfelelően.

A tanári szerep is teljesen megváltozik: a korábbi ismeretátadó funkció helyett mentori feladatokat kell ellátniuk; emellett kellő mértékben ismerniük kell az infokommunikációs eszközöket, az általuk kínált lehetőségeket. Bár a tanárok részt vesznek IKT eszközökkel foglalkozó továbbképzéseken, és a saját felkészültségüket is megfelelőnek ítélik, valószínűleg a szerepfelfogás és az infokommunikációs ismeretek terén is további változásokra lenne szükség. Erre utal többek között, hogy a 2018-as TALIS felmérés adatai szerint a magyarországi tanárok alig több mint egyharmada ad rendszeresen önálló csoportmunkát igénylő feladatokat a tanulónak.

Adós a pedagógusképzés ebben a tekintetben, hiszen a tanárnak tudatos szakmai munkát kell folytatnia. A tudatosság része a permanens reflexió, az önnevelés, a cselekvéseinek folyamatos analizálása és ha fontos, annak átalakítása. A minőségi oktatás megvalósítása a pedagógus munkájának szerves része; felelőssége. Az alapvető kompetenciák determinálják a szakterületre vonatkozó tudást. Az IKT-kompetenciák gazdagítása nem kielégítő; a téveszmék, eltérő beállítódások megfelelő formálása a pedagógusképzés kötelezettségeihez tartoznak.

## Irodalom

- Aknai Dóra Orsolya és Fehér Péter (2017). *Nyelvizsgára készülők mobil applikációkkal támogatott nyelvtanulás* Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Balácsi Ildikó és Vadász Csaba (2019). TALIS 2018 Összefoglaló jelentés. Oktatási Hivatal, Budapest
- Blair, C., Calkins, S. és Kopp, L. (2010): Self-regulation as the interface of emotional and cognitive development: Implications for education and academic achievement. In Hoyle, R. H.(szerk.): *Handbook of Personality and Self-Regulation*. Blackwell Publishing Ltd, United Kingdom, 64–90.
- Bourgeois, Ania, Birch, Peter and Davidovskaia, Olga (2019). *Digital Education at School in Europe*. Publications Office of the European Union, Luxembourg
- Borges, Simone De Sousa, Durelli, Vinicius H. S., Reis, Helena Macedo and Isotani, Seiji (2014). *A Systematic Mapping on Gamification Applied to Education*. SAC
- Buda András (2017). *IKT és oktatás. Együtt vagy egymás mellett?* Belvedere Meridionale, Szeged
- Buda András (2020). *Pedagógusok a digitális korban*. Gondolat Kiadó, Budapest
- Caponetto, Ilaria, Earp, Jeffrey and Ott, Michela (2014). *Gamification and Education: A Literature Review*. ECGBL, Berlin, 2014. October 9-10
- Christians, Gerald (2018). *The Origins and Future of Gamification*. University of South Carolina. Megnyitva: 2023. január 02. URL: [https://scholarcommons.sc.edu/senior\\_theses/254/](https://scholarcommons.sc.edu/senior_theses/254/)
- D. Molnár Éva (2014). Az önszabályozott tanulás pedagógiai jelentősége In Benedek, András; Golnhofer, Erzsébet (szerk.) *Tanulmányok a neveléstudomány köréből*. MTA

- Pedagógiai Tudományos Bizottság, Budapest. 29-54.
- Dicheva, Darina, Dichev, Christo, Agre, Gennady and Angelova, Galia (2015). Gamification in Education: A Systematic Mapping Study. *Educational Technology & Society*, 18(3), 1-14.
- Habók Anita és Magyar Andrea (2020). Szövegértésre és szövegfeldolgozásra épülő képességfejlesztés megvalósítása online tanulási környezetben. *Iskolakultúra*, 30(4-5), 40-48.
- Hermann Zoltán, Imre Anna, Kádárné Fülöp Judit, Nagy Mária, Sági Matild és Varga Júlia (2009). *Pedagógusok az oktatás kulcsszereplői. Összefoglaló jelentés az OECD nemzetközi tanárkutató (TALIS) első eredményeiről*. Oktatókutató és Fejlesztő Intézet, Budapest
- Kadocsa László (2006). *Az atipikus oktatási módszerek. Kutatási zárótanulmány*. Nemzeti Felnőttképzési Intézet, Budapest
- Kárpáti Andrea, Hunya Márta (2009). Kísérlet a tanárok IKT-kompetenciája közös európai referenciakeretének kialakítására – a U-Teacher Projekt II. *Új Pedagógiai Szemle*, 2009(3), 83–119.
- Komenczi Bertalan (2010). Kognitív habitus és tanulási környezet a 21. század elején. *Oktatás-Informatika*, 2(1-2), 24-33.
- Kovács Ilma (2011). *Az elektronikus tanulási környezetről a 21. század első éveiben*. Magánkiadás, Budapest
- Kőfalvi Tamás (2006). *E-tanítás. Információs és kommunikációs technológiák felhasználása az oktatásban*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Mező Ferenc (2004): *A tanulás stratégiája*. Pedellus Novitas Kft., Debrecen.
- Mező Ferenc (2011): *Tanulás: diagnosztika és fejlesztés az IPOO-modell alapján*. K+F Stúdió Kft., Debrecen.
- Mező Ferenc, Mező Katalin (2019): Az OxIPO-modell – az interdiszciplináris kutatások egy lehetséges értelmezési kerete. *OxIPO – interdiszciplináris tudományos folyóirat*, 2019/1, 9-21. doi: [10.35405/OXIPO.2019.1.9](https://doi.org/10.35405/OXIPO.2019.1.9)
- Mező, Katalin; Mező, Ferenc (2014). The IPOO-model of creative learning and the students' information processing characteristics. *Horizons of Psychology* 23. 136-144. Doi: [10.20419/2014.23.414](https://doi.org/10.20419/2014.23.414)
- Mező Katalin (2018). Különleges Bánásmód és médiainformatika. In Nádasi, András (szerk.) *Agria Media 2017: „A digitális átállás a tanulást élménnyé teszi” = „Digital transformation as a key to experience - based learning”*. Eger, Magyarország: EKE Líceum Kiadó. 126-134
- Molnár Gyöngyvér, Turcsányi-Szabó Márta és Kárpáti Andrea (2020). Digitális forradalom az oktatásban – perspektívák és dilemmák. *Magyar Tudomány*, 181(1), 56-67.
- Ollé János, Csekő Krisztina (2004). Differenciált on-line tanulási környezet hatékonyság-vizsgálata. *Iskolakultúra*, 14 (12), 80-89.
- Papp-Danka Adrienn (2014). *Az online tanulási környezettel támogatott oktatási formák tanulásmódszertanának vizsgálata*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest
- Szűts Zoltán (2020). Digitális pedagógia módszertanok a VUCA (gyorsan változó, kiszámíthatatlan, bonyolult, ellentmondásos) világában *Iskolakultúra* 30 (7).
- Zagyváné Szűcs Ida (2020). A Tanári IKT-kompetencia Közös Európai Referenciakerete – U-Teacher In Lengyelne Molnár, Tünde (szerk.). *A kultúráváltás hatása az egyéni kompetenciákra: a digitális kompetencia modelljei* Eger, Eszterházy Károly Egyetem Líceum Kiadó



**CODE POETRY – MÓDSZERTANI JAVASLATOK  
TEHETSÉGFEJLESZTŐ PROGRAMOK SZÁMÁRA**

**Szerző:**

Mező Ferenc (Ph.D.)  
Eszterházy Károly Katolikus Egyetem  
(Magyarország)

**Lektorok:**

Simó Ferenc Zoltán (Dr. Jur.)  
Kocka Kör (Magyarország)  
  
Szabóné Balogh Ágota (Ph.D.)  
Gál Ferenc Egyetem (Magyarország)

A Szerző e-mail címe:  
ferenc.mezo1@gmail.com

...és további két anonim lektor

**Absztrakt:**

A Code Poetry („kódköltészet”) kiváló lehetőség az irodalom és a kódolás összekapcsolására. Ez a két különböző tehetségterület kódversek készítésével is fejleszthető. Jelen tanulmány összefoglal néhány alapvető technikát a kódversek készítéséhez, és felvázol egy lehetséges tehetségfejlesztő programot a Code Poetry kapcsán.

**Kulcsszavak:** kód, költészet, MI, tehetség

**Diszciplína:** irodalom, informatika, pszichológia, pedagógia

**Abstract:**

*CODE POETRY – METHODOLOGICAL SUGGESTIONS  
FOR TALENT DEVELOPMENT PROGRAMS*

The 'Code Poetry' is an excellent possibility for connecting literature and coding. These two different talent areas also can be developed by making code poems. The present study summarises some base technics for making code poems and drafts a possible talent development program in connection to Code Poetry.

**Keywords:** code, poetry, AI, talent

**Discipline:** literature, IT, psychology, pedagogy

Mező Ferenc (2023): Code Poetry – Módszertani javaslatok tehetségfejlesztő programok számára. *Mesterséges Intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 103-114. doi: 10.35406/MI.2023.1.103

**Mottó (helyett):**

```

CODE POETRY:

LET us(meet,the,world) = of.a(new, poetry)
Where(Our, word(s)) = are(codes)
An(d, the, codes) = are(modes)
FOR changing = nice(thoughts) TO Code(Poetry)

////////////////////////////////////
'
'                xxxx  xxx
'                x    x    x
'          ^-- ^      x   Code  x
'          ( °x° )    x Poetry x
'          ~- ( U   U)   x    x
'          °°° °°      x    x
'
'                x
'
////////////////////////////////////

NEXT 'change(will, be) = nice AND trend = y
PRINT pure(prog), per(pretty, poetry)

Author.is = Ferenc(M,e,z,o,2023)
    
```

A Code Poetry (kódköltészet) révén kódversek (code poems) hozhatunk létre. A kódköltészet lényege, hogy valamely (fiktív vagy valós) programnyelv parancskészletére és szintaxisára építve közölnek verseket (rímekkel, alliterációkkal, metaforákkal, refrénnel, stb. díszített alkotásokat –Mező, 2023a,b).

A kódköltészet nagyszerű eszköze lehet olyan tehetséggondozó programoknak, amelyek az irodalmi és informatikai érdeklődésű személyeknek szól, és/vagy közöttük kíván kooperatív tevékenységet megvalósítani. Mivel a kódversek valamilyen programnyelven íródnak, amelyek az esetek döntő többségében angol nyelvű parancsokat használnak, a kódköltészetre építő tehetséggondozó progra-

mokban is célszerű angol nyelvű költemények készítésére ösztönözni a résztvevőket.

Az alábbiakban egyrészt a kódversek alkotásával kapcsolatban közlünk módszertani segédletet, másrészt a Code Poetry-re épülő (gazdagító jellegű) tehességgondozó programokhoz fogalmazunk meg a gyakorlatban hasznosítható felvetéseket.

**Módszertani javaslatok kódversek alkotásához**

Az alábbiakban – a teljesség igénye nélkül – tekintünk át néhány Code Poetry alkotói javaslatot, módszertani lehetőséget:

1. *Valamely programnyelv ismerete elengedhetetlen* (legalábbis a kódversben használt utasítások és szintaxisok tekintetében tájékozottnak kell lenni – pszeudo programnyelv alkalmazása esetében ez a kitétel egyszerűsödik némileg). Népszerű programnyelvek például: Visual Basic, C, C+, C#, R-nyelv, HTML, Java, Python.

2. *A kódvereket célszerű angol nyelven írni.* Ennek két oka van: a) a világszerte közismert programnyelvek parancskészlete angol szavakat vagy szótöredékeket használ; b) a kódverek népszerűsítése egyszerűbb, ha az angolhoz, mint világnyelvhez kötődik. Természetesen lehetőség van az angol parancsokból kiindulva más nyelvű szöveg létrehozására is -



például: az angol REM (basic nyelvű utasítás) és az „ény” betűk összeolvasásának eredménye a magyar „remény” szó; a DO parancs és a „log” összeolvasva a magyar „dolog” szót adja, stb.

3. A REM utasítással vagy 'jellel kezdődő sorok alkalmazása basic alapú nyelvekben, vagy ezek megfelelői más programnyelvekben. A REM sorok részei ugyan a programnak/versnek, de a program futását lényegileg nem befolyásolják, az alkotók munkáját viszont nagyban segíthetik.

4. REM kezdetű sorok folytatása olyan szavakkal, amelyek REM szótaggal kezdődnek (például: „REM ember” → remember (emlékezik), „REM ain” → remain (marad), „REM brandt” → Rembrandt (a híres XVII. századbeli holland képzőművész), stb.

A *The Free Dictionary by Farlex* weboldal szövegkereső szolgáltatása alapján 314 szó kezdődik „rem” betűsorral (Net1, vedd össze: 1. táblázat).

1. táblázat: „REM” kezdetű angol szavak. Forrás: a *The Free Dictionary* felhasználása alapján a Szerző

Betűk száma (db)	Szavak száma (db)	„REM” kezdetű angol szavak
15	11	1. remythologizing, 2. remorselessness, 3. removableness, 4. remonstratively, 5. remonctizations, 6. remobilizations, 7. rememberability, 8. remedialities, 9. rematerializing, 10. remanufacturers, 11. remanufacturing
14	14	1. reminiscential, 2. remilitarizing, 3. rematerialized, 4. rematerializes, 5. remeasurements, 6. remarkableness, 7. remuneratively, 8. remythologized, 9. remythologizes, 10. removabilities, 11. remorsefulness, 12. remonetization, 13. remonstrations, 14. remobilization
13	20	1. remediability, 2. remeasurement, 3. rematerialize, 4. remanufacture, 5. reminiscences, 6. remisciently, 7. remilitarized, 8. remilitarizes, 9. remembrancers, 10. remonstrators, 11. remonstrative, 12. remonstrating, 13. remonstrator, 14. remonstrantly, 15. remonstrances, 16. remorselessly, 17. remotivations, 18. removableness, 19. remunerations, 20. remythologize
12	27	1. remuneration, 2. reminiscence, 3. remunerative, 4. remonstrance, 5. remembrancer, 6. remilitarize, 7. remigrations, 8. remediations, 9. remembrances, 10. rememberable, 11. remaindering, 12. remonstrants, 13. remonstrated, 14. remonstrates, 15. remonstrator, 16. remonetizing, 17. remobilizing, 18. remoistening, 19. remissnesses, 20. remunerating, 21. remunerators, 22. remuneratory, 23. removability, 24. remotivating, 25. remotivation, 26. remotenesses, 27. remorsefully
11	31	1. remiscient, 2. remembrance, 3. remediation, 4. remorseless, 5. remonstrate, 6. remonstrant, 7. remonetized, 8. remonetizes, 9. remodifying, 10. remoistened, 11. remobilized, 12. remobilizes, 13. remodelling, 14. remittances, 15. remotivated, 16. remotivates, 17. remunerator, 18. remunerated, 19. remunerates, 20. remediating, 21. remembrers, 22. remembering, 23. remembrance, 24. reminiscers, 25. remigrating, 26. remigration, 27. remaindered, 28. remeasuring, 29. remarketing, 30. remarriages, 31. remastering
10	47	1. remarkable, 2. remittance, 3. remorseful, 4. remediable, 5. remunerate, 6. remonetize, 7. remissible, 8. remissibly, 9. remittments, 10. remittable, 11. remissness, 12. remissions, 13. remixtures, 14. remodelers, 15. remodeling, 16. remodelled, 17. remobilize, 18. remoistens, 19. remodified, 20. remodifies, 21. remoteness, 22. remontants, 23. remoulades, 24. remotivate, 25. removeable, 26. remounting, 27. remeasured, 28. remeasures, 29. rematching, 30. remarrying, 31. remastered, 32. remarriage, 33. remarked, 34. remarkably, 35. remainders, 36. remanences, 37. remigrated, 38. remigrates, 39. reminiscer, 40. reminisces, 41. reminiscid, 42. remembered, 43. rememberer, 44. remediated, 45. remediate, 46. remedially, 47. remediless
9	52	1. remainder, 2. removable, 3. remission, 4. reminisce, 5. remoulade, 6. remeasure, 7. remindful, 8. remanence, 9. remittent, 10. remontant, 11. remotions, 12. remounted, 13. removably, 14. removedly, 15. remitors, 16. remitters, 17. remitting, 18. remixture, 19. remnantal, 20. remissive, 21. remittals, 22. remittment, 23. reminting, 24. remodeling, 25. remolades, 26. remoisten, 27. remodeled, 28. remodeler, 29. remanding, 30. remapping, 31. remanning, 32. remaining, 33. remailing, 34. remasters, 35. rematched, 36. rematches, 37. remarkers, 38. remarques, 39. remarks, 40. remarking, 41. remarried, 42. remarries, 43. reminding, 44. reminders, 45. remigrate, 46. remerging, 47. remending, 48. remecting, 49. remedying, 50. remediate, 51. remelting, 52. remembers
8	46	1. remember, 2. remedial, 3. remarque, 4. remaster, 5. remittal, 6. remodify, 7. remotion, 8. remounts, 9. remotest, 10. remotely, 11. remorse, 12. removing, 13. removals, 14. removers, 15. remodels, 16. remolade, 17. remolded, 18. remissly, 19. reminted, 20. remising, 21. remnants, 22. remixing, 23. remitor, 24. remitted, 25. remitter, 26. remarked, 27. remarker, 28. remarket, 29. remating, 30. remailed, 31. remakers, 32. remained, 33. remanned, 34. remapped, 35. remanent, 36. remaking, 37. remanded, 38. remedied, 39. remedies, 40. remelted, 41. remerged, 42. remerges, 43. remended, 44. remigial, 45. reminded, 46. reminder
7	34	1. remains, 2. removed, 3. removal, 4. remorse, 5. remnant, 6. rematch, 7. remodel, 8. remarry, 9. remount, 10. remoras, 11. remorid, 12. remoter, 13. remotes, 14. removes, 15. remover, 16. remudas, 17. remolds, 18. remixes, 19. remixed, 20. remints, 21. remised, 22. remises, 23. remates, 24. remarks, 25. remated, 26. remakes, 27. remands, 28. remails, 29. remends, 30. remerge, 31. remelts, 32. repects, 33. remiges, 34. remind
6	24	1. remain, 2. remote, 3. remove, 4. remind, 5. remedy, 6. remark, 7. remake, 8. remand, 9. remade, 10. remiss, 11. remuda, 12. remise, 13. remora, 14. remind, 15. remits, 16. remixt, 17. remold, 18. remail, 19. remans, 20. remaps, 21. remate, 22. remect, 23. remelt, 24. remend
5	6	1. remit, 2. remix, 3. remap, 4. reman, 5. remex, 6. remit
4	1	1. rems
3	1	1. rem
Összesen	314	

5. Szókereső, illetve szókezdő, szóvégződés, szóközbülső részt kereső szoftverek alkalmazása segíthet megtalálni a vers szempontjából lényeges szavakat a programnyelvbeli parancshoz, ami szókezdő, szóvégződésbeli és szavak közbülső elemeinek megfelelő pozícióban is állhat. Lásd például a DO parancs esetében:

DOing    unDO    ranDOm.
--------------------------

Ingyenesen elérhető angol nyelvű online segédlet lehet a „The Free Dictionary” (lásd: Net2).

6. A változóknak adott nevek sokat jelenthetnek a programkód költői mondanivalójának megfogalmazása szempontjából. A programban alkalmazott változók neve lehet teljes szó (például: „the” vagy „darkness”), és azok (programozási nyelvtől függő módon) ponttal (például: „the.darkness”), vagy alsó vonallal (például: „the\_darkness”) összefűzött kifejezései (lásd: 1. ábra 10. kódsorát).

7. A beszélt nyelvben (a program el-/felolvasásakor) értelmes szavak állíthatók elő a változók felsorolása (például: „t, hat” = „that” szó) révén is (lásd: 1. ábra 3. kódsorát).

8. Szavak képzése tömbváltozóval. Például egy *t* tömbváltozót jellemző „ogether” névre keresztelt dimenzió eredménye lehet az „együtt” jelentésű „t(ogether)” szó (lásd: 1. ábra 4. kódsorát).

1. ábra: Andrew Longstaff „Promises” című kódverse (amivel a 2017. évi Source Code Poetry versenyen 1. helyezést ért el). Forrás: Longstaff (2017)

```
(promises) => {
  if (i.make === you) {
    a = new Promise ((t,hat) => {
      t(ogether, love, shall).bind(us)
    }).then((will) => {
      you();
    }).catch((me) => {
      as = we.fall("?");
    });
    return {my: Promise.reject(the.darkness)};
  }
}
```

9. A kódsorokat, részleteket hivatkozási címekkel látthatjuk el, amelyek egyrészt értelmes kifejezések lehetnek, másrészt pedig a „GOTO cím”, „GOSUB cím”, „RETURN cím” utasítások (vagy ezek adott programnyelvbeli megfelelőinek) célpontjai lehetnek és a vers egyik szakaszáról a másikra léptethetjük vele az Olvasót vagy a kód alapján futó programot. Példakód (egy végtelenített ciklus):

```
10 REM Az „Induljunk” hivatkozási cím és
    az arra utaló GOTO utasítás együttes
    használatának demonstrációja egy végtelenített ciklussal
▶20 Induljunk:
   30 PRINT „Minden nagy utazás egy kis
    lépéssel kezdődik”
   40 GOTO induljunk
```

10. Rím-, szinonima- és alliterációkereső online alkalmazások használatával gyorsíthatjuk a kódvers alkotásának folyamatát (Net3). Az itt felsoroltak

olyan költői eszközök, amelyek nagy mértékben növelhetik a költemény esztétikai értékét, versszerűbbé tehetik azt.

11. *Verselemző szoftver is használható* a kódversek megalkotása során (lásd: Net1). A verselemzés kreatív cselekvésbe fordított változata: a verstervezés. A verselemző szoftverek segíthetnek abban, hogy az elkészült versrészleteket elemezzük, s szükség szerint áttervezzük, amjd véglegesítsük.

12. *Szimbolikus verseket alkothatunk értékadó műveletekkel.* A hasonlatokat, metaforákat, analógiákat használó képes beszéd kiválóan alkalmas a még ismertelen dolgok más, jól ismert dolgok révén történő bemutatására. A hasonlat egy lényeges tulajdonságot emel ki az összehasonlított dolgok között:

RUNs.like = a(rabbit) → úgy fut mint a nyúl

A metafora több lényeges közös tulajdonság alapján vet össze fogalmakat:

love = i(s, a, dark(stack)) → a szerelem sötét verem

Az analógia sok szempontból összehasonlítható dolgok esetében alkalmazható. Például: life = is\_a(big,game) → az élet egy nagy játék.

13. *Az operátorok, relációs jelek, zárójelek stb. alkalmazása* két módon is lehetséges: a) a jel megnevezése (hangos kimondása) a vers szövegének része – például: a „sur + age” változók összeadásának egyik lehetséges olvasata: „surplusage” (=felesleg); b) a jel hango-

san nem kimondandó, de jelöli az olvasónak a leírt kódrészletek közötti logikai kapcsolatot (például: „a >= b”), vagy szavakat, kifejezéseket elválasztó elemként van hasznosítva – például: „dr(akula)”. E kétféle alkalmazási mód olykor keveredhet is egyazon kódversen belül, ami az olvasó részéről külön kódfejtő/verselemző munkát igényel.

14. *Képletmondókák alkalmazása* (lásd: Mező, 2021). A képletmondóka az aritmetikai formulák emberi memóriába történő bevésését, tárolását és előhívását azáltal segítő mnemotechnikai módszer, hogy a formula elemeihez (változók névéhez, a műveleti és relációs jelekhez) hívószavakat rendel, amit játékos, rímes mondatba foglal (lásd: 2. táblázat).

A képletmondókák alkotása során használt módszerek (lásd: Mező, 2021) a kódversek írása esetében is hasznosak lehetnek. Az egyik ilyen módszer, hogy a gyakori operációs, illetve relációs jelekhez hívószavakat rendelünk, s ez utóbbiakat építjük be a mondókába, s fordítva: a szavakhoz rendelünk jeleket.

Példa néhány matematikai szimbólumra és lehetséges hívószavaikra, valamint az azokhoz hasonló további szavakra (a teljesség igénye nélkül):

+ : meg → még, megy, meggy; plusz → plüss, puszi; és → kés, vés, rés, stb.

– : mínusz → manus, minotaurusz; nem → nemi, némi, no; -ból/-ből → bólé, bölény; nélkül; hiányzik, stb.

\* : szorozva → szarozva, sörözve; -szór/-szőr → szórvány, szörny, szőrözve, stb.

2. táblázat: Példák képletmondókákra. Forrás: Mező, 2021, 26. o.

Képlet	Képletmondóka és ritmusképlet*	Rím*	Szótag*
A normált másodfokú egyenlet ( $x^2 + px + q = 0$ ) Viète-formulát alkalmazó megoldókulcsa: $x = \frac{-p \pm \sqrt{p^2 - 4q}}{2}$	Nem piros plüss, nem gyökér, – U – – – U –  pipiből négy mázsa, s mindezek fele X-t ér!* U U – – – – U – U – –	A  A	7  12
A függőlegesen felfelé hajított test pillanatnyi sebességének kiszámításához használható képlet: $V_i = \sqrt{V_0^2 - 2gs}$	Vét az, aki gyökérkezelés alatt, – U UU U – UU – U –  mások hintaágyán vénül – – – U – – – U  – kétség nélkül – – – U	A  B  B	11  8  4

\*A ritmusképlet, rím és szótagszám online verselemző szoftverrel lett előállítva. (<https://www.poet.hu/verselemzo.php>)

15. A kódvers írásához használt programnyelv utasításaihoz rendelhető szavak, kifejezések listájának összeállítása, a lista folyamatos bővítése, karbantartása (lásd pl. 1. táblázat). Például visual basic nyelvben a FOR-TO-STEP-NEXT ciklus az alábbi szintaxis és algoritmus szerint használható:

```
FOR tuna = 1 TO 10 STEP 2
    PRINT „Number of tuna:”; tuna
NEXT tuna
```

Ahol a „tuna” a felhasználó által megnevezett változó (itt: „tuna”, jelentése magyarul „tonhal”, de „FOR”+”tuna” összeolvasva „For-

tuna”, vagyis a sors, a szerencse isten-nője). Az „1 TO 10” jelentése: egytől tízig történjen a számlálás. A „STEP 2” jelentése: kettessel történjen a számlálás. A „NEXT tuna” sorhoz érve a program visszaugrik a FOR-ral kezdődő sorra – egészen addig, amíg a számlálás végső értékéhez (a példában: 10-hez) ér a program. A FOR és a NEXT kezdetű sorok között a programozó akaratának megfelelő számú és jellegű utasítás helyezhető el – a példában csak egy PRINT (kiírás) utasítás található.

A 3. táblázat egyfajta Code Poetry „kezdőkészlet”-ként, „túlélőcsomagként” foglal össze hasznos információkat, tanácsokat a téma iránt érdeklődők számára.

3. táblázat: Segédlet kódversek írói számára. Forrás: a Szerző

Code Poetry „kezdőkészlet”	
<p><b>1. Programnyelvek</b>                      Ingyenes, online elérhető keretrendszerek. Ezek fejlett súgó rendszerekkel rendelkeznek utasításkészletüket és szintaxisukat tekintve is:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visual Basic, C, C+, C#, Java, Python. URL: <a href="https://visualstudio.microsoft.com/downloads/">https://visualstudio.microsoft.com/downloads/</a></li> <li>• R-nyelv. URL: <a href="https://r-projekt.hu/letoltes/">https://r-projekt.hu/letoltes/</a></li> <li>• HTML. Összefoglalót lásd: <a href="https://webshark.hu/hirek/html/">https://webshark.hu/hirek/html/</a></li> </ul>	
<p><b>2. Versírást segítő eszközök</b>                      Angol nyelvű:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rimkereső: <a href="https://azrhymes.com/context">https://azrhymes.com/context</a></li> <li>• Alliteráció-kereső: <a href="https://azrhymes.com/context">https://azrhymes.com/context</a></li> <li>• Szókezdő, -záró, szavakon belüli karaktersort kereső segédlet: <a href="http://www.thefreedictionary.com">www.thefreedictionary.com</a></li> </ul> <p>Magyar nyelvű:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Online verselemző. Letöltés: 2021. 12.10. Web: <a href="https://www.poet.hu/verselemzo.php">https://www.poet.hu/verselemzo.php</a></li> <li>• Online rímshótár. Letöltés: 2021.12. 10. Web: <a href="https://rimszotar.poet.hu/">https://rimszotar.poet.hu/</a></li> <li>• Online versszerkesztő. Letöltés: 2021.12.10. Web: <a href="https://www.poet.hu/versszerkeszto.php">https://www.poet.hu/versszerkeszto.php</a></li> <li>• Online szinonimaszótár. Letöltés: 2021.12.10. Web: <a href="https://szinonimaszotar.poet.hu/">https://szinonimaszotar.poet.hu/</a></li> <li>• Online ellentétshótár. Letöltés: 2021.12.10. Web: <a href="https://ellentetszotar.hu/">https://ellentetszotar.hu/</a></li> <li>• Mező Ferenc (2021): A képletmondókák mnemotechnikai alapjai az OxIPO-modell aspektusából. <i>OxIPO - interdiszciplináris tudományos folyóirat</i>, 2021/4, 17-30. doi: <a href="https://doi.org/10.35405/OXIPO.2021.4.17">10.35405/OXIPO.2021.4.17</a></li> <li>• Mező Ferenc (2023): Code Poetry - avagy: Amikor az irodalom csókot dob az informatikának, de a mesterséges intelligencia elkapja azt a tehetség gondozás örömeire... <i>Mesterséges intelligencia - interdiszciplináris folyóirat</i>, V. évf. 2023/1. szám. 9-19. doi: <a href="https://doi.org/10.35406/MI.2023.1.9">10.35406/MI.2023.1.9</a></li> </ul>	
<p><b>3. Módszertani tippek ködköltőknek:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programnyelv ismerete</li> <li>• Angol nyelvű versek írása</li> <li>• REM utasítással vagy '-'jellel kezdődő sorok használata</li> <li>• REM-mel kezdődő sorkezdő szavak használata</li> <li>• Szó, szókezdő, -végződés, illetve szótagkereső szoftverek használata</li> <li>• Programozó által bevezetett változók nevébe kódolt üzenet</li> <li>• Változók felsorolásával előállított tartalom</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Szavak képzése tömbváltozóval</li> <li>• Hivatkozási címek használata</li> <li>• Rím-, szinonima- és alliterációkereső alkalmazások használata</li> <li>• Verselemző szoftver használata</li> <li>• Szimbólumalkotás értékadó műveletekkel</li> <li>• Operátorok, relációs jelek használata</li> <li>• Képletmondókák alkalmazása</li> <li>• Az alkalmazott programnyelv szókincséhez rendelhető szavak listájának összeállítás</li> </ul> <p>Részletek: Mező Ferenc (2023): Code Poetry - módszertani javaslatok tehetségfejlesztő programok számára. <i>Mesterséges intelligencia - interdiszciplináris folyóirat</i>, V. évf. 2023/1. szám. 87-97. doi: <a href="https://doi.org/10.35406/MI.2023.1.87">10.35406/MI.2023.1.87</a></p>	
<p><b>4. Ajánlott publikációs felületek</b>                      A K+F Stúdió Kft. (<a href="https://www.kpluszf.com">https://www.kpluszf.com</a>) által kiadott Open Access e-folyóiratokban megjelentethetők a Code Poetry-val kapcsolatos tanulmányok, kódversek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>OxIPO</i> folyóirat: <a href="https://www.kpluszf.com/oxipo_archivum/">https://www.kpluszf.com/oxipo_archivum/</a>                      Az OxIPO e-folyóiratban jelentethetők meg a Code Poetry tanulást-oktatást, kulturaközvetítést érintő aspektusaival foglalkozó tanulmányok (is).</li> <li>• <i>Mesterséges Intelligencia</i>: <a href="https://www.kpluszf.com/mi_archivum/">https://www.kpluszf.com/mi_archivum/</a>                      A Mesterséges Intelligencia e-folyóiratban a Code Poetry informatikai vonatkozásai, programozással, mesterséges intelligencia témakörrel kapcsolatos aspektusaira fókuszáló tanulmányok jelenthetők meg (egyéb MI-témakörök mellett természetesen).</li> <li>• <i>Lélektan és Hadviselés</i>: <a href="https://www.kpluszf.com/lh_archivum/">https://www.kpluszf.com/lh_archivum/</a>                      A Lélektan és Hadviselés e-folyóiratban a Code Poetry lélektani hadviseléssel, multikulturális jellemzőivel, információközvetítő és attitűdformáló lehetőségeivel kapcsolatos tanulmányok jelentethetők meg (más, nem Code Poetry témára fókuszáló tanulmányok mellett).</li> </ul>	

### Foglalkozásjavaslatok Code Poetry-re fókuszáló tehetséggondozó programok számára

A Code Poetry-re épülő 30 órás tehetséggondozó programok foglalkozásain az alábbi témakörök feldolgozása javasolt:

*1. alkalom: Bevezető előadás a Code Poetry-ről.* Cél: a résztvevők ismerjék meg a Code Poetry fogalmát, közösen tanulmányozzanak, „fejtsek meg” néhány kódverset.

*2. alkalom: Irodalmi alapok – 1.* Cél: versek, verstípusok, költői eszközök megismerése, összefoglalása.

*3. alkalom: Irodalmi alapok – 2.* Cél: kreatív írás, szónoklat keretében versírásra ösztönzés.

*4-20. alkalom: Programozási alapok.* Cél: egy programnyelv alapfokú ismerete, biztos használatának elsajátíttatása.

*21. alkalom: Alkotói trükkök kódversekhez.* Cél: a jelen tanulmány előző fejezetében közölték demonstrációja, betanítása.

*22-27. alkalom: Kódversek alkotása, bemutatása.* Cél: a résztvevők önállóan legyenek képesek a kódoláshoz használt szoftverek használatára, az elkészült kódversek előadására.

*28-29. alkalom: A kódversek menedzselése.* Cél: a kódverseket képesek legyenek a résztvevők közzé tenni mások számára is.

*30. alkalom: A foglalkozás zárása.* Cél: a tapasztalatok összegzése.

A fentebb vázolt 30 órás tehetséggondozó programban a 22-27. foglalkozás során törtétnik közvetlenül a kódversek alkotása. A tanulást, kutatást, alkotást (szervezési, információ beviteli, feldolgozási és felhasználási komponensekből álló) információfeldolgozó

folyamatnak tekintő OxIPO-modell módszertani modulja (Mező és Mező, 2019) alapján ismert, hogy az önálló tanulási, kutatási tevékenység során a tanulók először a témaválasztás problémájával szembesülnek. A témaválasztási probléma lényege egyes szám első személyű (E/1) kérdés formájában megfogalmazva a következő: „Mit tanuljak/kutassak/alkossak?”.

E probléma orvoslására egyrészt témaválasztási módszereket taníthatunk a résztvevőknek (ez időigényesebb, de akár élethosszig tartó módon hasznosítható támogatást jelenthet számukra), másrészt témát adhatunk meg, ezzel levéve a témaválasztás terhet a résztvevőkről. Az utóbbi megoldás gyors, a fent említett 30 órás program forgatókönyvébe jól illeszkedő, ám csak az adott helyzetre vonatkozó megoldást jelent, ami ugyanakor praktikus a közös, kooperatív projektek megvalósítása szempontjából is. Az alábbiakban ez utóbbi, témaadással járó utat követve adunk közre néhány lehetséges kódvers témát a mesterséges intelligencia népszerűsítésének missziója jegyében – az OxIPO-modell főbb komponensei szerint.

*Organizáció (szervezési feladatok):* az alkotómunkához szükséges környezet, időbeosztás, folyamatterv, gazdasági feltételek megteremtése lehet: a) a foglalkozásvezetők feladata, b) a foglalkozásvezetők és a résztvevők közös feladata, c) a résztvevők feladata).

*Input (információbemenet).* A mesterséges intelligencia témával kapcsolatban adható instrukciók lehetnek például: A ... (például: C, C#, Visual Basic, Python, Java, stb.) program-

nyelvet használva alkoss kódverset a következő témák egyikében:

- A mesterséges intelligencia
- Barátom a mesterséges intelligencia
- Mi félünk? MI fél tőlünk?
- XY, az MI témakör nagy alakja
- Az MI működése
- Az MI kutatása
- Az MI használata ... területén (a ... helyére beilleszthető például: az egészségvédelem, az oktatás, a kereskedelem, az ipar, a mezőgazdaság, a tudomány, a művészet, a sport, a szakmák, a hétköznapi, a gazdaság, a jog, stb.)
- A világ és az MI kölcsönhatása
- Mi és az MI
- Az MI története
- „Így neveld az MI-det!”
- Robotsors
- Robotpszichológia, stb.

Az input fázis részfeladata lehet még a kiválasztott témával kapcsolatos adatgyűjtés, szakirodalmi tájékozódás, a kódversben szerepeltethető szakkifejezések gyűjteményének összeállítása és a listához lehetséges programnyelvi parancsok, kódok rendelése.

*Process (információfeldolgozás).* Többek között megadható, hogy szabad vagy kötöttebb versformát kell-e alkalmazni, hogy legyenek-e rímek, metaforák, alliterációk, refrének a kód-költeményekben, miként az is, hogy hány versszakból álljon majd a mű. A kódvers futtathatóságának, látvány- és hangzásvilágának, a végtermék médiakimenetének (például: hangfájl, nyomtatott vagy kézzel írt oldal, kisfilm, .exe fájl stb.) követelményét is célszerű tisztázni. Ebben a fázisban történik meg az

inputok alapján maga az alkotófolyamat is (egyéni, páros, kis- vagy nagycsoportos munkaformában).

*Output (információkimenet).* E folyamat végére előállítható például: 1-n versszakból álló kódvers kézzel írott, nyomtatott, programkódformában létező, felolvasott, hangfelvételként, videoklipként létező változata.

A kódversek írásának OxIPO alapú tervezését (lásd: Mező és Mező, 2019) ötletmátrixból történő sorsolás is segítheti (lásd: 4. táblázat). A sorsolás folyamata: minden oszlop esetében hat oldalú dobókockával történő dobás eredménye révén döntjük el, hogy az adott oszlop hanyadik sorban lévő cellájában lévő kritériumok kell megfelelnie a kódversnek.

A hat oszlopban történt sorsolások eredményeként például ilyen, hat elemből álló instrukciók állíthatók elő: „30 perc alatt egyéni munkaformában írd 2 versszakos, metaforát tartalmazó, papírra írt kódverset »Az MI aranyat ér« témakörrel kapcsolatban!”

Az elkészült kódversek további felhasználási lehetőségei:

- nevezés Code Poetry versenyeken, fesztiválokon, illetve hasonló rendezvények szervezése, hogy az elkészült kódversek értékelve, adott esetben díjazva lehessenek, és az alkotók visszajelzést, építő kritikát kaphassanak;
- megjelentetés nyomtatott kiadványban, évkönyvben, iskolaújságban;
- közzététel elektronikus kiadványban, periodikában (például: Mesterséges Intelligencia, illetve OxIPO folyóiratokban – közös honlapjuk a kiadó, K+F Stúdió Kft. [www.kpluszf.com](http://www.kpluszf.com) weboldala);

4. táblázat: Az OxIPO alapú tervezést segítő lehetséges ötletmátrix a kódversek alkotásához. Minden oszlopban hatoldali dobókocka dobása révén derül ki, hogy hanyadik sorban lévő cellának kell megfelelnünk a kódvers bemutatása során. Példa: ha az első oszlopban 3-ast dobunk, akkor 45 percünk van a kódvers megírására. Ha a második oszlop esetében 1-est dobunk, akkor az MI kutatásáról kell verset írunk, stb.  
 Forrás: a Szerző

OXIPO ALAPÚ ÖTLETMÁTRIX						
Komponens:	ORGANIZÁCIÓ	INPUT	PROCESS			OUTPUT
Változó neve:	Alkotásra fordítható idő	A téma legyen: Az MI...	A versszakok száma legyen:	A versben legyen...	Legyen az alkotás során alkalmazandó munkaforma:	A vers bemutatása történjen...
A változó lehetséges értékei közül hat kiválasztott érték:	10 perc	...kutatása	1	...rím	egyéni	...szóban
	30 perc	...és az ember	2	...hasonlat	páros	...hangfelvételtől
	45 perc	...és a munka	3	...metafora	kiscsoportos	...papírra írva
	60 perc	...és a jólét	4	...analógia	nagycsoportos	...kép formában
	1 nap	...története	5	...alliteráció	tetszőleges	...filmfelvételtől
	1 hét	...aranyat ér	6	...2-3 rokonértelmű szó	2 percenként változó	...futó programban

- közzététel közösségi felületeken, saját weboldalon, fórumokon;
- ajándéktárgyak üzenetközvetítő tartalmaként is hasznosíthatók az elkészült kódversek. Kódverset közvetítő ajándéktárgy lehet például:
  - falí, asztali vagy zsebnaptár,
  - póló, atléta, pulóver mellső- és hátoldala,
  - nyakkendők, díszszekendők, kendők,
  - sapkák, esernyők, sálak,
  - poszterek,
  - táskák, szatyrok, tasakok, hátizsák,
  - palackcímkék,
  - falóra számlapja,
  - poháralátét, törülköző
  - konyhai kesztyű, kötény,
  - bögrék, poharak,
  - tányérok, tálcák, vágódeszkák,
  - törölköző, fürdőszobai kilépő,
  - asztali, bel- és/vagy kültéri fali zászlók,
  - virágtartók, kaspók, vázák,
  - esőkabát, szélzseki, overál,
  - belépőjegyek, üzenőkártyák,
  - lámpaernyők, festett üvegfelületek,
  - járművek,
  - könyvjelzők, könyvborítók,
  - öntapadós matricák, hűtőmágnesek,
  - díszdobozok,
  - üzenőtáblák, megállítótáblák,
  - plédok, takarók, ágyneműhúzatok,
  - kitűzők, jelvények, medállok,
  - díszkövek, festett/nyomatott köfelületek, csempék, járólapok,



- üvegfelületek, üveg-, fa-, fém-, kőgrávirózott, illetve vésett/festett csont dísz tárgyak, bőrdíszműves termékek,
- emléklapok,
- csomagolópapírok,
- díszszalagok, möbiusz-szalag,
- origami papír,
- puzzle, kártyalapok, sakktábla stb.

### Összefoglalás

A Code Poetry (kódköltészet) az irodalmi, nyelvi és informatikai beállítódású diákok erős oldalának tevékenysége lehet, azonban, ha e három beállítódásból csak kettő vagy egy igazolható, akkor e diák esetében a tehetséggel összefüggő gyenge oldalnak tekinthető a kódköltészet.

A kódköltészet során létrejövő alkotások: a kódversek (Code Poems), melyek akár számítógépen futtathatók is lehetnek (Mező, 2023). Jelen cikkben a kódversek készítését és az erre a tudásra építő tehetséggondozás alapjait vitattuk meg.

Hangsúlyozni szükséges, hogy egy kódvers bármiről szólhat, így a legkülönbözőbb témájú tehetséggondozó programokba bevonható az alkotása.

### Köszönetnyilvánítás

A K+F Stúdió Kft. által megvalósított „T.É.M.A.” projekt támogatója a Kulturális és Innovációs Minisztérium és a Nemzeti Tehetség Program (pályázati azonosító: NTP-INNOV-22-0095). A támogatást ezúton is tisztelettel köszönjük!



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS  
MINISZTERIUM



Nemzeti  
Tehetség Program



**KOCKA KÖR**  
www.kockakor.hu

**Irodalom:**

Longsaff, Andrew (2017): *Promises*.

Megnyitás: 203.05.30. URL:

[https://pbs.twimg.com/media/DC\\_TVVMXsAAld5A?format=jpg&name=large](https://pbs.twimg.com/media/DC_TVVMXsAAld5A?format=jpg&name=large)

Mező Ferenc (2021): A képletmondókák

mnemotechnikai alapjai az OxIPO-

modell aspektusából. *OxIPO –*

*interdiszciplináris tudományos folyóirat,*

2021/4, 17-30. doi:

[10.35405/OXIPO.2021.4.17](https://doi.org/10.35405/OXIPO.2021.4.17)

Mező Ferenc (2023a): Code Poetry – avagy:

Amikor az irodalom csókot dob az infor-

matikának, de a mesterséges intelligencia

elkapja azt a tehetséggondozás örömére...

*Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris*

*folyóirat*, V. évf. 2023/1. szám. 9-17. doi:

[10.35406/MI.2023.1.9](https://doi.org/10.35406/MI.2023.1.9)

Mező, Ferenc (2023b): „*Lost and Too Late*

*Commands :()* (animation). Loaded:

2029.05.28. URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=8T6IKpVCGis>

Mező Ferenc és Mező Katalin (2019): Az

OxIPO-modell – az interdiszciplináris

kutatások egy lehetséges értelmezési

kerete. *OxIPO – interdiszciplináris*

*tudományos folyóirat*, 2019/1, 9-21. Doi:

[10.35405/OXIPO.2019.1.9](https://doi.org/10.35405/OXIPO.2019.1.9)

Net1: „*Words that start with rem*” *parancs a The*

*Free Dictionary by Farlex* oldalon. Megnyitás:

2023.05.30. URL:

<https://www.thefreedictionary.com/words-that-start-with-rem>

Net2: *The Free Dictionary by Farlex* oldal.

Megnyitás: 2023.05.30. URL:

<https://www.thefreedictionary.com>

Net3: *Rím-, szinonima- és alliterációkereső online*

*felület*. Megnyitás: 2023.05.30. URL:

<https://azrhymes.com/context>

**MÚHELY, RENDEZVÉNY**

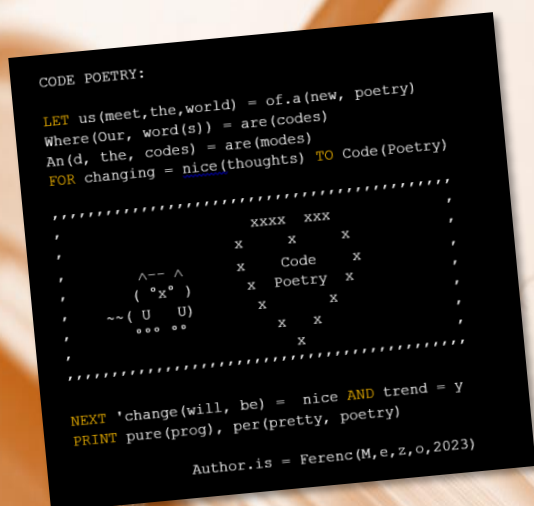


CODE POETRY PÁLYÁZAT (2023)

# ÍRJ KÓDVERSET!

BÁRMILYEN PROGRAMNYELVET HASZNÁLHATSZ!

BÁRMIRŐL SZÓLHAT A VERS  
(AMI NEM KIREKESZTŐ, NEM JOGSÉRTŐ).



A VERS TERJEDELME: MIN. 2 KÓDSOR

A KÓDVERSEKET 2023. NOVEMBER 1-IG KÜLDD EL AZ

[INFO@KPLUSZF.COM](mailto:INFO@KPLUSZF.COM)

CÍMRE EGY RÖVID KÍSÉRŐ ÜZENETTEL, AMI TARTALMAZZA:

1. A SZERZŐ NEVÉT
2. A KÓDVERS CÍMÉT
3. A KÓDVERS PROGRAMNYELVÉT

A közlésre alkalmas kódverseket a K+F Stúdió Kft. ([www.kpluszf.com](http://www.kpluszf.com)) által kiadott e-kiadványban és/vagy e-folyóiratszámokban tesszük közzé, illetve angol-magyar kétnyelvű igazolást adunk a műről.

További információ az [info@kpluszf.com](mailto:info@kpluszf.com) e-mail címen keresztül kérhető.

A kódköltészetéről (code poetry), illetve a kódversekről (code poems) háttéranyag, módszertani útmutató található ezekben a cikkekben:

Mező Ferenc (2023): Code Poetry – avagy: Amikor az irodalom csókot dob az informatikának, de a mesterséges intelligencia elkapja azt a tehetséggondozás örömére... *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat, V. évf. 2023/1. szám.* 9-19. doi: [10.35406/MI.2023.1.9](https://doi.org/10.35406/MI.2023.1.9)

Mező Ferenc (2023): Code Poetry – Módszertani javaslatok tehetségfejlesztő programok számára. *Mesterséges Intelligencia – interdiszciplináris folyóirat, V. évf. 2023/1. szám.* 87-98. doi: [10.35406/MI.2023.1.87](https://doi.org/10.35406/MI.2023.1.87)

**A PÁLYÁZATRA TÖRTÉNŐ KÓDVERSEK BEKÜLDŐI A MŰ BEKÜLDÉSÉVEL NYILATKOZNAK ARRÓL, HOGY A KÓDVER S SAJÁT SZELLEMI TERMÉKÜK, S HOZZÁJÁRULNAK ANNAK KÖZLÉSÉHEZ A K+F STÚDIÓ KFT. ÁLTAL KIADOTT E-KIADVÁNYOKBAN?, E\_FOLYÓIRATOKBAN.**

**> DO\_NOT\_FORGET:  
> PLEASE.WRITE CODE(POEMS)**