

**Eszterházy Károly Katolikus Egyetem**  
**Neveléstudományi Doktori Iskola**



**Négyesi Péter**

**Adaptivitást támogató elektronikus tanulási környezet  
beválasztásának vizsgálata a számelmélet speciális témaköreinek tanításában**

Doktori (PhD) értekezés

**Témavezetők:**

Dr. Racsko Réka, egyetemi docens, PhD

Oláhné Dr. Téglási Ilona, egyetemi docens, PhD

**A Neveléstudományi Doktori Iskola vezetője:**

Prof. Dr. Szűts Zoltán, egyetemi tanár, dékán, PhD, dr. habil.

**A Neveléstudományi Doktori Iskola programigazgatója:**

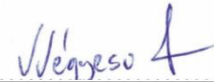
Dr. Szőke-Milinte Enikő, tanszékvezető egyetemi docens, PhD

**Eger, 2025**

## **Nyilatkozat a munka önállóságáról, a szakirodalmi források megfelelő idézéséről**

Alulírott Négyesi Péter ezennel kijelentem, hogy az „Adaptivitást támogató elektronikus tanulási környezet bevéálásvizsgálata a számelmélet speciális témaköreinek tanításában” című doktori értekezést magam készítettem, és abban csak a szakirodalmi hivatkozások listáján megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más forrásból átvettem, a forrás egyértelmű megadásával megjelöltem.

Eger, 2025.07.19.



---

Négyesi Péter

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés .....</b>	<b>4</b>
1.1. A kutatás jelentősége, aktualitása.....	5
1.2. A kutatási téma kapcsolódása a neveléstudományhoz .....	7
1.3. A kutatás előzményei.....	8
1.4. Kutatási probléma .....	10
1.5. Célkitűzések és a kutatási eredmények jelentősége .....	11
1.6. Kutatási kérdések és hipotézisek .....	13
<b>2. Elméleti háttér .....</b>	<b>16</b>
2.1. Az Ipar 4.0 és az oktatás kapcsolata .....	16
2.2. Didaktikai paradigmák .....	18
2.3. IKT eszközök az oktatásban.....	20
2.3.1. Digitális műveltség .....	22
2.3.2. Digitális nemzedékek .....	23
2.4. Tanulási környezet a XXI. században .....	27
2.5. Digitális kompetencia .....	32
2.6. Elektronikus tanulás.....	36
2.6.1. Pedagógiai modellek .....	37
2.6.2. Az e-learning evolúciója .....	39
2.6.3. Az elektronikus tanulás aktuális helyzete .....	41
2.6.4. Meglévő és új trendek.....	42
2.6.5. Az adaptivitás hiánya .....	45
2.6.6. Az elektronikus tanulás jövője .....	46
2.7. Problémamegoldás a matematikatanításban.....	47
2.8. A motiváció fenntartása a matematikatanításban.....	51
2.8.1. A középiskolai számelmélet tanításának nehézségei.....	52
2.9. Tanulási stílusok.....	53
2.10. Az adaptív oktatás fogalmi keretei .....	55
2.11. Az adaptív tanulás megjelenése a korszerű tanuláselméletekben.....	56
2.11.1. A SOLO taxonómia alkalmazásának előnyei.....	59
2.12. Adaptív elektronikus tanulási környezetek .....	60
2.12.1. Konceptualizálás .....	63
2.12.2. Személyre szabott tanulás és adaptív e-learning .....	66
2.12.3. Élethosszig tartó tanulás és adaptív e-learning.....	67
2.12.4. Motiválás, aktivizálás és megerősítés .....	69
2.12.5. Hazai vonatkozás .....	71
2.12.6. Nemzetközi tapasztalatok.....	73
2.12.7. Pedagógiai modellek .....	75
2.12.8. A pedagógus szerepe.....	76
2.13. Didaktikai design és adaptivitás .....	78
2.14. Mesterséges intelligencia az oktatásban .....	81
2.14.1. Technopesszimista kontra technooptimista megközelítés .....	83
2.14.2. A ChatGPT hatásai.....	86

2.14.3. Technológiai szingularitás.....	89
2.14.4. Adaptív matematikaoktatás .....	90
2.14.5. Ipar 5.0 és MI-alapú adaptív e-learning rendszerek .....	92
<b>3. Alkalmazott módszerek és eszközök .....</b>	<b>97</b>
3.1. Új eszköz a digitális pedagógia szolgálatában .....	98
3.1.1. Az adaptív e-tanulási környezet (AES) bemutatása .....	104
3.2. Akciókutatás.....	112
3.3. Tervalapú kutatás.....	114
3.4. Rendszerellenőrzés és akadálymentesség vizsgálata.....	116
3.4.1. Weboldalak akadálymentességének vizsgálata .....	117
3.4.2. Reszponzivitás vizsgálata.....	119
3.5. Használhatóság és tanulási stílusok azonosíthatóságának vizsgálati módszere.....	120
3.6. Kiegészítő attitűdvizsgálat módszere.....	127
3.7. A logfile-elemzés módszere .....	127
3.8. Kvantitív kérdőíves vizsgálatok módszere.....	128
3.9. A szisztematikus szakirodalom-elemzés módszere .....	132
3.10. A minőségi súly és összeg megközelítés.....	134
<b>4. Eredmények .....</b>	<b>137</b>
4.1. A bemeneti kérdőíves vizsgálatok eredményei .....	137
4.1.1. A tanulói igényfelmérés .....	137
4.1.2. A pedagógusi igényfelmérés .....	143
4.2. A QWS vizsgálat eredményei .....	147
4.3. A szisztematikus szakirodalom-elemzés eredményei.....	148
4.4. A szemmozgáskövető vizsgálat eredményei.....	150
4.5. A bevérvizsgálat eredményei .....	152
4.5.1. A logfile-elemzés eredményei.....	152
4.5.2. A kimeneti attitűdvizsgálat (tanulói) eredményei .....	154
4.5.3. A kimeneti attitűdvizsgálat (pedagógusi) eredményei .....	160
4.6. Új tudományos eredmények .....	164
<b>5. Következtetések .....</b>	<b>170</b>
<b>6. Összegzés .....</b>	<b>173</b>
<b>7. A kutatás korlátai, további kutatási irányok .....</b>	<b>176</b>
<b>Köszönetnyilvánítás .....</b>	<b>179</b>
<b>Irodalomjegyzék .....</b>	<b>180</b>
<b>Ábrajegyzék .....</b>	<b>205</b>
<b>Táblázatjegyzék .....</b>	<b>207</b>
<b>Mellékletek .....</b>	<b>208</b>



## 1. Bevezetés

A matematikaoktatás kulcsfontosságú szempont az intellektuális képességek és a XXI. századi készségek fejlesztésében (Badawi et al., 2023; Bayrak & Aslanci, 2022; Prahmana et al., 2017; Walshaw, 2011). A matematikatanulás egyik kulcskompetenciája a problémamegoldó képesség, amely nemcsak a matematikai fogalmak elsajátítását segíti, hanem a kritikai, elemző és kreatív gondolkodási készségeket is fejleszti. Sajnos sok diáknak kihívásokkal kell szembenéznie a gyakorlott matematikai problémamegoldó képesség kialakításában (Hunter, 2010; Manoharan & Kaur, 2023; Ningrum et al., 2022; Whitacre et al., 2016).

Az információs és kommunikációs technológia gyors fejlődésével a tanulás megközelítése jelentős változásokon ment keresztül. Az e-learning platformok használata a tanulási folyamat szerves részévé vált a különböző oktatási intézményekben (Sari & Mengi, 2022; Tatoj et al., 2018; Yaroshenko & Vapnyarchuk, 2021). Ugyanakkor lehetőségek és kihívások is felmerülnek a tanulási módszerek adaptálásakor az egyes tanulók egyedi jellemzőihez. Itt lép be az adaptív e-learning koncepciója - egy olyan koncepció, amely az egyéni igényeken és képességeken alapuló, személyre szabott tanulásra összpontosít.

A 2020-as koronavírus-járvány (COVID-19) kitörésével a lakosság jelentős része otthon maradt, hozzájárulva ezzel a vírus terjedésének megfékezéséhez. Ezzel párhuzamosan az e-learning rendszerek kiemelt figyelmet kaptak, mivel az oktatás és a munka digitális formái váltak a társadalom számára elengedhetetlenné. „Az elektronikus tanulási környezetek nem a hagyományos tanulási környezetek alternatívái, nem is a tradicionális iskolával szembenálló elektronikus szép új világ ígéretei, hanem a történetileg kialakult tanulási színterek új fejlődési fázisa, amelynek eredményeképpen eszköztárunk bővül az új infokommunikációs technikával.” (Komenczi, 2009).

A technológia fejlődése révén elérhetővé váltak az elektronikus tanulási környezetek, amelyek nagy szerepet játszanak az élethosszig tartó tanulás elősegítésében és támogatásában. Ezek a platformok nem csak információforrásként jelennek meg, hanem ösztönzik az egyéni tanulást, a tanulási motivációt és az önszabályozó képességek fejlesztését is.

Az adaptív elektronikus tanulási környezet olyan technológia-alapú tanulási megközelítés, amelynek célja, hogy a tanulási élményt az egyes személyek egyedi igényeihez és jellemzőihez igazítsa. „A segítő eszközök használata egyidős az oktatás történetével” (Szűts, Lengyel, & Racsó, 2022). A matematikaoktatásban az adaptív e-

learninget a személyre szabottabb és hatékonyabb tanulási élmény nyújtására használják. Az adaptív e-learning két fő fogalomra összpontosít: a személyre szabásra és az adaptációra. Felismeri a tanulási stílusok, a megértési szintek és a tanulási igények egyéni különbségeit. A folyamatos adatelemzés révén az adaptív e-learning platformok képesek azonosítani a tanulási preferenciákat és a tanulói készségeket, lehetővé téve az egyes tanulók nehézségi szintjének és tanulási stílusának megfelelő tartalom bemutatását, így maximalizálva a tanulás hatékonyságát.

A digitális transzformáció eredményeképpen az osztálytermi oktatás mindinkább a hálózati technológiák, az információs és kommunikációs eszközök, valamint a digitális tananyagok alkalmazására épül, miközben a hagyományos taneszközöket fokozatosan a képernyő alapú megoldások váltják fel (Szűts, 2020).

A matematikaoktatásnak kihívásokkal kell szembenéznie a különböző szintű megértéssel és háttérrel rendelkező diákok tanítása és irányítása során. Az adaptív elektronikus tanulási környezet potenciális eszközzé válik a kihívások kezelésében, olyan megoldást kínálva, amely képes az osztályteremben az egyéni sokféleséget figyelembe venni (Amane et al., 2023; Bilous, 2019; Özyurt & Özyurt, 2015).

A matematikaoktatásban az adaptív e-learning alkalmazása minden egyes tanuló számára koncentráltabb és relevánsabb tanulási élményt nyújt. Az adaptív e-tanulásban a személyre szabás és az adaptáció alapkonceptjei kulcsfontosságúak a matematikai fogalmak megértésének és elsajátításának optimalizálásához.

„A tanító ügyessége abban áll, hogy meg tudja nyerni és lekötni tanítványának figyelmét; ha ezt elérte, oly gyorsan fog haladni, amennyire csak engedik tanítványának képességei; figyelem nélkül minden sürgése-forgása, felindulása kárba vész vagy legalább is igen kevés eredménnyel fog járni.” (Locke, 1914).

### **1.1. A kutatás jelentősége, aktualitása**

Aktuális és egyben hiánypótló kutatási téma, hiszen a STEM (MTMI) területek iránti érdeklődés felkeltése, valamint a természettudomány, technológia, mérnöki tudományok és matematika egyes diszciplínáihoz kapcsolódó tudás elsajátítása rendkívüli jelentőséggel bír, hiszen a jelenleg zajló 4. ipari forradalom vagy másnéven: Új gazdaság, az egész társadalomra és annak minden alrendszerére, többek között a munkaerőpiacra és az oktatási közegre is hatást gyakorol.

Ez egyrészt jelenti az iskola, mint a formális tanulási környezet legfőbb színterének átalakulását, mind a tanulási környezet kereteit, mind a tanulási célokat, másrészt pedig a

leendő munkavállalók számára a hosszú távon szükséges készségeket és kompetenciák transzformációját.

A STEM területekhez kapcsolódó képességek iránti kereslet növekedni fog, az elemzők 2020-ig az EU-ban átlagosan 3%-os foglalkoztatottsági növekedést várnak, a STEM és a társult szakmákon belül ez az érték 9% lehet. (Szegedi, 2014)

E növekedéshez azonban szükségesek olyan új tanulástámogató megoldások, amelyek biztosítják a személyre szabhatóságát, valamint az iskola falain kívüli, tér-és időkorlátok nélkül megvalósítható tudáselsajátítást.

Egy egyre összetettebb és dinamikusabb világban, ahol folyamatosan új kihívások és problémák merülnek fel, a matematikai problémamegoldó képesség minden eddiginél fontosabbá válik. A problémamegoldó képességek fejlesztésére összpontosító matematikatanulás révén a diákok nemcsak a matematikai fogalmakat sajátítják el mélyen, hanem felkészülnek arra is, hogy szilárd készségekkel, magabiztosan nézzenek szembe a különböző élethelyzetekkel.

A 2020-ban bekövetkezett COVID-19 világjárvány, valamint az ennek következtében azon a tavaszon hazánkban is bevezetett digitális munkarend tapasztalatai alapján azt láttuk, hogy a pedagógusoknak szükségük van olyan jól felépített, tudományos eszközökkel igazoltan bemért és ellenőrzött tartalmakat magában foglaló elektronikus tanulási környezetre (keretrendszerre), amely valós igények alapján került kifejlesztésre a didaktikai design alapelvei mentén.

Magyarországon az oktatáspolitikai már a 90-es években felismerte az információs és kommunikációs technológiák (IKT) oktatásban való elterjesztésének fontosságát. Az utóbbi években az uniós pályázatok eredményeképpen az IKT eszközök és rendszerek egyre szélesebb körben és sokrétűbb módon jelentek meg az iskolákban.

A 90-es évek robbanásszerű fejlődése következtében megjelentek az IKT technológiák, amelyek gyökeresen megváltoztatták a tanítás-tanulás folyamatát (Molnár, 2008).

A Web 2.0 eszközök oktatásba való bevonására, használatuk fontosságára nagy figyelmet kell szentelni, mert segítségükkel létrehozhatók a hatékony online tanulási rendszerek (Szűts, 2014).

A digitális korban felnövekvő gyermekek, a digitális bennszülöttek, már nem elégszenek meg a hagyományos oktatással, életüket a digitális eszköz és a technológia határozza meg (Schmidt, 2019).

## **1.2. A kutatási téma kapcsolódása a neveléstudományhoz**

A neveléstudomány célja, hogy megértse, miként tanulnak az emberek, és hogyan támogatható hatékonyan a tanulási folyamat. Az adaptív tanulási környezetek célja, hogy a tanulásokat személyre szabják, figyelembe véve a tanulók különböző igényeit, képességeit és tanulási stílusait. Az elektronikus tanulási környezetek, például az adaptív rendszerek, lehetőséget adnak arra, hogy a tanulás folyamata mindig alkalmazkodjon a tanulók igényeihez, amely a konstruktivista tanuláselmélettel is összhangban van. A konstruktivista elmélet azt vallja, hogy a tanulás egy aktív folyamat, amelynek során a tanulók saját tapasztalataikra alapozva építik fel új tudásukat.

A neveléstudomány egyik jelentős ága az oktatási technológiák kutatása és alkalmazása. Az adaptív elektronikus tanulási környezetek különösen fontosak, mivel lehetővé teszik a tanulás rugalmas alakítását és az egyéni szükségletekhez való alkalmazkodást. A számelmélet speciális témaköreinek oktatásában, amely a matematikai diszciplínák egyik összetettebb területe, a tanulók eltérő előismeretei és tanulási tempója miatt elengedhetetlenek az olyan technológiai eszközök, amelyek képesek személyre szabott segítséget nyújtani.

A differenciált oktatás és a személyre szabott tanulás a neveléstudomány egyik központi témája, amely célja, hogy minden tanuló számára biztosítsa a megfelelő támogatást és kihívásokat. Az adaptív tanulási környezetek lehetővé teszik, hogy a tanulás minden tanuló számára egyedileg legyen testre szabva, figyelembe véve az előzetes tudást és a tanulási tempót. A számelmélet oktatásában az ilyen típusú rendszer különösen hasznos lehet, mivel lehetőséget biztosít a tanulók számára, hogy az őket leginkább segítő módon fejlődjenek.

A formális (iskolai) és informális (például otthoni vagy önálló) tanulás közötti kapcsolat is kulcsfontosságú kérdése a neveléstudománynak. Az adaptív elektronikus tanulási környezetek biztosítják, hogy a tanulás ne csak az iskolai keretek között történjen, hanem az iskolán kívül, otthoni környezetben is folytatódjon. A számelmélet speciális témaköreinek oktatásában ez lehetőséget biztosít arra, hogy a tanulók az iskolán kívül is gyakorolhassák a tanultakat, így segítve elő a folyamatos tanulást.

A neveléstudomány egyik alapvető célja a tanulás hatékonyságának mérésére szolgáló eszközök és módszerek kidolgozása. Az adaptív elektronikus tanulási környezetek folyamatosan nyomon követhetik a tanulók fejlődését, így lehetőséget biztosítanak arra, hogy az oktatók pontos képet kapjanak a tanulók előrehaladásáról. Az ilyen típusú

rendszerek segítenek a pedagógusoknak abban, hogy szükség esetén módosítsák a tanulási folyamatokat, és támogatást nyújtsanak a tanulóknak.

A neveléstudomány nemcsak az oktatás jelenlegi gyakorlatainak elemzésére összpontosít, hanem az oktatási innovációk előmozdítására is. Az adaptív elektronikus tanulási környezetek új pedagógiai lehetőségeket kínálnak, amelyek alkalmazása jelentős előrelépést jelenthet a matematikai és tudományos tantárgyak oktatásában. A számelmélet oktatásában például lehetőséget adnak arra, hogy a tanulók egyéni tempójukban, az őket leginkább támogató módon sajátíthassák el a szükséges ismereteket.

Összegezve elmondható, hogy a kutatási téma szoros összefüggésben áll a neveléstudománnyal, mivel az oktatás és a tanulás optimalizálása, a tanulói igényekhez való alkalmazkodás, a technológiai eszközök hatékony alkalmazása és a tanulás mérhetősége mind kulcsfontosságú kérdések a neveléstudományi kutatásokban.

### **1.3. A kutatás előzményei**

A disszertáció szerzője 10 éves pedagógiai gyakorlata során folyamatosan arra kereste a választ, hogy a jelenkor kihívásaihoz a neveléstudomány milyen technológiai segítséggel járulhatna hozzá, különös tekintettel a középiskolások és elsőéves egyetemisták számelméleti ismereteinek bővítéséhez és elmélyítéséhez.

A 2020 februárjában elvégzett előkutatásban azt vizsgálta, hogy bevezethetők-e a gimnáziumi matematika tanterv zömében nem megtalálható számelméleti témakörök a tanórák keretébe az általa készített számelméleti webalkalmazások, a hozzájuk szorosan kapcsolódó feladatgyűjteménye és az együttműködési felület segítségével. A vizsgálati személyeket (N=352) véletlenszerűen osztotta be egy vizsgálati, illetve kontroll csoportba. Míg a vizsgálati csoport tagjai és tanáraik hozzáfértek a webalkalmazásához az új témakörök feldolgozásakor, addig a kontroll csoport tagjai és tanáraik nem. Hipotézise szerint a vizsgálati csoport tagjai összeségében szignifikánsan jobb eredményt érnek el a kontroll csoport tagjaival szemben, így módszere révén sikeresen bevezethetők az új, eddig nem szereplő témakörök is. A vizsgálati csoportban részt vevő diákok szignifikánsan ( $p < .001$ ) jobb eredményt értek el, mint a kontroll csoport tagjai (átlag  $\pm$  szórás). Minden feladat esetében jobban teljesítettek a vizsgálati csoport tagjai ( $p < .05$ ), mint a kontroll csoportéi az önálló feladatmegoldás során.

A szerző ezután két évet töltött egy olyan új, adaptív e-learning rendszer megalkotásával, amely felkelti és fenntartja a diákok érdeklődését, amely alkalmazkodik egyéni sajátosságaikhoz, amely bővítheti a digitális pedagógia eszköztárát.

A kutatási kérdések megalkotásában szerepet játszó legfőbb nemzetközi és hazai kutatásokat az alábbiakban kerülnek kifejtésre.

Egy tanulástámogató alkalmazás olyan mértékben adaptív, amilyen mértékben igazodni képes a tanulók egyénileg különböző tanulási előfeltételeihez és előrehaladásuk üteméhez a tanulási folyamatban (Komenczi 2004).

Az adaptív webalapú oktatási rendszerekhez az egyik legkorszerűbb kutatási ötlet az oktatási tartalmak személyre szabása a felhasználók tanulási stílusai alapján (Siadaty & Taghiyareh 2007).

A tanulói teljesítmény, hibák és válaszdíók alapján testreszabott feladatokat kínáló rendszerek szignifikáns teljesítményjavulást eredményeznek (Arroyo et al., 2010).

A matematika iránti érdeklődés felkeltése, a matematikai fogalmak, jelenségek és problémák (esetlegesen azok megoldásának) vizuális megjelenítése (Chandra & Briskey 2012) elengedhetetlen alapfeltétele az eredményes oktatásnak.

Korábbi felmérésekből (Csányi et al., 2015) kiderült, hogy a számelmélet oktatásának középiskolai helyzete rendkívül siralmas. A középiskolai diákok általában még a számelmélet alapjait sem sajátítják el, az elsőéves egyetemisták pedig saját bevallásuk szerint sem emlékeznek a számelméleti alapfogalmakra.

Az adaptív támogatás akkor a leghatékonyabb, ha figyelembe veszi a tanuló problémamegoldó stratégiáját, és nem csak a helyes válaszokat (Aleven et al., 2016).

A korszerű oktatásinformatikai módszerek alkalmazásával (Kale & Goh 2012) megnyílhat a lehetőség a pedagógusok számára, hogy megkedveltessék és élvezetesebbé tegyék a matematikát a diákok számára, ezzel megalapozva a későbbi jobb eredmények elérését.

Az adaptív elektronikus tanulási környezetek javíthatják az online tanulást, ezáltal nélkülözhetetlenné válnak a tanítási folyamatban (Madani et al. 2019).

Az oktatási tartalmi modellből, a felhasználói modellből, az adaptációs modellből és az értékelési modellből álló, egymással összefüggő kifejlesztett adaptív rendszer lehetővé teszi az adaptív webalapú oktatás megvalósítását és a diákok tantárgyi kompetenciafejlesztés szintjének értékelését (Shershneva et al. 2019).

Az adaptív, játékalapú és diagnosztikusan támogatott tanulási környezetek képesek szignifikánsan hozzájárulni a diákok matematikai fejlődéséhez, különösen heterogén tudásszintű tanulócsoportok esetén (Bang et al., 2022).

## 1.4. Kutatási probléma

Napjainkban a globális oktatási rendszert jelentősen befolyásolja az információs és kommunikációs technológia gyors fejlődése. Megkerülhetetlenné váltak az elektronikai eszközök az oktatásban, számos reform is rájuk épül. Korunk talán egyik legnagyobb problémaforrása a digitális média használata az osztályteremben. Számos kérdést vet fel szükségességük, hasznuk, eredményességük ezeknek az eszközöknek. A hagyományos oktatási technológiákat felváltja az e-tanulás.

A változó társadalmi és gazdasági körülmények következtében a tanulás szerepe napjainkban egyre jelentősebbé válik, mivel a tudás egy állam legfontosabb erőforrásává lép elő. Nem véletlen tehát, hogy napjainkban olyan tanulási formák, módszerek és eszközök kerülnek előtérbe, amelyek elősegítik, hogy a tanulók alkalmazható, adaptív és transzformálható tudásra tegyenek szert. A cél, hogy olyan gondolkodásmódot és problémamegoldó attitűdöt sajátítsanak el, amelyek lehetővé teszik számukra, hogy az élethosszig tartó tanulás (LifeLong Learning) folyamatában aktívan részt vegyenek (James et al., 2007).

Manapság az e-tanulás kifejezést felváltja a mobil tanulás, mivel egyre több szervezet használja ezt a megközelítést az ismeretátadás jelentős módjaként. Az a tendencia, hogy bárhol, bármikor tanulhassunk, továbbra is a legfontosabb a trendnek számít mind a tanulók, mind a szolgáltatók körében.

A web szolgáltatásai elősegítik az elektronikus tanulási környezetek kreatív és mindennapi alkalmazását. A hagyományos osztálytermi oktatás és a számítógép-alapú elektronikus tanulás (e-learning) mellett egyre hangsúlyosabbá válik – illetve kellene, hogy váljon – a kombinált oktatás, az úgynevezett blended learning szükségessége (Forgó, Hauser és Kis-Tóth, 2001).

A digitális átállás során kiemelt szerepet kapnak az IKT eszközök és azok virtuális környezetei, valamint azok a készségek és kompetenciák, amelyek lehetővé teszik e technológiák magabiztos, kritikus és problémamegoldó alkalmazását a tanulás és tanítás céljából. Mindez a tartalomhoz való kötöttség nélkül, az oktatási célokhoz illeszkedő új tanulási környezetek kialakításával valósul meg (Racsko, 2017).

Annak ellenére, hogy jelenleg sok e-learning rendszer (pl. MOOC, OCW) létezik az interneten, ezek általában ugyanazokat az anyagokat mutatják be minden hallgatónak, az egyéni különbségek figyelembevétele nélkül. A legtöbb webalapú tanfolyamon a bemutatott anyagok csak homogén, magas felkészültségű és motivált hallgatók számára alkalmasak. Ha a webalapú tanfolyamokat a sokszínű képességekkel rendelkező hallgatóság használja, ez

problémát jelenthet, hiszen a diákoknak nagyon eltérő tanulási célja, háttere, tudásszintje, tanulási stílusa és kompetenciája lehet. Ezért rugalmas webalapú tanfolyamot kell megtervezni úgy, hogy a különböző hallgatók különböző tananyagokat és előadásmódot kapjanak (Surjono, 2011).

Az adaptív e-learning rendszerek (AES) megválaszolják ezeket a problémákat azáltal, hogy az egyes diákok igényeihez alakítják az oktatási anyagok megjelenítését.

A kutatási probléma kiválasztásakor prioritást élvezett, hogy olyan módszer kerüljön kidolgozásra, amely a tanítás-tanulás résztvevői számára is hasznos lehet. Ennek révén könnyebbé tehetjük a diákok számára az online tanulás folyamatát, valamint segítséget és iránymutatást nyújthatunk azoknak a pedagógusoknak, akik nem jártasak az elektronikus tanulási környezetekben, mind az online tanításra való felkészülésben, mind a tanítás folyamatában.

Véleményem szerint a felvázolt kihívásokból adódó problémák megoldásához leginkább úgy járulhatok hozzá, ha elméleti vizsgálódásaim és empirikus kutatásaim alapján kidolgozom és fejlesztő-kutatás keretében megvalósítom egy olyan webes rendszer koncepcióját, amely támogatja a tanárok oktatói munkáját és a tanulók tanulását. Bízom abban, hogy az általam tervezett adaptív e-learning rendszer ösztönzi és segíti a progresszív oktatási és tanulási módszerek alkalmazását, különösen a blended-learning formát, valamint motiváló hatással lesz a tanárok és diákok elektronikus, online eszközök segítségével végzett munkájára. A koncepciót tervalapú kutatás (Design-Based Research) keretében valósítom meg, azaz létrehozok egy weben elérhető adaptív elektronikus tanulási környezetet, amelynek pedagógiai alkalmazását és hasznosságát akciókutatás (Action Research) során vizsgálom, miközben folyamatosan javítom és finomítom a rendszert iteratív módon.

### **1.5. Célkitűzések és a kutatási eredmények jelentősége**

Elméleti háttérkutatásomnak célja a XXI. század tanulásfelfogásával kapcsolatos elvek, trendek és módszerek leírása, valamint azoknak a progresszív módszereknek az összegyűjtése, amelyek a tanulók problémamegoldó gondolkodását fejlesztik. Emellett a hagyományos és elektronikus tanulási környezetek témaköréhez kapcsolódó szakirodalom elemzése, különös figyelmet szentelve az adaptív elektronikus tanulási környezeteknek.

A vizsgálat további célja, hogy összehasonlítva a magyar közép- és felsőoktatásban jelenleg is használt elektronikus tanulási környezetek pro és kontra érveit, egy, a pedagógusok munkáját maximálisan elősegítő (didaktikai design és funkcionalitás), új reszponzív e-learning rendszert hozzon létre, amely illeszkedik korunk modern tanulási



elképzeléseihez, eszköztárához, trendjeihez, és egy újfajta támogatásként bővítse ezzel a digitális pedagógia módszertani eszköztárát.

A nemzetközi jó gyakorlatok feltérképezéséből származó eredmények – hogy milyen webes felületeket használnak a tanítás és tanulás folyamatának támogatására külföldön – integrálása is kiemelt fontossággal bírt a fejlesztési folyamatban.

A fejlesztő kutatás célja, az elméleti és empirikus kutatásokon túl, a tervalapú kutatás keretében, egy olyan eredményesen használható és kipróbált taneszköz fejlesztése a pedagógus kollégák részére, ami bizonyítottan és effektíven alkalmazható a mindennapi gyakorlatban, ezáltal elősegítve a magyar közép- és felsőoktatásban tanuló diákok teljesítménynövekedését a matematika tantárgy számelméleti szegmensében.

A koncepció kidolgozásához szükséges célok között kiemelt szerepet kaptak a kérdőíves felmérések elvégzése a tanárok és a tanulók körében annak érdekében, hogy a rendszer tervezése a két felhasználói csoport igényeihez igazodjon. A kérdőívekben azokra a kérdésekre kerestem választ, hogy mely információkat és funkciókat tartanak lényegesnek megjeleníteni egy tanári weboldalon.

A rendszer használhatóságával kapcsolatos célok elérésére irányulóan különféle tervezési modelleket vizsgáltam a webergonómia, a használhatóság, a felhasználói élmény és az akadálymentesség területén. E modellek alkalmazása mellett az irodalomkutatás eredményeit is integráltam a rendszer tervezésébe.

A rendszerfejlesztéssel kapcsolatos célok között szerepelt, hogy a fejlesztés a legújabb webes szabványoknak megfelelően történjen, és a rendszer a validátorok által ellenőrzött, hibamentes kódot tartsa magában. Emellett az akadálymentesség biztosítása<sup>1</sup>, valamint a használhatósági teszteken való sikeres szereplés is alapvető szempontok voltak.

A rendszer megjelenésével kapcsolatos célok között alapvető szempont volt, hogy az adaptív elektronikus tanulási környezet vizuális megjelenése átlátható legyen, miközben modern stílusjegyeket is tükrözzön. A mobiltanulás potenciáljának maximális kihasználása érdekében reszponzív<sup>2</sup> designt alkalmaztam, amely lehetővé teszi, hogy a portál mobiltelefonokon, tableteken, laptopokon és nagyméretű képernyőkön egyaránt az adott eszköz méretéhez optimalizált megjelenítést biztosítson.

---

<sup>1</sup> A WCAG 2.0 szabvány „A” szintű követelményeinek megfeleljen.

<sup>2</sup> Optimális megjelenést biztosítson – könnyű olvashatóság, egyszerű navigáció a lehető legkevesebb átméretezéssel és görgetéssel – a legkülönbözőbb eszközökön (asztali számítógép monitorától a mobiltelefonig). A „reszponzív elv alapján tervezett oldal tökéletesen igazodik a megjelenítő eszközökhöz”, rugalmas felépítésű, flexibilis képeket és optimális menüválasztást biztosít.

A rendszer didaktikai funkcionalitásával kapcsolatos célok között szerepelt, hogy a rendszer ebből a szempontból univerzális legyen. Olyan megoldást kívántam kidolgozni, amely nemcsak a tanórák során, hanem azokon kívül is alkalmazható. Ennek érdekében a rendszer támogatja a frontális oktatást, az egyéni és csoportos feladatvégzést, valamint a kooperatív munkát. Céлом volt, hogy a rendszer háttérrel és támogatást nyújtson progresszív tanulási módszerek szervezéséhez és kivitelezéséhez, valamint támogassa a blended-learning formát.

A rendszer ellenőrzésével (tesztelésével) kapcsolatos célok között szerepelt, hogy a kész rendszer használhatóságát, ergonómiai felépítését és a tanulási stílusok azonosíthatóságát szemmozgáskövető eszközzel támogatott ún. használhatósági (usability) teszteléssel vizsgáljam.

A kapott kutatási eredmények és azokból levonható következtetések alapján beigazolódhat, hogy az új, adaptív elektronikus tanulási környezet segítségével szignifikánsan javul a diákok attitűdje és hatékonysága a számelmélet speciális témaköreinek feladatmegoldása során.

A kimeneti mérések elemzése alapján a taneszköz bármely közép- vagy felsőoktatási intézményben felhasználható lesz, ezáltal kibővítve a digitális pedagógia eszköztárát.

Beigazolódhat, hogy az új, adaptív elektronikus tanulási környezet nemcsak jól használható, de szükséges is a tanítási folyamatban, hiszen minden tekintetben elősegíti a pedagógusok munkáját.

Az új keretrendszer ingyenes hozzáférhetősége, didaktikai designja és funkcionalitása révén széles körben elterjedhet a magyar közép- és felsőoktatásban.

A diákok egy adaptív környezetben tesztelhetik tudásukat, melynek segítségével növekedhet a sikerélményeik száma, ezáltal csökkenhet a matematikatanulással szembeni alacsony motivációjuk, ami az egész oktatási rendszer egyik legkritikusabb kérdésévé vált napjainkban.

## **1.6. Kutatási kérdések és hipotézisek**

Az iskola feladata elsősorban nem az ismeretátadás és nem a lexikális tudás átadása, hanem a tanuló „életre való felkészítése” (Dewey, 1912; Nahalka, 2003; Komenczi, 2009; Ollé, 2013a). Ebbe ma már beletartozik az is, hogy a tanulók a technikai és hálózati eszközöket, s azok által nyújtott szolgáltatásokat hatékonyan tudják felhasználni feladataik elvégzéséhez. Tehát az iskolaévek alatt olyan képességek, készségek és attitűdök kialakítása is cél, amelyek képessé teszik a tanulókat arra, hogy az internetről vagy más médiumról

nyert információkat önállóan tudják értelmezni, kritikus szemmel értékelni, szelektálni, megszerezni és felhasználni (Komenczi, 2009).

A szerző disszertációjában az 1.5. alfejezetben megfogalmazott célkitűzéseinek megfelelően<sup>3</sup> az alábbi kérdésekre keresi a választ:

- K1: Az új, hazánkban még nem elterjedt, adaptív tanulási környezet szignifikánsan javítja-e a tanulók számelméleti témakörökhöz való attitűdjét?
- K2: Az új taneszköz, tartalmi és módszertani újításai révén, szignifikánsan javítja-e a diákok körében a számelméleti problémák megértését és a feladatok megoldásának hatékonyságát?
- K3: Mennyire elégedettek a tanulók és a pedagógusok az adaptív tanulási rendszer használatával?

A szerzőnek a K1 kutatási kérdéshez kapcsolódó hipotézisei:

- H1: Az új taneszköz használata szignifikánsan növeli a diákok motivációját a matematika tanulása iránt.
- H2: Az új taneszköz használata szignifikánsan javítja a diákok önbizalmát a számelméleti problémák megoldásában.
- H3: Az új taneszköz használata szignifikánsan növeli a diákok aktivitását a tanulási folyamatban.
- H7: Az új taneszköz használata szignifikánsan növeli a diákok önálló tanulási készségeit.

A szerzőnek a K2 kutatási kérdéshez kapcsolódó hipotézisei:

- H4: Az új taneszköz használata szignifikánsan javítja a diákok problémamegoldó képességeit.
- H5: Az új taneszköz használata szignifikánsan csökkenti a diákok hibázási arányát a számelméleti feladatok megoldása során.
- H6: Az új taneszköz használata szignifikánsan javítja a diákok időgazdálkodási készségeit a tanulás során.

---

<sup>3</sup> A kutatási kérdések és a hipotézisek – a kutatási tervben foglaltakhoz képest – felülbírálásra és módosításra kerültek.

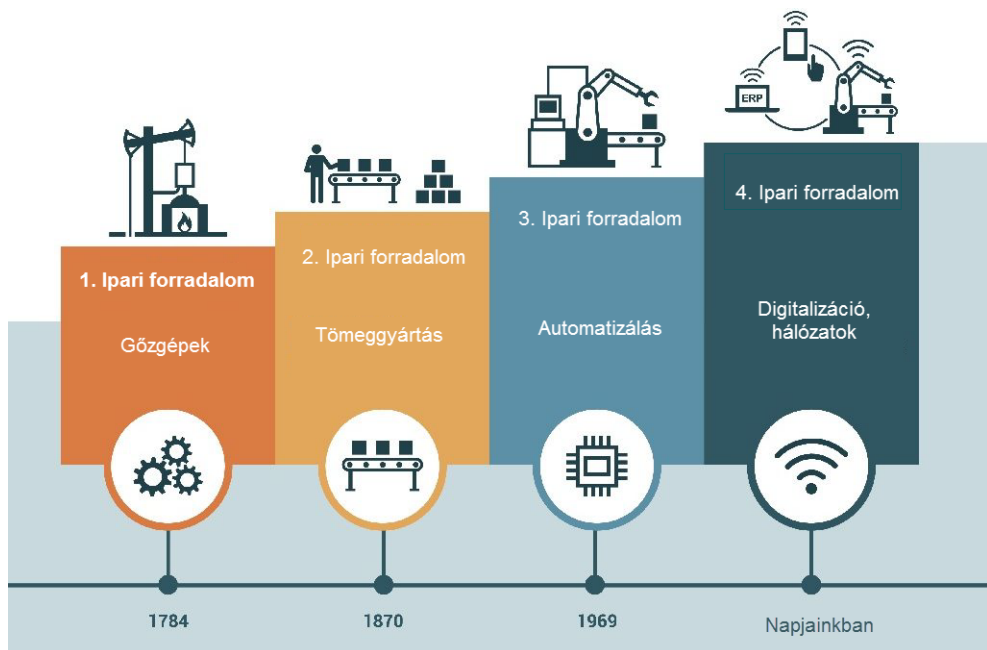
A szerzőnek a K3 kutatási kérdéshez kapcsolódó hipotézisei:

- H8: A Jakob Nielsen-féle 5 használhatósági faktor szerinti értékelésben a létrehozott adaptív e-learning rendszer tanulói és hallgatói oldalról, mindegyik mért faktor esetében, legalább 4-es átlagot ér el.
- H9: A Jakob Nielsen-féle 5 használhatósági faktor szerinti értékelésben a létrehozott adaptív e-learning rendszer pedagógusi és oktatói oldalról, mindegyik mért faktor esetében, legalább 4-es átlagot ér el.
- H10: A pedagógus kollégák visszajelzései igazolják az adaptív elektronikus tanulási környezet használatának szükségszerűségét a tanítási folyamatban.
- H11: Az adaptív e-learning rendszerben a tanulói aktivitás mutatói a vizsgálatot követően szignifikánsan magasabb szintet érnek el, ami a rendszer hatékonyságát jelzi.

## 2. Elméleti háttér

### 2.1. Az Ipar 4.0 és az oktatás kapcsolata<sup>4</sup>

A negyedik ipari forradalom (1. ábra) – azaz az Ipar 4.0 – olyan technológiai átalakulások korszakát jelöli, amelyeket a mesterséges intelligencia, a robotika, az automatizált rendszerek, az Internet of Things (IoT) eszközök, valamint az adatalapú megoldások uralnak (Schwab, 2016). Ezek a technológiák nemcsak a gazdaságot és a munkaerőpiacot formálják át, hanem gyökeresen megváltoztatják az oktatás szerepét, tartalmát és módszertanát is. Az oktatás és a negyedik ipari forradalom kapcsolata egyre inkább kulcsfontosságúvá válik, mivel az iskolák és képzési intézmények feladata, hogy felkészítsék a tanulókat erre a dinamikusan változó környezetre.



1. ábra A 4. ipari forradalom  
Forrás: <https://blog.eplm.hu/4-ipari-forradalom/>

Az ipari forradalom által hozott átalakulások egyike a készségek és kompetenciák területén jelentkezik. A hagyományos szakmai tudás mellett egyre növekvő hangsúly helyeződik azokra a képességekre, amelyek lehetővé teszik a technológia és az emberi gondolkodás együttes alkalmazását. Ide tartoznak a digitális készségek, mint a programozás, az adattudomány és az adatok értelmezése, valamint az olyan komplex képességek, mint a kritikai gondolkodás, a problémamegoldás és az innováció. Az oktatási rendszerben ez azt jelenti, hogy a tanterveknek egyre inkább a XXI. századi készségek fejlesztésére kell összpontosítaniuk, új módszertanok bevezetésével.

<sup>4</sup> A napjainkat meghatározó 5. ipari forradalom a „2.14.5. Ipar 5.0 és MI-alapú adaptív e-learning rendszerek” című alfejezetben kerül részletesen bemutatásra,

A technológia integrációja az oktatásba az Ipar 4.0 egy másik fontos aspektusa. Az online tanulási platformok, a mesterséges intelligencia alapú oktatási megoldások, valamint a virtuális és kiterjesztett valóság alkalmazása lehetővé teszi a tanulás interaktív, személyre szabott formáit (Hwang, 2018). Az MI-alapú rendszerek képesek a diákok tanulási szokásai és teljesítése alapján egyéni tanulási utakat kialakítani, miközben a VR és AR technológiák lehetőséget nyújtanak arra, hogy a tanulók valósághű környezetben szerezhessenek gyakorlati tapasztalatokat. Emellett a gamifikáció, vagyis a játékalapú tanulás, hozzájárulhat a tanulás motiváló és szórakoztató jellegének növeléséhez (Deterding et al., 2011).

Az élethosszig tartó tanulás szükségessége az egyik legmarkánsabb hatása az Ipar 4.0-nak az oktatásra. A gyors technológiai változások miatt a dolgozók folyamatos átképzése elengedhetlenné válik (European Commission, 2019). Az oktatási rendszer feladata, hogy olyan rugalmas, moduláris képzési programokat kínáljon, amelyek lehetővé teszik a felnőttképzést és a folyamatos továbbképzést. Az online tanulási lehetőségek, mint például a MOOC-ok (Massive Open Online Courses), valamint a tanulási közösségek kialakítása hozzájárulhatnak a tudás megosztásához és a közösségi tanulás élményéhez.

Az oktatási rendszerek rugalmasságának növelése és az interdiszciplináris szemléletmód bevezetése szintén kulcsfontosságú a negyedik ipari forradalom által generált környezetben. Az olyan tanulási módszerek, mint a projektalapú oktatás, lehetővé teszik a diákok számára, hogy valós problémákkal foglalkozzanak, miközben fejlesztik a kritikai gondolkodásukat, a csapatmunkát és a gyakorlati készségeket (Reeves & Reeves, 2015). Ezzel egyidejűleg a tanári szerep is átalakul: a pedagógusok inkább facilitátorként működnek, akik segítik a tanulókat az önálló tanulási folyamataik irányításában.

Végül az etikai és társadalmi felelősségvállalás szerepe sem hagyható figyelmen kívül. Az adatvédelem, a mesterséges intelligencia alkalmazásának etikai kérdései, valamint a munkaerőpiac átalakulása mind olyan problémák, amelyekre az oktatásnak reflektálnia kell (Bostrom, 2014). Az iskoláknak és egyetemeknek fel kell készíteniük a diákokat ezeknek a kérdéseknek a megértésére és a velük kapcsolatos felelős döntéshozatalra.

A negyedik ipari forradalom alapvetően átalakítja az oktatás tartalmát, módszereit és céljait. Az oktatási rendszereknek alkalmazkodniuk kell ezekhez a változásokhoz, hogy biztosítsák a diákok számára a jövő munkaerőpiacán szükséges kompetenciákat, miközben lehetőséget teremtenek az élethosszig tartó tanulásra. Az oktatás e formáló ereje nélkül az emberiség kevésbé lenne képes megbirkózni a technológiai fejlődés kihívásaival. Az adaptív e-learning rendszerek és a személyre szabott tanulás ezen forradalom egyik legígéretesebb

alkalmazási területét képviselik, amelyek lehetővé teszik az oktatás hatékonyságának, elérhetőségének és inkluzivitásának növelését.

## 2.2. Didaktikai paradigmák

A XX. századig három jellegzetes pedagógiai paradigma és ezeknek megfelelő didaktikai rendszer alakult ki. A különbség közöttük abban van, hogy milyen szerepet tulajdonítanak a tanításban az ismeretátadásnak, a szemléltetésnek, illetve a cselekedtetésnek, milyen felfogást vallanak a tanár és tanuló szerepéről a tanítási-tanulási folyamatban (Nádasi, 1997).

Ma már nemcsak a tanulási-tanítási folyamatot segítő-támogató taneszközökről, hanem a tanulási környezetről is beszélünk. Ennek kiterjesztéseként az elmúlt évtizedben a neveléstudomány egyik központi kérdésévé vált az elektronikus tanulási környezet. Nahalka (2002) és Aebli (1951) nyomán három jellegzetes korszakot különböztetünk meg:

	<b>A könyvek és szavak pedagógiája</b>	<b>A szemléltetés pedagógiája</b>	<b>A cselekvés pedagógiája</b>
<b>Korszak</b>	A középkor végéig	XVII-XIX. század	XX. század
<b>A tudás forrása</b>	Előfeldolgozott tudás, a pedagógus, könyvek	Az objektív valóság	Az objektív valóság
<b>A tudás közvetítője</b>	A nyelv	Az ingerek	A cselekvés
<b>Jellegzetes megvalósulások</b>	A középkori egyetemek	Comenius pedagógiája	A reformpedagógiai mozgalmak működése

1. táblázat Didaktikai paradigmák

Forrás: Nahalka, 2002

A didaktikai paradigmák között az egyik legismertebb az instrukcionista szemlélet, amely a tanári irányítást és a frontális oktatást helyezi előtérbe. Ebben a megközelítésben a tanár a tudás elsődleges forrása, és a tanulók passzív befogadóként vesznek részt a tanulási folyamatban (Gagné, 1985). Az ilyen típusú oktatási modell hatékony lehet a strukturált ismeretek átadásában, de kritikusai szerint kevésbé támogatja a kreatív gondolkodást és az önálló problémamegoldást (Bruner, 1966).

A konstruktivista paradigma ezzel szemben a tanuló aktív részvételét és tapasztalati tanulását hangsúlyozza. Piaget (1972) és Vygotsky (1978) munkái alapján a konstruktivista megközelítés a tanulást egy olyan folyamatnak tekinti, amelyben az egyén saját

tapasztalatain és korábbi tudásán keresztül alakítja ki az új ismereteket. A tanár szerepe itt inkább facilitátor, aki iránymutatást nyújt és támogatja a tanulókat a saját tudásépítésükben.

Az utóbbi évtizedekben az oktatás technológiai fejlődése és a digitális eszközök terjedése új paradigmák megjelenését tette lehetővé. Az e-learning és a hibrid oktatási modellek az online platformok és interaktív eszközök alkalmazásával kombinálják a hagyományos és a modern megközelítéseket (Bonk & Graham, 2006). Ezek a modellek nemcsak a tanulási folyamat rugalmasságát növelik, hanem lehetőséget biztosítanak az egyéni tanulási utak kialakítására is. A digitális tanulási környezetek, mint például a virtuális tantermek, a tanulási menedzsment rendszerek (LMS) és az adaptív tanulási platformok, lehetővé teszik a tananyaghoz való személyre szabott hozzáférést és a tanulói aktivitás valós idejű nyomon követését (Siemens, 2005). Ezek az eszközök integrálják a technológiai innovációkat az oktatási folyamatokba, elősegítve a tanulók aktív részvételét és az együttműködésen alapuló tanulást.

A tanulási környezetek szerepe kiemelkedő a különböző didaktikai paradigmákban. Az instrukcionista szemléletben a tanulási környezet leginkább egy strukturált, tanárközpontú tér, ahol a tanulók szorosan követik az oktató által meghatározott tanmenetet. Ezzel szemben a konstruktivista megközelítés olyan tanulási környezeteket helyez előtérbe, amelyekben a tanulók aktívan felfedezhetik az ismereteket, és önállóan, de facilitált módon dolgozhatnak együtt. Ezek a környezetek gyakran interaktívak, ráadásul ösztönzik a csoportmunkát, a közös és egyéni problémamegoldást, illetve a kreativitást is (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978).

A digitális tanulási környezetek kialakítása során kulcsszerepet játszik a pedagógusok digitális kompetenciáinak fejlesztése. Az IKT-eszközök integrációja nemcsak technológiai, hanem módszertani változásokat is követel, amely paradigmaváltást eredményezhet az oktatásban. A digitális pedagógiai asszisztensek elősegíthetik az innovatív tanulási tapasztalatok megteremtését és a tanulók motivációjának növelését. A kutatások alapján a technológia hatékony alkalmazása szoros kapcsolatban áll a pedagógusok módszertani felkészültségével és a tanulók egyéni szükségleteinek figyelembevételével (Racsko, 2017).

A digitális eszközök és a technológiai innovációk jelentős hatással vannak az oktatási folyamatokra, különösen az interaktív és adaptív tanulási lehetőségek terén. Az elektronikus tanulási környezetek sikeressége nagymértékben múlik a felhasználók, vagyis a tanárok és tanulók eszközhasználati készségein, valamint az eszközök oktatási célú alkalmazásának hatékonyságán. Az ilyen környezetek lehetővé teszik a tanulói aktivitás valós idejű nyomon



követését és a személyre szabott tanulási utak kialakítását, ezáltal növelve a tanulási eredményességet és a tanulók elköteleződését egyaránt (Komenczi, 2009).

A technológiai alapú tanulási környezetek fejlődése tovább bővítette a lehetőségeket, és a tanulók számára olyan új eszközöket kínál, mint a szimulációk, virtuális valóság (VR), valamint a mesterséges intelligencián alapuló adaptív rendszerek. Ezek az eszközök lehetővé teszik a tanulók számára, hogy egyéni tempójukban és érdeklődésük szerint haladjanak, miközben a rendszer valós idejű visszajelzést ad a fejlődésükről (Siemens, 2005). A hibrid tanulási környezetek kombinálják a hagyományos osztálytermi interakciókat az online tanulási lehetőségekkel, lehetővé téve a rugalmas és személyre szabott tanulást.

Fontos megemlíteni a kritikai pedagógia szempontjából kialakított tanulási környezeteket is, amelyek a társadalmi igazságosságra és az egyenlőségre helyezik a hangsúlyt. Ezekben a környezetekben a tanulók és tanárok közötti hierarchikus viszony minimalizálására törekednek, és elősegítik a demokratikus tanulási kultúra kialakulását. A kritikai pedagógia által inspirált tanulási környezetekben a tanulók aktív szerepet játszanak az órák alakításában, és ösztönzik őket a kritikus gondolkodásra és a társadalmi problémák megoldására (Freire, 1970).

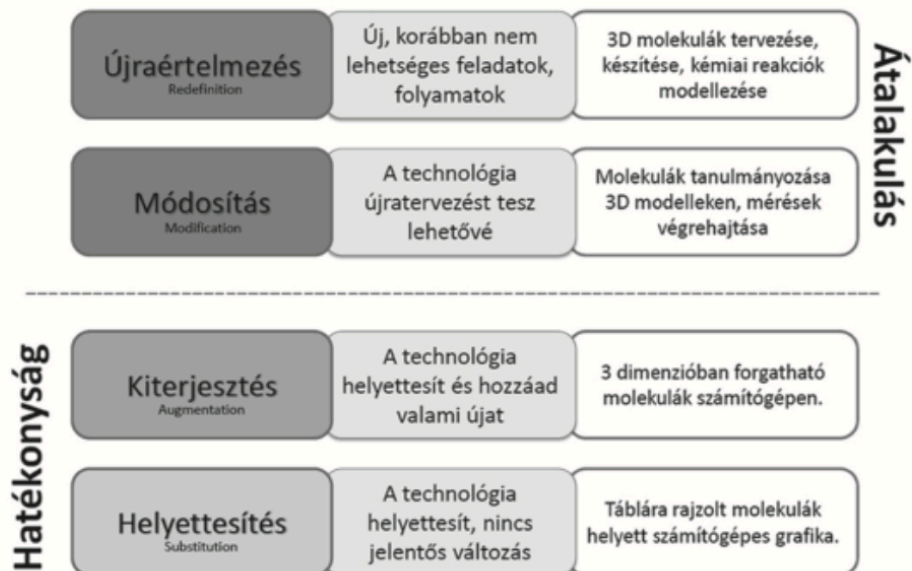
### **2.3. IKT eszközök az oktatásban**

Az információs és kommunikációs technológiák (IKT) oktatásban betöltött szerepe az elmúlt évtizedekben fokozatosan növekedett, az oktatási rendszerek modernizációjának egyik központi elemeként jelent meg. Az IKT-eszközök alkalmazása nemcsak az oktatás minőségének javítását célozza, hanem az oktatás hatékonyságának növelését és a tanulók digitális kompetenciáinak fejlesztését is elősegíti.

Az IKT-eszközök kifejezés magában foglalja a digitális technológiák széles spektrumát, beleértve a számítógépeket, tableteket, interaktív táblákat, valamint az internetalapú szolgáltatásokat. Ezek az eszközök lehetővé teszik az oktatási tartalmak gyors elérését, az interaktív tanulási környezet kialakítását, valamint a tanítási-tanulási folyamat testreszabását az egyéni igényekhez (Buda, 2020).

Az IKT-eszközök egyik legnagyobb előnye az oktatásban, hogy támogatják a tanárokat a tanórai felkészülésben és az interakciós szakaszban. Az online források és digitális tananyagok segítségével a tanárok hatékonyabban tervezhetik meg óráikat, míg az interaktív technológiák, például az okostáblák, növelik a tanulók motivációját és részvételüket a folyamatokban (Buda, 2020). A mérés és értékelés során alkalmazott digitális eszközök pedig lehetőséget nyújtanak az azonnali visszacsatolásra és a tanulói teljesítmény alaposabb elemzésére (Buda, 2020).

Az IKT-eszközök oktatási alkalmazásának értékelésében és tervezésében kiemelkedő jelentőséggel bír az SAMR modell (2. ábra). Az SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) modell Ruben Puentedura nevéhez fűződik, és négy szintre osztja az IKT-eszközök integrációját.



2. ábra A SAMR-modell Puentedura 2006 alapján  
Forrás: Buda (2020)

Az első két szint, a helyettesítés (Substitution) és a kiterjesztés (Augmentation) az oktatási folyamatok technológiai támogatásának alapvető szintjeit képviselik, amelyek során az IKT-eszközök a hagyományos eszközök digitális változataiként jelennek meg. Jó példák lehetnek minderre a nyomtatott tankönyvek digitális változatai, vagy akár egy szövegszerkesztő használata is az írásos feladatokhoz (Buda, 2020).

A modell következő két szintje, a módosítás (Modification) és az újraértelmezés (Redefinition) már a tanítási-tanulási folyamat alapvető megváltoztatását célozza. Az átalakítás szintjén az IKT-eszközök lehetővé teszik olyan tevékenységek végrehajtását, amelyek a hagyományos eszközökkel nem valósíthatók meg ilyen formában, például interaktív tanulási platformok vagy kollaboratív projektek online eszközök segítségével. Az újradefiniálás szintjén az IKT olyan oktatási módszerek és tartalmak kialakítását teszi lehetővé, amelyek gyökeresen új tanulási élményeket nyújtanak, például virtuális valóság használata egy adott történelmi korszak tanulmányozásához vagy nemzetközi csoportmunka egy közös platformon (Buda, 2020).

Az SAMR modell nemcsak az IKT-eszközök alkalmazásának mértékét és minőségét segít megérteni, hanem irányt is mutat az oktatási technológiák hatékony integrációjához. Azok a pedagógusok, akik a modell magasabb szintjeit célozzák meg, nemcsak a technológia

használatát fejlesztik, hanem a tanulók készségeit is jobban támogatják az információs társadalom követelményeinek megfelelően.

Az IKT-eszközök alkalmazásával a pedagógusok képesek támogatni a diákok egyéni tanulási útjait, miközben új pedagógiai módszerek is teret nyerhetnek, például a projektalapú vagy a kollaboratív tanulás. Alkalmazásuk sikeressége azonban nagymértékben függ a pedagógusok attitűdjétől és digitális kompetenciáitól. Az iskolák technológiai felszereltsége mellett a tanárok felkészítése és továbbképzése is kulcsfontosságú annak érdekében, hogy hatékonyan integrálják az új eszközöket a tanítási-tanulási folyamatba. A tanárok pozitív hozzáállása az IKT-eszközök használatához erősítheti a tanulók digitális kompetenciáit, míg a negatív attitűdök akadályozhatják azok széleskörű elterjedését (Buda, 2020).

A digitális kor gyermekeinek oktatása megköveteli, hogy a tanárok képesek legyenek alkalmazkodni a technológiai fejlődéshez, miközben a tanulók digitális kompetenciáinak fejlesztésére összpontosítanak. Ez nem csupán eszközhasználatot jelent, hanem a pedagógiai módszerek és tartalmak átgondolását is magában foglalja (Lénárd, 2015). Az IKT-eszközök nem egyszerűen a tanítás eszközei, hanem a tanulási folyamat átalakításának motorjai is lehetnek, ha megfelelően integrálják őket az oktatási rendszerbe (Falus és mtsai, 2012).

### **2.3.1. Digitális műveltség**

A digitális műveltség kompetenciája kiemelt szerepet játszik a pedagógusok munkájában, különösen a gyors technológiai fejlődés és az IKT-eszközök elterjedése miatt, amely újraértelmezi a műveltség és tudás fogalmát (Csapó, 2008; Koltay, 2010; Molnár, 2011).

A XXI. században a digitális műveltség, valamint az IKT-eszközök kritikus, célirányos és tervezett használata nélkülözhetetlen a boldoguláshoz (Catts és Lau, 2008; Covello, 2010; Law, Lee & Yuen, 2009). A digitális műveltség fontosságát mutatja, hogy a kulcskompetenciákra vonatkozó dokumentumokban egységesen jelenik meg a fogalom (UNESCO, 2008; UNESCO & Microsoft, 2011). Ennek a kompetenciának az elsajátítása nemcsak a pedagógus szakmai felkészültségéhez, hanem hétköznapi tevékenységeihez is hozzátartozik.

A digitális műveltség fogalmát hazai és nemzetközi szakirodalomban eltérő módon határozták meg és értelmezték (Tongori, 2013). Az információs műveltség és annak részterületei ábrázolhatók egy olyan modell (3. ábra) segítségével, amely a digitális és IKT-eszközök használatához kapcsolódó műveltségi köröket szemlélteti.



3. ábra Az információs műveltség és részterületei  
Forrás: Lévai, 2014

Ez a modell bemutatja, hogy az információs műveltség központi szerepet tölt be az információs társadalomban, és az egyes műveltségi területek egymásra épülését ábrázolja. Az óramutató járásának megfelelően követve a köröket, a folyamat végül visszatér a kiindulópontként szolgáló számítógépes műveltséghez, amelyet a digitális műveltség területén szerzett ismeretek új perspektívába helyeznek.

Tongori Ágota (2013) rámutat, hogy az IKT műveltség tantervbe emelése önmagában nem garantálja a diákok eredményességét ezen a területen. A célirányosan válogatott feladatok azonban fejleszthetik azokat a képességeket és készségeket, amelyek a digitális kompetenciához tartoznak. Az IKT-műveltség méréséhez érvényes és megbízható mérőeszközök kialakítása szükséges, amelyek segítenek azonosítani a fejlesztendő területeket, hozzájárulva a tanulás, a munka és a mindennapi élet digitális elvárásaihoz. Luckin és munkatársai (2012) hasonlóan hangsúlyozzák, hogy a technológia önmagában nem hatékony a tanulásban, a hatékonyságot a használat módja határozza meg.

A digitális műveltség kompetenciája egyrészt a pedagógus szakmai tevékenységéhez kapcsolódik, másrészt elvárás is velük szemben, hiszen a tanulókat korszerű műveltséggel kell felkészíteni az oktatás keretein belül. E kompetencia egy olyan folyamat során fejleszthető ki, amely tudatosan alakítható, és amelyben a pedagógusok is tanulószerepben jelenhetnek meg. Fontos kiemelni, hogy a digitális műveltség nem az eszközhasználati kompetenciát jelenti, és nem a konkrét eszközök alkalmazására helyeződik a hangsúly, mivel azok gyorsan változó technológiai környezetet képviselnek. Ehelyett a pedagógusoknak arra kell felkészülniük, hogy a technológiák és eszközök támogassák és kiegészítsék a tanítási-tanulási folyamatokat.

### 2.3.2. Digitális nemzedékek

Marc Prensky (2001) egy egyszerű, kétpólusú kategorizálást dolgozott ki a digitális nemzedékek közötti különbségek szemléltetésére, amelyben megalkotta a „digitális

bennszülött” és „digitális bevándorló” fogalmakat. Eredetileg ezeket az elnevezéseket a tanulók és tanárok közötti eltérések jellemzésére alkalmazta, azonban a terminológia rövid időn belül általánosan elterjedt, és szélesebb kontextusban, a gyermekek és felnőttek közötti különbségek leírására is használni kezdték. Prensky a két csoport megkülönböztetését arra alapozta, hogy az egyének életük mely szakaszában találkoztak először a digitális technológiákkal. A „digitális bennszülöttek” azok, akik már egy infokommunikációs technológiákkal átszőtt környezetben nőttek fel, azaz akik a technológia világába születtek bele. Ezzel szemben a „digitális bevándorlók” kifejezés azokra vonatkozik, akik felnőttkorukban kezdtek ismerkedni a digitális eszközökkel és az online környezettel.

A „digitális nemzedék” vagy „netgeneráció” kifejezés a digitális technológia térhódítása közepette született és felnövekvő generációkat jelöli. Elsősorban a Z generáció (1997–2010) és az Alfa generáció (2010-től) tartozik ide, akik a digitális technológiák világában nőttek vagy nőnek fel, és számukra ezek az eszközök a mindennapi élet szerves részét képezik. Az ő számukra a technológia nem egy újítás vagy eszköz, hanem természetes közeg, amely meghatározza életmódjukat, tanulási szokásaikat és társas kapcsolataikat (Prensky, 2001; Tapscott, 2009).

A Z-generáció tagjai a technológiai fejlődés korai szakaszában élték meg a digitális eszközök elterjedését, míg az Alfa-generáció számára a digitális környezet már a mindennapi élet szerves részévé vált.

A Z-generáció képviselői jellemzően vizuális típusú tanulók, akik a digitális médiában, különösen a videókban, képekben és infografikákban találják meg az információk feldolgozásának leghatékonyabb módját. A Z-generáció számára a vizuális tartalom könnyen érthetővé és elérhetővé teszi az információkat, így nem meglepő, hogy a tanulásuk során preferálják a képes vagy videó alapú tartalmakat.

Az Alfa-generáció, amely már születése óta intenzíven kapcsolódik az okoseszközökhöz, még inkább alkalmazza a vizuális eszközöket a tanulásban, és az interaktív tartalmak mellett a virtuális és a kiterjesztett valóság eszközeivel is találkozik. Ez a generáció még inkább épít a vizualításra, mivel már olyan technológiai megoldásokban tanul, amelyek képesek gazdagabb, dinamikusabb tanulási élményt biztosítani. Az Alfa-generáció számára a tanulás szoros kapcsolatban áll a játékkal és a szórakoztató technológiákkal. Az őket körülvevő digitális világ rendkívül interaktív, és számos olyan eszközt kínál, amelyek lehetővé teszik számukra, hogy játékos módon sajátítsák el a tudást. A gamifikáció tehát természetes módon illeszkedik a tanulási folyamataikhoz, mivel már

születésük óta olyan digitális környezetekben élnek, ahol a játék és a tanulás mechanizmusai gyakran összeolvadnak.

A multitasking, vagyis a párhuzamos feladatvégzés képessége a Z-generáció számára szintén egy fontos jellemző. E generáció tagjai egy olyan világban nőttek fel, ahol az információ folyamatosan áramlik, és az online tér lehetőséget biztosít a több feladat egyidejű elvégzésére. A Z-generáció jellemzője, hogy tagjai képesek párhuzamosan végezni több digitális tevékenységet, mint például közösségi médiát használni, zenét hallgatni és egyidejűleg más feladatokat végezni. Ezzel szemben az Alfa-generáció számára a multitasking még természetesebbé válik, mivel ők már olyan digitális környezetben nőnek fel, amely az okoseszközöket és az automatikus válaszadást folyamatosan integrálja életükbe. Mivel az Alfa-generáció számára a digitális interakciók egyre inkább áramvonalasabbá válnak, valószínű, hogy még inkább hozzászoknak a folyamatos párhuzamos feladatvégzéshez, ugyanakkor a koncentrációs képességeikre is komoly hatással lehet.

Az adaptív e-learning rendszerek mindkét generáció számára fontos szerepet játszanak, de különböző módon élik meg a tanulás személyre szabott jellegeit. A Z-generáció tagjai már jól ismerik az online tanulási platformokat, amelyek lehetővé teszik számukra a tanulás saját tempójában történő irányítását. A Z-generáció számára az adaptív e-learning rendszerek nemcsak kényelmesek, hanem a tanulásukat személyre szabottá teszik, segítve őket abban, hogy saját igényeiknek megfelelően fejlődjenek. Az Alfa-generáció számára ez a személyre szabott élmény még inkább beépül a tanulásba, mivel az újabb fejlesztések, mint a mesterséges intelligencia alapú rendszerek, képesek még inkább reagálni a tanuló fejlődésére. Az Alfa-generáció számára tehát az adaptív tanulás nemcsak online platformokon, hanem valós időben alkalmazkodó, intelligens rendszerekben is megjelenik, így számukra a tanulás még inkább testre szabottá válik.

Mindkét generáció digitális bennszülöttként nőtt fel, de az Alfa-generáció még inkább elmélyült kapcsolatban van a digitális világ minden elemével. Míg a Z-generáció számára az internet és az okoseszközök már egy átalakuló világ részei voltak (Szőke-Milinte, 2018), az Alfa-generáció számára ezek a technológiák már a kezdetektől fogva magától értetődőek. Az Alfa-generáció tagjai már a legújabb technológiai fejlesztésekkel találkoznak, mint az okosotthonok, a gépi tanulás és a mesterséges intelligencia, amelyek lehetőséget adnak számukra, hogy a digitális térben szinte folyamatosan kapcsolatban legyenek a világgal.

A digitális nemzedék legfontosabb jellemzője a technológia magától értetődő használata. Prensky (2001) „digitális bennszülötteknek” nevezi őket, mivel ők már egy technológiailag fejlett világba születtek bele, ahol az internet, az okostelefonok és a közösségi média mindennapjaik része. Ezek a fiatalok gyorsan alkalmazkodnak az új technológiákhoz, természetes módon keresnek információkat online, és párhuzamosan több digitális feladatot is képesek ellátni (Livingstone & Helsper, 2007).

A közösségi média platformok, például az Instagram, a TikTok és a Snapchat, kulcsszerepet játszanak a „digitális nemzedék” identitásformálásában. Ezek a platformok nemcsak szórakozást nyújtanak, hanem a társadalmi kapcsolatok, illetőleg az önkifejezés és az önazonosság építésének színterei is. Azonban a fiatalok számára az online megjelenés egyenértékűvé válhat a valódi énképükkel, ami jelentős pszichológiai nyomást eredményez (Boyd, 2014).

Twenge, Martin és Campbell (2017) kimutatták, hogy a közösségi média túlzott használata negatív hatással van a fiatalok mentális egészségére. Az összehasonlításra való hajlam, a „lájkok” és követők számának jelentősége, valamint az online közösségekben való elismerés iránti vágy szorongáshoz és depresszióhoz vezethet. Az online térben való túlzott jelenlét miatt a fiatalok gyakran elhanyagolják az offline kapcsolataikat, ami tovább fokozza az elszigeteltség érzését.

Az oktatási rendszereknek alkalmazkodniuk kellett a digitális nemzedék igényeihez, hiszen ők más tanulási módszereket igényelnek, mint a korábbi generációk. A hagyományos, frontális oktatás mellett egyre nagyobb szerepet kapnak az e-learning platformok, az interaktív tananyagok és a gamifikáció (Tapscott, 2009). Ezek az eszközök nemcsak a tanulás iránti érdeklődést növelhetik, hanem lehetőséget adnak az egyéni tempóban történő tanulásra is.

Ugyanakkor a technológia túlzott használata az oktatásban is problémákat vet fel. Junco (2012) kutatásai szerint a multitasking – például a közösségi média használata tanulás közben – hátrányosan befolyásolja a tanulási teljesítményt. Az ilyen viselkedési minták csökkentik a koncentrációs képességet, ami a mélyebb megértést igénylő tanulási folyamatokat akadályozza.

A digitális nemzedék tagjai rendkívül gyorsan alkalmazkodnak az új technológiákhoz, ami versenyelőnyt jelenthet számukra a munkaerőpiacon. Az innovatív gondolkodásmódjuk és a digitális eszközök kreatív használata különösen értékké teszi őket a technológiaintenzív ágazatokban (Selwyn, 2022). Ugyanakkor a digitális világ túlzott

dominanciája mentális egészségügyi problémákhoz, társas elszigetelődéshez és függőséghez vezethet (Twenge et al., 2017).

Az offline és online világ közötti egyensúly megteremtése az egyik legnagyobb kihívás a digitális nemzedék számára. A személyes kapcsolatok, a kritikus gondolkodás és a mélyebb tanulási folyamatok előtérbe helyezése elengedhetetlen ahhoz, hogy a technológiahasználat hosszú távon fenntartható és kiegyensúlyozott legyen (Livingstone & Helsper, 2007).

A digitális nemzedék életmódja alapvetően meghatározott a technológia által. Ez a generáció képes a digitális eszközöket kreatívan és hatékonyan használni, ugyanakkor szembe kell néznie a technológia túlzott jelenlétéből fakadó pszichológiai és társadalmi kihívásokkal. Az oktatási rendszereknek, a szülőknek és a szakpolitikai döntéshozóknak közösen kell dolgozniuk azon, hogy a digitális technológia integrációja fenntartható legyen, és támogassa a mentális és társadalmi jólétet.

#### **2.4. Tanulási környezet a XXI. században**

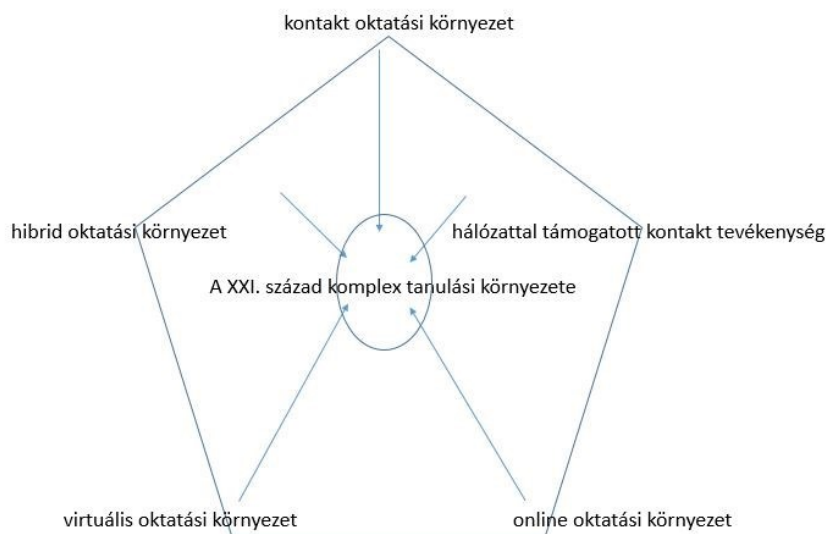
Az oktatási környezet jelentősége az utóbbi években kiemelt figyelmet kapott a pedagógiai diskurzusban, mivel egyre nagyobb igény mutatkozik arra, hogy az oktatás megfeleljen a tanulók folyamatosan változó szükségleteinek és a különböző tanulási tevékenységek elvárásainak. A korábbi oktatási gyakorlatokban gyakran egy egységes, minden tanulóra vonatkozó célkitűzés, tananyag és módszertan uralkodott, miközben a tanulási környezet tényezőit háttérbe szorították. A modern pedagógiai megközelítések azonban abból indulnak ki, hogy a hatékony tanítás aktív, konstruktív folyamat, amely támogatja a diákok egyéni és csoportos tanulási formáit egyaránt. Ebből következően a tanulási környezetnek rugalmasan kell alkalmazkodnia ezekhez az elvekhez, és biztosítania kell a sokszínűséget, valamint a differenciáltság lehetőségét (Falus, 1998).

A XXI. századi tanulási környezetek kialakítása során alapvető fontosságú, hogy a fizikai terek támogassák a modern készségek elsajátítását. Az ilyen környezetekben a tanulók hozzáférhetnek a legújabb technológiai eszközökhöz, amelyek elősegítik a kritikai gondolkodás, a problémamegoldás és a kreativitás fejlesztését. A megfelelően kialakított fizikai terek lehetővé teszik a rugalmas tanulási módokat, támogatva mind az egyéni, mind a csoportos tevékenységeket.

A XXI. század komplex tanulási környezetének sematikus ábrázolása (4. ábra) szemlélteti, hogyan integrálódhatnak a különböző tanulási környezetek egy átfogó rendszerbe. Az Ollé János (2013) által meghatározott tipológiák Lévai (2014) értelmezésében egy egységes, nagy rendszert alkotnak, amely lehetővé teszi a korábban



elkülönülő tanulási környezetek különböző szintű bevonását a nevelési-oktatási folyamat támogatásába.



4. ábra A XXI. század komplex tanulási környezete  
Forrás: Lévai, 2014

A tanulási folyamat támogatásában a digitális eszközök különböző szinteken és módokon alkalmazhatók, a tanulási tevékenység jellegétől és a kapcsolódó részfolyamatoktól függően. Ezek az eszközök számos területen nyújthatnak segítséget, például a kontaktórákra való felkészülés során, a kommunikáció elősegítésében, a szakmai együttműködések támogatásában, az innováció ösztönzésében, az értékelési folyamatok hatékonyságának növelésében, a tartalmegosztásban, a reflexiós tevékenységek megkönnyítésében, valamint a szabadidős tevékenységek gazdagításában. Az ilyen alkalmazások hozzájárulnak a tanulási folyamat komplex és sokoldalú támogatásához, igazodva a modern pedagógiai elvárásokhoz és a tanulók igényeihez.

A pedagógusok szakmai fejlődése elengedhetetlen a XXI. századi készségek (5.ábra) hatékony integrálásához az oktatásba. Az együttműködésen alapuló szakmai közösségek lehetőséget biztosítanak a tapasztalatok megosztására és a bevált gyakorlatok adaptálására, ezáltal növelve az oktatás minőségét. Az ilyen közösségek támogatják az innovációt és a folyamatos fejlődést a pedagógiai módszerek terén.



5. ábra A XXI. századi készségek  
Forrás: World Economic Forum

A valós problémákra épülő tanulási módszerek, mint például a projektalapú tanulás, lehetőséget teremtenek a diákok számára, hogy alkalmazzák tudásukat a gyakorlatban. Ezek a módszerek elősegítik a mélyebb megértést és a tanulók aktív részvételét a tanulási folyamatban, miközben fejlesztik a kritikai gondolkodást és a kreativitást. Az egyenlő hozzáférés biztosítása a minőségi eszközökhöz és forrásokhoz alapvető a tanulók közötti esélyegyenlőség megteremtésében. A digitális szakadék csökkentése érdekében fontos, hogy minden tanuló számára elérhetőek legyenek a szükséges technológiai eszközök és az internet-hozzáférés, függetlenül társadalmi-gazdasági helyzetüktől.

A XXI. századi készségek fejlesztése érdekében a tanulási környezeteknek támogatniuk kell mind az egyéni, mind a csoportos tanulást. Az ilyen környezetek elősegítik a kommunikációs és együttműködési készségek fejlődését, amelyek elengedhetetlenek a modern munkaerőpiacon.

A globális perspektívák és a kiterjesztett közösségek bevonása a tanulási folyamatba lehetőséget nyújt a diákok számára, hogy megismerjék a különböző kultúrákat és nemzetközi tapasztalatokat szerezzenek. Az online tanulási platformok és a virtuális csereprogramok révén a tanulók kapcsolatba léphetnek társaikkal világszerte, bővítve látókörüket és interkulturális kompetenciáikat.

Ezek az elvárások rávilágítanak arra, hogy a hagyományos osztálytermi környezet önmagában nem elegendő a XXI. század oktatási követelményeinek kielégítésére.

Elengedhetetlen, hogy a személyes kontakt oktatási tevékenységet kiegészítsük a tanterembe bevitt online eszközökkel, illetve a tanulási folyamatot kiterjesztő online platformokkal és rendszerekkel. Ezáltal a tanulási környezetek képesek megfelelni a modern pedagógia komplex kihívásainak, miközben a tanulók és oktatók számára is innovatív lehetőségeket kínálnak.

Nahalka (2002) a tanulási környezetet egy gondolatilag egységes és szilárd elméleti alapokon nyugvó rendszerként határozza meg, amely magában foglalja a tanulási folyamatot befolyásoló összes lényeges tényezőt. Meghatározása szerint a tanulási környezet olyan integrált keretrendszer, amelyben az iskolai tanulás ténylegesen megvalósul. Ez az értelmezés kiemeli a tanulási környezet komplexitását, valamint annak fontosságát, hogy a tanulás folyamata szisztematikus és jól strukturált alapokon történjen.

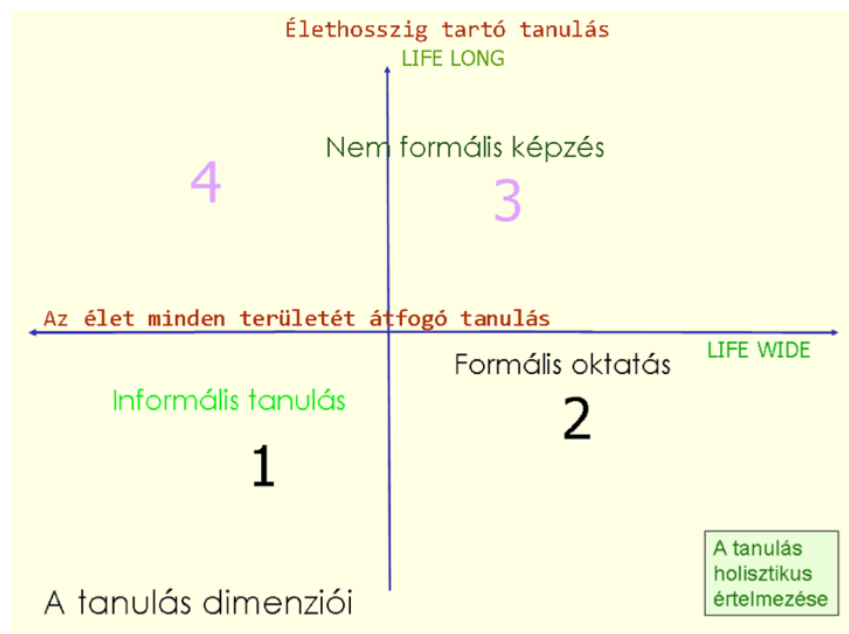
„A tanulási környezet az a támogató környezet, amelyben minden feltétel adott ahhoz, hogy az emberek a lehető legjobban tanuljanak. A rendszer figyelembe veszi az egyéni tanulói sajátosságokat és támogatja a pozitív emberi kapcsolatokat, amelyek szükségesek a hatékony tanuláshoz.” (Partnership for 21st Century Learning, 2009 idézi Lévai, 2014). Ez a meghatározás hangsúlyozza, hogy a tanulási környezetek célja nem csupán a tanulók kognitív fejlődésének elősegítése, hanem a szociális és érzelmi támogatás megteremtése is, amely elengedhetetlen a holisztikus tanulási folyamatokhoz.

A XXI. századi tanulási környezetek megközelítése így nemcsak az oktatás technológiai hátterére, hanem a tanulók közötti interakciókra és az egyéni különbségek figyelembevételére is kiterjed. Ez az integrált szemlélet lehetővé teszi, hogy a tanulási környezetek dinamikusan alkalmazkodjanak a különböző tanulói igényekhez és az oktatási folyamat változó követelményeihez.

Kovács Ilma (2011) értelmezése szerint a tanulási környezet a tanulás külső feltételeinek összességét jelenti. Ez a meghatározás rendkívül széles kategóriát ölel fel, hiszen gyakorlatilag minden külső tényező beilleszthető ebbe a keretbe. Ugyanakkor szükséges ennél árnyaltabban megközelíteni a fogalmat annak érdekében, hogy pontosabb képet kapjunk a tanulási környezetek különböző típusairól és jellemzőiről.

Komenczi Bertalan már két évtizeddel ezelőtt rámutatott az elektronikus tanulási formák jelentőségére, ugyanakkor kihangsúlyozta, hogy ezek csupán lehetőségek maradnak, amennyiben a pedagógiai gyakorlat nem igazodik hozzájuk. Ahogy fogalmazott: „Az elektronikus tanulás szép új világa csupán virtuális, azaz lehetőségként létező, lappangó realitás. Ahhoz, hogy valósággá váljon, az egyes oktatási intézményekben és általában a tanulást szervező szolgáltatásoknál megváltozott szemléletre, új dolgok megtanulására,

komoly erőforrásokra és nagyon sok, átgondolt és fegyelmezett munkára van szükség” (Komenczi, 2004). Ez a megállapítás a mai napig releváns, mivel az osztálytermi munka minősége nem pusztán az ott alkalmazott eszközöktől függ, hanem attól is, hogyan képesek a pedagógusok ezeket a technológiákat integrálni és alkalmazni a tanítási-tanulási folyamatok előmozdítása érdekében.



6. ábra Az egész életre kiterjedő tanulás dimenzió  
Forrás: Komenczi & Lengyel Molnár, 2020

A tanulási környezetek új tipológiájának megalkotása terén Komenczi Bertalan úttörő szerepet játszott Magyarországon. Az ő rendszerezésének első változata (6. ábra), amely az egész életen át tartó tanulás dimenzióit tárgyalja, Ekholm és Hård (2000) munkáján alapult. Ezt az eredeti modellt Komenczi továbbgondolta és adaptálta a magyar kontextushoz, amelyet a 2009-es tanulmányában részletesen bemutatott (Komenczi, 2009). A szerző munkája jelentős mérföldkönek számít, mivel a tanulási környezetek fogalmát komplex dimenziók mentén értelmezte, és így új perspektívát nyitott az oktatáselmélet területén.

A két koordináta-tengely által meghatározott mezők a függőleges tengely mentén az egyén életciklusának egymást követő tanulási szakaszait reprezentálják időbeli sorrendben. Ez a megközelítés az egész életen át tartó tanulás vertikális dimenzióját tükrözi. Ezzel szemben a vízszintes tengely a tanulás különböző kontextusait, helyszíneit és körülményeit jelképezi, amelyek az egész életen át tartó tanulás horizontális dimenzióját alkotják. Ez a modell egységes keretben ábrázolja a tanulás időbeli kiterjedését és a tanulás három alapvető formáját. A második mező az intézményesített oktatást, vagyis az iskolarendszerű tanulási

formát foglalja magában. A harmadik mező a nem formális oktatás azon részét képviseli, amelyet összefoglalóan felnőttképzésként ismerünk. Az első és negyedik mező a kötetlenebb nem formális, illetve az informális tanulást foglalja magában, amely gyermekkorban és felnőttkorban egyaránt jelen lehet (Komenczi & Lengyelne Molnár, 2020).

A tanulás holisztikus megközelítése az összes tanulási formát egységes, összefüggő folyamatként kezeli, ahol az egyes szakaszok és dimenziók egymásra épülnek. A „lifelong” (egész életen át tartó) és „lifewide” (széles körű, több kontextusra kiterjedő) szemléletmód szerint a tanulás a digitális kultúra világában már nem korlátozódik az oktatási rendszerekre, hanem az élet minden területén és szakaszában jelen van.

Ennek hatására a formális oktatás korábbi monopóliuma mérséklődik, míg a nem formális és informális tanulási formák jelentősége megnövekszik. Az iskolákban a tantárgyközpontú, tartalomátadó funkciót felváltja az egyéni tanulási képességek fejlesztése, amelyet a digitális és online tanulási környezetek infokommunikációs infrastruktúrája támogat. Ez az infrastruktúra lehetővé teszi a tanulás folyamatosságát és egységes megvalósulását az élet minden szakaszában.

A digitális tanulási környezetek lehetőséget kínálnak a tudatos, erős pszichikai terheléssel járó tanulás arányának csökkentésére. Ezáltal a szükséges ismeretek megszerzése informális és implicit tanulási formákon keresztül valósulhat meg, nem közvetlen tanítás révén, hanem tartalmak, tanácsadás és támogatás biztosításával.

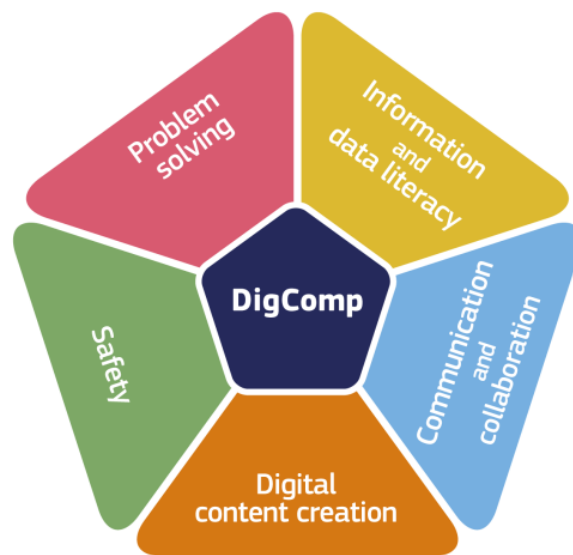
A modern oktatási környezetek fejlesztése és a pedagógusképzés megújítása során kiemelt jelentőségű az innovatív megközelítések és a transzdiszciplináris módszerek bevezetése. A kutatási módszertanok rendszeres frissítése, valamint a technológiai eszközök célirányos használata hozzájárulhat a pedagógusképzés színvonalának emeléséhez. A tanárok, kutatók, fejlesztők és a pedagógusképzésben részt vevő szakemberek aktív részvételével lehetőség nyílik a tanulási környezetek hatékony tervezésére és megvalósítására, amelyekben a technológiák oktatási célokra történő alkalmazása eredményes lehet. Ez az együttműködés és a folyamatos fejlesztés elősegíti a pedagógusok digitális kompetenciáinak bővülését, valamint a tanulási folyamatok innovatív átalakítását, ezzel is hozzájárulva az oktatás minőségének javításához (Lavicza et al., 2022).

## **2.5. Digitális kompetencia**

A digitális kompetencia fogalma az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb figyelmet kapott, ahogyan a technológia és az információs társadalom fejlődése megkövetelte az egyének digitális jártasságának bővítését. Az Európai Bizottság által kidolgozott DigComp (Digital Competence Framework) modell a digitális kompetencia átfogó megközelítését

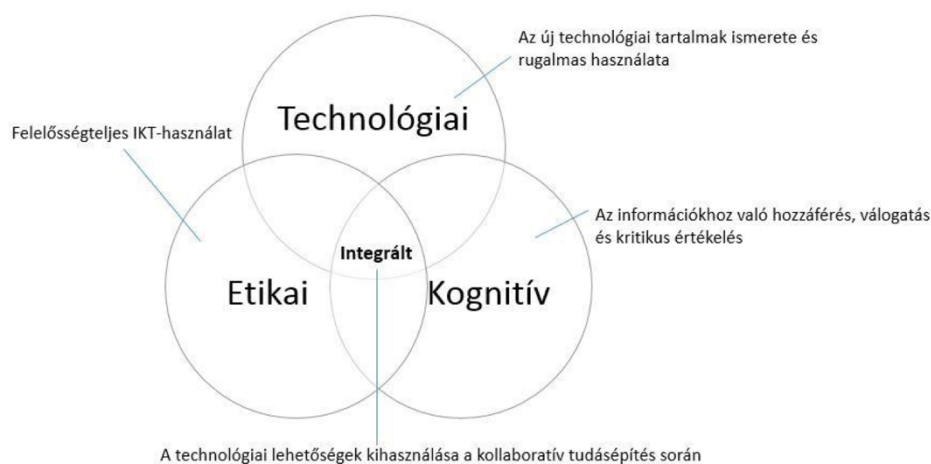
nyújtotta, amely a digitális eszközök és technológiák hatékony, kritikus és etikus használatára helyezte a hangsúlyt (Carretero et al., 2017). A DigComp legújabb, 2.2-es verziója (7. ábra) tovább finomítja ezt a keretrendszert, figyelembe véve a digitális tér gyorsan változó kihívásait és lehetőségeit.

A DigComp 2.2 keretrendszer öt fő területet határoz meg: információműveltség, kommunikáció és kollaboráció, digitális tartalomkészítés, biztonság, valamint problémamegoldás (Redecker, 2020). Ezen területek lefedik a digitális térben való érvényesüléshez szükséges alapvető képességeket, amelyek mind az egyéni, mind a szakmai fejlődést szolgálják.



7. ábra A DigComp 2.2 modell  
Forrás: European Commission

Az információműveltség a digitális kompetencia (8. ábra) egyik alapvető eleme, amely az információ hatékony keresését, értékelését és felhasználását jelenti (Vuorikari et al., 2022). Az információ értékelése különösen fontos, mivel az egyre növekvő mennyiségű online tartalom gyakran tartalmaz pontatlan vagy manipulatív elemeket. Ez a kompetencia hozzájárul a digitális önismeret fejlesztéséhez is, lehetővé téve, hogy az egyén tudatosabban navigáljon a digitális térben.



8. ábra A digitális kompetencia három dimenziója  
Forrás: Calvani, Fini & Ranieri, 2009

A kommunikáció és kollaboráció dimenziója a digitális eszközök által lehetővé tett interakciókat öleli fel. Ide tartozik a hatékony és etikus online kommunikáció, valamint a kollaboratív munkafolyamatok szervezése és menedzselése. A közösségi média eszközei, a felhőalapú szolgáltatások és a digitális projektmenedzsment szoftverek együttese jelentősen megnövelte ezen kompetenciák gyakorlati jelentőségét (Ilomäki et al., 2016).

A digitális tartalomkészítés az online környezetben alkalmazott kreatív és innovatív képességek fejlesztését jelenti. Ez magában foglalja a tartalmak előállítását, szerkesztését és megosztását, miközben biztosítja azok jogszerűségét és etikus használatát (Ferrari, 2013). Különösen fontos a szerzői jogok és a szellemi tulajdon védelmének tiszteletben tartása, amelyeket a keretrendszer hangsúlyoz.

A biztonság dimenziója a digitális térben való biztonságos és tudatos működést helyezi középpontba. Ez magában foglalja az adatvédelmet, a magánélet biztonságát és az online fenyegetések elhárítását. A keretrendszer ezen a területen is jelentősen kibővítette az irányelveket, hogy megfeleljen a modern kiberbiztonsági követelményeknek (Carretero et al., 2017).

Végül a problémamegoldás dimenziója a digitális eszközök és technológiák kreatív és innovatív alkalmazását jelenti. Ide tartozik a technológiával kapcsolatos problémák felismerése, megoldása és a digitális környezet által nyújtott lehetőségek kiaknázása (Vuorikari et al., 2022).

A DigComp 2.2 keretrendszer jelentősége abban rejlik, hogy integráltan kínál egy olyan modellrendszert, amely az egyéni és társadalmi szinten egyaránt hozzájárulhat a digitális kompetenciák fejlesztéséhez. Ez a keretrendszer kulcsfontosságú az oktatás, a munkaerőpiac és a szociális beilleszkedés területein.

Molnár György (2018) a digitális kompetenciák fontosságára hívja fel a figyelmet, rámutatva, hogy a digitális pedagógia alapvető feladata, hogy választ adjon a digitális állampolgárok által a folyamatosan változó világban tapasztalt kihívásokra, és megoldásokat kínáljon az ebből fakadó innovációs lehetőségekre. Hangsúlyozza, hogy a digitális generációk öt nemzedékének sikeres boldogulásához nem csupán a kulcskompetenciák elsajátítása szükséges, hanem a digitális kompetenciák területén is meg kell erősíteniük tudásukat, hogy képesek legyenek alkalmazkodni a változó környezethez.

A digitális eszközök célzott alkalmazása arra ösztönzi a tanulókat, hogy bátran vállalják a hibázás lehetőségét; elősegíti, hogy a kísérletezés révén mélyebb megértést nyerjenek az általuk használt infokommunikációs rendszerek működéséről, valamint hozzájárul digitális kompetenciáik fejlesztéséhez és önállóságuk fokozásához (Szűts, 2020a).

A digitális kompetencia nemcsak a technológia használatára korlátozódik, hanem magában foglalja a gondolkodási készségek, például a problémamegoldás, a kritikus és analitikus gondolkodás fejlesztését is. Továbbá hozzájárul számos olyan kulcskompetencia erősödéséhez is, mint például az önálló és hatékony tanulás, a szociális készségek-képességek, a kommunikáció és az esztétikai érzék erősödése. Ezek a területek különösen hangsúlyosak a szakpolitikai dokumentumokban, mivel alapvető fontosságúak a mai digitális társadalomban való boldoguláshoz (Abonyi Tóth & Turcsányi-Szabó, 2015).

A médiaműveltség minden olyan polgár számára fontos, aki szándékosan vagy tudtán kívül médiát „fogyaszt”, amelynek jelenléte az új digitális technológiákkal és a laikusok növekvő részvételével egyre szélesebb körűvé és sokszínűbbé vált. A médiaműveltségnek tehát mind az alap-, mind a közép- és felsőoktatásban meg kell találnia a maga szerepét (Koltay, 2010).

A digitális készségek és viselkedések kulcsfontosságú szerepet játszanak a mai társadalomban, különösen a fiatalok körében, akik a digitális technológiák legaktívabb felhasználói. A digitális kompetenciák célzott fejlesztése a formális oktatási rendszerek és a kulturális szféra közötti együttműködéssel, hatékony eszköze lehet a fiatal generációk felkészítésének a digitális kor kihívásaira és lehetőségeire. A technológiai tudás nem csupán technikai kérdés, hanem szélesebb társadalmi és kulturális összefüggésekben is értelmezhető, ahol a készségek fejlesztése a jövő társadalmának sikeres működését is meghatározhatja.



## 2.6. Elektronikus tanulás

Az e-learning a távoktatás természetes evolúciójának tekinthető (Sangrà et al., 2012), ugyanakkor a sokféleség és folyamatos alakulás miatt nincs rá általánosan elfogadott definíció. Az e-learning az információs és kommunikációs technológia használatának gyakorlata olyan tanulási tapasztalatok létrehozására, amelyeket korlátok nélkül, nagy szabadsággal lehet megfogalmazni, megszervezni és létrehozni (Horton, 2006). Ez egy olyan folyamat, ahol a tananyagot digitális eszközökön, például számítógépeken vagy bármilyen mobileszközön nyújtják, amelyek támogatják a tanulást.

Az általános ismeretek elsajátítása mellett az e-learning egyik-másik fő célja a szakmai készségek és a megértés fejlesztése, amely segíti a tanulókat a tanulási célok elérésében (Clark & Mayer, 2016). Egy olyan korszakban, amikor az oktatási és technológiai modernizáció újradefiniálja a felsőoktatás színvonalát, az összekapcsolódás konvergáló pontja az e-learning (Garrison & Anderson, 2003).

Az e-learning módszertan kialakulásának módját egy láncfolyamatként lehet megközelíteni, ugyanis az internet, illetve az internetet használó emberek változásának következtében az e-learning pedagógiai módszertana is fejlődni kezdett. A modern e-learning trendeket a „tanulóközpontú tervezés” égisze alá sorolják be. A tanuló nem csak a virtuális elemek megjelenését irányíthatja, hanem a teljes tanulási folyamat felett is teljes kontrollt gyakorolhat (Downes, 2010).

A legalapvetőbb szinten az e-learning a technológia tanításra és tanulásra való felhasználása (Mayes & Freitas, 2005). Egy finomabb meghatározás szerint az e-learning bármely elektronikus médium használata a tanítás és tanulás minden aspektusának szolgáltatában, online és offline egyaránt (Koohang et al. 2011). Az e-learning még konkrétabb, a tartalom és az oktatás interneten keresztül történő közvetítésével építi a tudást és növeli a tanulás minőségét (Pange & Pange, 2011).

Az e-tanulásnak a mai napig nincs egységes elmélete. Számos tudós egyetért abban, hogy a meglévő tanuláselméletek kombinálhatók, módosíthatók és/vagy közvetlenül alkalmazhatók az e-tanulásban (Pange & Pange, 2011). E meglévő elméletek közül a kognitívizmust és a konstruktívizmust alkalmazzák leggyakrabban az e-tanulás fejlesztésére és oktatására. A viselkedéseméletet, a digitális médiaelméletet és az aktív tanuláselméletet szintén alkalmazzák, bár ritkábban. Egyes tudósok azonban azt állítják, hogy az e-tanulás új tanuláselméletet igényel.

2011-ben Koohang és munkatársai az e-tanulás konstruktivista megközelítését terjesztették elő, amely három fő összetevőből áll: olyan tevékenységek, amelyek magukban foglalják a kollaborációt és a kooperációt, a többféle perspektíva elfogadását, a valós világból vett példákat, az önreflexiót, a segédeszközöket, az önértékelést és az ötletek többféle megjelenítését; olyan értékelések, amelyek magukban foglalják az oktatói értékeléseket, a csoportos értékeléseket és az önértékelést; és olyan oktatói szerepek, amelyek magukban foglalják a coachingot, a mentorálást, a diákok munkájának és erőfeszítéseinek elismerését, a visszajelzést és a diákok tanulásának értékelését. A szerzők ezt követően kibővítették ezt a modellt az e-tanulás kilenc konstruktivista elemének meghatározásával, mint például az interdiszciplináris tanulás, az önreflexió, a valós példák használata (Koohang et al., 2011).

Dr. Komenczi Bertalan Professor Emeritus e-learningről alkotott definícióját tekintjük elfogadottnak: „...az információs/tudásközpontú társadalom tanulási környezete digitális (elektronikus) tanulási környezet, amelyben a tanítás és tanulás feltételrendszerének kialakításánál meghatározó szerepe van az elektronikus információ- és kommunikációtechnikai eszközöknek és alkalmazásoknak. Az ilyen tanulási környezeteknek mindig van egy virtuális dimenziója is, amely képernyőkön szoftveresen generált hipermediális, interaktív tanulást segítő információs és kommunikációs rendszert jelent. Amikor az elektronikus tanulási környezetek megjelölésére a „virtuális tanulási környezet” fogalmat használják, akkor ennek a virtuális dimenziónak a hangsúlyozása a cél. ... Az elektronikus tanulási környezet kommunikációs csatornákat biztosít közös tudáskonstrukcióhoz, illetve a tanulás során felmerült problémák megoldásához segítségül hívható szakértőkhöz, tutorokhoz.” (Komenczi, 2009).

### **2.6.1. Pedagógiai modellek**

A pedagógiai modellek az e-learning rendszerekben kulcsszerepet játszanak a tanulási folyamatok hatékonyságának növelésében. Az információs és kommunikációs technológia (IKT) fejlődése lehetővé tette a hagyományos oktatási módszerek mellett új pedagógiai megközelítések kialakítását, amelyek az online tanulás különböző formáit integrálják. Az alábbiakban részletesen bemutatom a hagyományos, kollaboratív, blended learning, játékos tanulás, flipped classroom és önszabályozó tanulási modelleket, valamint azok alkalmazási lehetőségeit az e-learning rendszerekben.

A hagyományos oktatási modellekben a tanár központi szerepet tölt be, aki a tananyagot strukturáltan és egyirányú kommunikáció útján adja át a tanulók számára. Ez a modell az e-learningben is megjelenhet szinkron vagy aszinkron előadások, valamint online

tananyagok formájában. Habár hatékony a strukturált tudásátadásban, kihívásokat jelenthet az aktív tanulási formák és az interakciók korlátozott lehetősége miatt (Nahalka, 2013). A tanulási folyamat alapvetően tanári irányítással zajlik, ami lehetőséget biztosít a tudás rendszerezett átadására, de kevésbé támogatja a kreativitást és az önálló tanulást.

A kollaboratív tanulási modellek a közös munka és az interakció erejére építenek. Az e-learning keretében ez csoportos projektmunkák, online fórumok, valamint közösségi platformokon zajló tanulás formájában valósulhat meg. A kollaboratív tanulás lehetőséget nyújt olyan képességek fejlesztésére, mint például a problémamegoldás és a kritikus gondolkodás (Habók, 2012). A tanulók aktív részvétele és az egymástól való tanulás lehetővé teszi az ismeretek mélyebb elsajátítását. Habók (2012) kiemeli, hogy a kollaboratív tanulás különösen hatékony a digitális eszközökkel támogatott tanulási folyamatokban, mivel ezek lehetővé teszik az azonnali visszacsatolást és az együttműködés átláthatóságát.

A blended learning vagy hibrid tanulási modell az online és a hagyományos tantermi oktatás elemeit kombinálja. Az e-learning rendszerekben ez az offline tananyagok és a számítástechnikai eszközök együttes alkalmazását jelenti. Nahalka (2013) szerint a blended learning modell képes megszűrni az eltérő tanulási stílusokat, miközben fokozza a tanulási motivációt. Ez a megközelítés különösen hatékony a zavartalan tanulási folyamat biztosításában. A blended learning lehetőséget nyújt a tananyag rugalmasabb feldolgozására, mivel az online tartalmak segítik az előzetes ismeretszerzést, így az osztálytermi foglalkozások inkább az ismeretek elmélyítésére koncentrálhatnak.

A gamifikáció, vagyis a játékos elemek alkalmazása az oktatásban, az e-learning egyik legdinamikusabban fejlődő területe. Ez a megközelítés a tanulási folyamat élményszerűségét növeli, miközben javítja a motivációt és az elégedettséget (Fridrich, 2021). A pontgyűjtés, szintek elérése és jutalmazás együttese különösen hatékonynak bizonyul a fiatalabb generációk körében. Fridrich (2021) kiemeli, hogy a gamifikáció nemcsak a tanulók motivációját növeli, hanem támogatja a digitális kompetenciák fejlesztését is. A játékos elemek alkalmazása emellett segíti a tanulókat a kitartás és az önreflexió fejlesztésében.

A flipped classroom (fordított osztályterem) modell lényege, hogy a tanulók az órán kívül sajátítják el az alapvető tananyagot, majd a tanórákon interaktív tevékenységeken keresztül dolgozzák fel azt. Az e-learning rendszerekben ez különböző formákban valósulhat meg, mint például videók és digitális tananyagok előzetes tanulmányozása. Benedek (2007) hangsúlyozza, hogy ez a modell erősíti az önálló tanulást és a kritikus gondolkodást, miközben lehetővé teszi a tanulók aktív részvételét. Bodnár (2017) azonban arra is rámutat,

hogy a flipped classroom modell hatékonysága nagyban függ a tanulók digitális írástudásától és az oktatók módszertani felkészültségétől. A modell sikeres alkalmazásához elengedhetetlen a tanulók motivációjának fenntartása, amelyet a tananyag érdekessége és relevanciája biztosíthat. Bodnár (2017) azt is kiemeli, hogy a modell az osztálytermi idő hatékonyabb kihasználását teszi lehetővé, mivel az alapvető tananyag elsajátítása már az órai munka előtt megtörténik. Az így felszabaduló idő a mélyebb megértést elősegítő tevékenységekre, például problémamegoldásra vagy vitákra fordítható.

Az önszabályozó tanulási modellek középpontjában a tanuló áll, aki saját maga tervezi meg és irányítja tanulási folyamatait. Ez az e-learning rendszerek számára különösen releváns, hiszen az online tanulási környezetek nagy szabadságot biztosítanak a tanulási tartalmak és időzítés tekintetében. Virág (2013) szerint ez a modell különösen hatékony lehet a középiskolás és felsőoktatási hallgatók körében, akiknek nagyobb az önálló tanulás iránti motivációjuk. Az önszabályozó tanulás lehetővé teszi a tanulók számára, hogy saját célokat állítsanak fel, nyomon kövessék fejlődésüket, és aktívan hozzájáruljanak saját tanulási folyamataik sikeréhez.

### **2.6.2. Az e-learning evolúciója**

Az e-learning a levelező tanulás módszeréből ered. Sir Isaac Pitman levelező tanfolyamai 1840-ben gyorsírási technikát alkalmaztak a tanításhoz. Ez volt az első távoktatási tanfolyam. A távoktatás tartalomszolgáltatási formája különböző formákat öltött, mint például a postai úton kézbesített utasítások, nyomtatott formátumú anyagok, elektronikus adathordozón, mobil eszközökön keresztül történő tanfolyamok és most már virtuális tanfolyamok (Moore, 1990).

A távoktatás már évszázadok óta létezik, de csak 1960 óta kezdett fejlődni az e-learning. Befolyásolta az utat a vállalatoknál, az akadémiai intézményeknél, a képzésben és a hadseregben (Fletcher & Rockway, 1986).

Sidney Pressey koncepciója a „tanítógépekről” az 1920-as években jelent meg. Csak később, az 1950-es években vált széles körben népszerűvé B. E. Skinner munkái által. Mivel az oktatás iránti halmozott igényt nem lehet több iskola építésével és tanárok tömeges képzésével kielégíteni, a tanítógépek lehetővé tették az iskolák számára, hogy programozott oktatást biztosítsanak a diákjaiknak. Később, 1980-ban kezdődött a személyi számítógépek korszaka, amely megnyitotta az utat az e-tanulás előtt. Az elmúlt 50 évben számos új megközelítést alkalmaztak az oktató tantermi szerepének támogatására (Négyesi & Csernai, 2022).

A számítógép-alapú képzés (CBT) olyan képzési módszer, amelyben az elsődleges adatátvitel egy számítógépen történik egy szoftverrel az interneten vagy intraneten keresztül (Rouse, 2011). Az 1960-as években a számítógéppel támogatott oktatás (CAI) számítógépes alapú tanulássá (CBL) fejlődött. A számítógép-alapú tanulást nemcsak az oktatásban, hanem a kommunikációban is használták. A számítógép-alapú oktatás úttörő rendszere a PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operation), amely 1960-ban indult. Ez rendelkezett a modern e-learning módszerben használt alapvető elrendezéssel, amely grafikus elemekből, grafikával együtt szövegből, fórumokból és chatszobákból állt (Cross, 2004).

A multimédiás tanulási modellek számos ideológiát és iránymutatást hoztak létre a számítógépes képzés (CBT) tervezésének megkönnyítésére. A számítógép-alapú képzéssel a gyakorlati képzés operatívabbá tehető, ahol a hallgató-tanár arány egy az egyhez, és ahol a képzés műhely- vagy munkahely-alapú (Dean & Whitlock, 1988).

Az 1990-es évek elején a CD-alapú képzést az e-learning új képzési technológiájának tekintették. 1998 körül a web átvette a CD-alapú képzés helyét, nemcsak azzal, hogy a tanulási utasításokat és anyagokat a weben keresztül nyújtotta, hanem azzal is, hogy „személyre szabott” tanulási élményt nyújtott, amelyet chatszobák, tanulócsoportok, hírlevelek és interaktív tartalmak segítettek (Négyesi & Csernai, 2022).

Amikor a XX. század végén az internet és a személyi számítógépek fenomenálissá váltak és virágzásnak indultak, akkor kezdett igazán formát ölteni az e-learning fogalma. A technológia, a koncepció és az eszköz jól kiegészítette egymást, új tanulási trendet biztosítva. Az első webalapú tanulásmenedzsment rendszert (LMS) Cecil néven 1996-ban indították el (Sheridan et al., 2002). Az LMS egy olyan szoftveralkalmazás, amely szervezi, dokumentálja, rögzíti és biztosítja az e-learning tanfolyamokat. A modern LMS-ek főként webalapúak, és lehetővé teszik a különböző típusú tanulási tartalmak tárolását és/vagy továbbítását, többek között, de nem kizárólagosan: olvasmányok, videó- és hanganyagok, wikik, webkonferenciák, csevegések, fórumok, blogok, tanulási játékok, tesztelés, osztályozás stb (Négyesi & Csernai, 2022).

A 2000-es évek körül az új e-learning módszerek nyílt hozzáférést biztosítottak az információkhoz, valamint kommunikációs és interaktív funkciókat biztosítottak. A tanulói élmény összefüggővé vált a korszerűsített pedagógiával. Megerősítve, hogy az oktatás inkább az eszmékről és nem a tényekről szól. Az akadémiai „passzív információátadás” megkülönböztette az „interaktív és konstruktív” e-tanulási módszereket (Garrison & Anderson, 2003). Miután számos különböző fejlődési szakaszon ment keresztül, az e-tanulás

még mindig kölcsönösen fejlődik a modern technológia fellendülésével párhuzamosan. Az új technológia fejlődése lehetővé teszi a szinkron és aszinkron képzés egybeolvasztását. A modern e-learning módszerek forradalmasítják a kortárs tanulási rendszereket. A történelem azonban azt mutatja, hogy az oktatást csak evolúcióval és nem forradalommal lehet fejleszteni (Daniel et al., 2015).

### **2.6.3. Az elektronikus tanulás aktuális helyzete**

A pedagógia a diákok tanulásának és szellemi fejlődésének lehetővé tételére összpontosít, szemben az oktatással, amely a tanulókat a tanterv végrehajtásának tárgyaként kezeli. A sikeres tanulási pedagógia megköveteli, hogy a tanárok megértsék, hogyan tanulnak a diákok, és rendelkezniük kell azzal a képességgel és önállósággal, hogy olyan oktatási tevékenységeket tervezzenek, hajtsanak végre és értékeljenek, amelyek megfelelnek az egyes és valamennyi diák igényeinek. Az e-tanulás pedagógiája magában foglalja a tanulási pedagógia ezen formáját, de túlmutat rajta, és mélyebben tanulmányozza az olyan oktatási stratégiák beépítését, amelyek figyelembe veszik a valós idejű, személyre szabott tanulási tartalom tanulóhoz való alkalmazkodóképességét (Négyesi & Csernai, 2022).

Az e-tanulási környezetben a tanulási tartalmakat az LMS által lehetővé tett e-tanulási eszközökön vagy tanulási objektumokon keresztül mutatják be/osztják szét a tanulónak. Ezek az eszközök nagyjából két csoportra oszthatók: a szinkron és az aszinkron tanulás eszközeire. Az aszinkron tanulás eszközei az önálló tempójú tanuláshoz használhatók, és magukban foglalják az olvasmányokat, hang- és videóanyagokat, fórumokat, wikiket stb. A szinkron eszközök, ahol az oktató és a tanuló egyszerre van jelen, a következők: virtuális tantermek, webináriumok, videokonferenciák és hasonló módszerek. Léteznek olyan eszközök, amelyek közösségi tanulási eszközként is funkcionálnak. A közösségi tanulás olyan közösségi eszköz, amely „digitális ellenőrzési nyomvonalat” hagy maga után, amely dokumentálja a tanulási utat, és utat nyit mások számára is. Mindezek mellett segít az embereknek aktualizálni, szélesebb perspektívát nyerni és másokkal együttműködve képzettebbé válni (Bingham, 2011).

A tanulási objektumok (LO-k) a digitális tanulásban felhasználható iskolai erőforrásokként határozhatók meg. A metaadat-utasítások révén integrált komponensekké válhatnak, amelyek tanulási anyagokká szervezhetők. A kvízek és tesztek aszinkron interakciót jelentenek, amelyek segítik az oktatókat és a tanulókat a haladás értékelésében és a hatékonyság nyomon követésében (Driscoll, 2002). Az oktatói jelenlét és aktív részvételük az e-tanulás sikerének egyik kulcseleme. A megfelelő pedagógia kiválasztása létfontosságú; semlegesnek kell lennie minden tanuló számára, figyelembe véve, hogy nem

minden tanuló egyforma. A pedagógiát úgy kell megtervezni, hogy alkalmazkodjon a különböző lehetséges felhasználási módokhoz a tanfolyam szükségleteinek megfelelően (Dron, 2007). A FOSS (szabad és nyílt forráskódú szoftverek) hangsúlyozza a nem hagyományos pedagógiákat, mint például a konstruktív és konnektív tanulási módszereket. A széles körben használt FOSS alkalmazások közé tartozik a YouTube, a blogok, a wiki programok, a Flickr stb. (Czerkawski, 2011).

#### **2.6.4. Meglévő és új trendek**

Az e-tanulás több évtizede jelen van a társadalomban és az üzleti életben, ahogy jelenünk és jövőnk szerves részét is képezni fogja. Úgy tűnhet, hogy már most is egyszerű folyamat a tananyag átadása és a jártasság és/vagy a tudás elektronikus eszközökkel történő vizsgálata, mégis az információs technológia fejlődése és rugalmassága sokféle megközelítést és új módszerek alkalmazását teszi majd lehetővé a technológia által támogatott tanulási folyamatokban. Ahogy a technológia fejlődik és néhány bevált gyakorlat megerősítést nyer, bizonyos szempontokat és eszközöket számos intézmény és vállalkozás átvesz és széles körben használ (Négyesi & Csernai, 2022).

A kevert tanulás (blended learning) két vagy több oktatási módszer, például webalapú technológiák, pedagógiai megközelítések, oktatástechnológiák és munkafeladatok kombinációjának folyamataként határozható meg (Friesen, 2012). A blended learning a „hagyományos tantermi foglalkozásokat e-learninggel és önképzéssel kombináló képzésre” utal (Kovaleski, 2004). A kevert tanulási technika különböző tanítási médiumokat használ a tanulóknak szóló tanfolyam létrehozásához. A hagyományos tanítási módszer és a digitális tanítási módszer kiegészíti egymást a tanfolyami igényeknek megfelelően. A blended learning célja, hogy a képzési médiumokat kombinált egységgé alakítsa a kívánt hatás elérése érdekében (Bersin, 2004). Graham (2006) a következőképpen határozza meg a kevert tanulást: „A blended learning rendszerek kombinálják a személyes oktatást a számítógépes közvetítésű oktatással.” Garrison és Kanuka (2004) a kevert tanulást úgy definiálja, mint a tantermi szemtől-szembe tanulás tapasztalatainak átgondolt integrációját az online tanulási tapasztalatokkal. Allen és Seaman (2010) a következőképpen definiálja a kevert tanulási kurzust: „Olyan kurzus, amely az online és a személyes tanítást ötvözi. A tartalom jelentős részét online adják át, jellemzően online megbeszéléseket használnak, és jellemzően kevesebb személyes találkozót tartanak.”

A gamifikáció (játékosítás) az e-tanulási lehetőségek játékelemek beépítésével történő bővítésének folyamata, amely az embereket önállóan és közösségileg bevonja a kereskedelmi és oktatási szektorokba (Hamari et al., 2014). A gamifikációs folyamat

nagyobb kihívást jelentő része a játékosok élményének megtervezése. A tanulói/játékosélmény-tervezési folyamat felosztható a játékkalkalmazás felépítésére és a feladatok logikai sorrendbe szervezésére. A gamifikációs módszer elsősorban a tervezési részre összpontosít, hogy a tanulói célokat minél kevesebb idő alatt érje el (Burke, 2014). A gamifikáció a játékdinamika, a játékszichológia és a játékmechanika alkalmazása nem játékos helyzetekben (Deterding et al., 2011). A gamifikáció a játékmechanika és a játék gondolkodás nem játékkontextusokban történő felhasználásának folyamata a felhasználók bevonása és a problémák megoldása érdekében (Groh, 2012). A gamifikáció nem azonos a játékokkal, a játékos tervezéssel, ahogyan azt Kim (2015) kifejtette.

Ha a tanulási idő viszonylag rövid és mérhető, a tartalom kicsi és egyszerű, a tananyag modulokból és epizódokból áll, a folyamat egyidejű és iteratív, a médium e-médium vagy hagyományos, a tanulási módszer tantermi vagy vállalati, akkor az eljárást mikrotanulásként definiáljuk (Hug, 2005). A mikrotanulási egységek „rögöknek” (nuggeteknek) nevezett darabokban nyújtanak tananyagot. Az „előfizetési tanulás” szintén a mikrotanulás része, amelyben a tanulók szükség esetén előfizetnek a nuggetekre; az interakció többnyire tíz percnél rövidebb ideig tart. Létrejön egy bizonyos tanulási sorozat, és csak akkor, ha a tanuló teljesíti a sorozatot, hozzáférést kap a további technikai, elektronikus információkhoz. Ezt a módszert integrált mikrotanulásként definiálják (Gassler et al., 2004).

Az első nyílt online kurzus, amelyet „MOOC”-nak neveztek, a 2008-ban Stephen Downes és George Siemens által szervezett Connectivism and Connective Knowledge (CCK08) volt (Bozkurt et al., 2018). A CCK08 nem volt tartalomközpontú, ehelyett a résztvevők közötti hálózatépítésre, valamint az erőforrások és hozzájárulások megosztására helyezte a hangsúlyt e hálózatokon keresztül. Az ilyen típusú, „konnektivista” pedagógián alapuló MOOC-ot később „cMOOC”-nak nevezték el. A MOOC-ok egy másik típusa 2011-ben jelent meg. Az „xMOOC”-nak nevezett kialakítás a hagyományos, oktató által vezetett oktatást helyezte előtérbe, és a tartalom tömeges, nyilvános közönség számára történő nyújtására helyezte a hangsúlyt (Stracke et al., 2019). Az első xMOOC-nak széles körben Norvig és Thrun „Mesterséges intelligencia” című kurzusát tartják, amely több mint 150 000 résztvevőt vonzott, bár egyes oktatók később saját maguk is azt állították, hogy ők voltak az elsők (Davidson, 2013). A nyílt online videó-kurzusok során végbe menő tanulási tevékenység sajátos, egyedi és komplex, ezért a pedagógia, didaktika határterületén soha nem tapasztalt integrációra van szükség, hisz a hagyományos oktatástól merőben más tanulásirányítási megoldásokat követel (Forgó & Racsó, 2014).



A felhőalapú számítástechnika az e-learning megoldások funkcionalitásának felhőalapú megerősítésével válik lehetővé. A felhőalapú számítástechnika lehetővé teszi a hálózatokhoz és alkalmazásokhoz való gyors hozzáférést, a konfigurálható számítástechnikai erőforrások, például hálózatok, szerverek és alkalmazások közös készletét, amelyek csekély erőfeszítéssel vagy részvétellel azonnal biztosíthatók és nem korlátozhatók (Morsy et al., 2010). A felhőalapú számítástechnika meghatározása a következő: „A szolgáltatások, termékek és megoldások interneten keresztül történő továbbítására szolgáló fejlesztési, telepítési és szállítási informatikai modell” (Abdel-Basset et al., 2018). Segít az erőforrások felhasználásában az informatikai alkalmazások skálázhatóságának és elérhetőségének fokozása érdekében (Ketel, 2014). Három elsődleges szolgáltatásnyújtási modell létezik, mint a „szoftver, mint szolgáltatás” (SaaS), a „platform, mint szolgáltatás” (PaaS) és az „infrastruktúra, mint szolgáltatás”.

A személyre szabott tanulás lehetőséget kínál a tanulók számára, hogy teljes mértékben részt vegyenek, és „társproducerekké” váljanak a tartalom kiválasztásában és a tanulási utasítások strukturálásában (Leadbeater, 2005). A növekvő szükségletnek és az új szemlélet kialakításának megfelelően új pedagógiai prototípusokat, eszközöket és módszereket fejlesztenek ki, amelyek támogatják az együttműködő tanulást. A személyre szabott tanulás autentikus és teljesítményértékelési módokat foglal magában, így hitelességet és érdeklődést építhet (OECD, 2009). Ebben a módszerben a tudástér-elméletet alkalmazzák a tanuló tudásállapotának leírására egy bizonyos területen, és a területet értékelési problémák halmazával jellemzik. A tanuló tudásállapota a tanuló által megoldani képes problémák halmaza alapján ismert. Ezután a tanulási modulok a tanulók igényeihez igazodnak (Négyesi & Csernai, 2022).

A folyamatos tanulás vagy ismertebb nevén az „egész életen át tartó tanulás” a tudás és a szakértelem folyamatos keresése saját vagy szakmai céllal. Ez egy olyan mélyreható tanulási módszer, amely csak egy szűk tanulási környezetben való folyamatos részvétel után lehetséges (Field, 2006). A folyamatos tanulás három alapelve: a tanuló központi szerepe, az esélyegyenlőség, a magas minőség és a relevancia. A folyamatos tanulás két típusa a következő: a munkaalapú tanulás, amely a foglalkoztatásra és a rövid távú szükségletekre oktat és képez, és az életalapú tanulás, amely a foglalkoztatásra és a hosszú távú kiteljesedett életre nevel (Longworth, 2003).

Az adaptivitás a pedagógiában is alkalmazkodást jelent. Lényege, hogy mivel minden egyes diák eltérő adottságokkal, előismeretekkel, képességekkel és készségekkel rendelkezik, eredményes fejlődésük, előrehaladásuk az egyénhez illeszkedő módszerekkel –

vagyis a tanulóhoz való alkalmazkodással – valósítható meg (Négyesi et al., 2023; Négyesi, 2021).

Felértékelődött az oktatás hatékonyságának, azon belül pedig az egyénre szabott fejlesztésnek a kérdése. Ez utóbbi egyik eredményes formája az alkalmazkodó, adaptív pedagógia és a hozzá kapcsolódó adaptív tanulásszervezés, amelyet például Hollandiában évek óta sikeresen alkalmaznak a tanulók korai iskolai leszakadásának megelőzésére (Négyesi, 2021).

Az adaptivitás öt szintjét különböztetjük meg (Glaser, 1977) a képesség és érdeklődés szerinti bontástól a felzárkóztatáson és az eltérő tartalmú tananyagok, módszertan alkalmazásán keresztül a tanulási követelmények differenciálásáig (Négyesi, 2021). Az adaptivitás feltétele egyrészt a tanári autonómia, a megfelelő programok, módszertan és taneszközök megléte (Báthory, 1992). Másrészt a tanuló oldaláról a motiváltság megteremtése, amit a tanuló odatartozás-érzése, a kompetencia és az autonómia érzetének kialakítása segíthet elő.

#### **2.6.5. Az adaptivitás hiánya**

Az e-tanulás az egyik olyan kutatási terület, amely az elmúlt évtizedekben számos kutató figyelmét felkeltette. Összetett jellege ellenére számos munka vetett fel érdekes kérdéseket, különösen a tanulási források hozzáférhetőségének kérdését, hogy garantálni lehessen a tanulást mindenkinek (Négyesi, 2023a).

A hagyományos e-tanulási rendszerek azonban hajlamosak figyelmen kívül hagyni a tanulók sokféleségét, képességeiket, tudásukat és készségeiket, valamint a tanulási kontextust (Négyesi, 2023a; Négyesi, 2021).

E korlátok leküzdésére gyakran javasolják az adaptációt, amelyet a felhasználói rendszerekkel való interakcióval összefüggésben a rendszer felhasználó igényeihez és preferenciáihoz való igazításának folyamataként határoznak meg (Brusilovsky, 2012).

Az adaptáció eddig nagyon kevés figyelmet kapott az e-tanulási platformok esetében, pedig egy e-tanfolyamot nem szabad vákuumban tervezni, hanem a tanulók igényeinek és kívánságainak kell a legjobban megfelelnie, és a tanfolyam előrehaladtával alkalmazkodnia kell (Négyesi, 2023a; Négyesi, 2021).

A tanulás kihívása nemcsak az, hogy a forrásokat bárhol, bármikor és különböző formátumokban mindenki számára elérhetővé tegyük, hanem az is, hogy a tanulást a megfelelő helyen, a megfelelő időben és a megfelelő módon kínáljuk (Fischer, 2001). Ennek eredményeképpen a kutatások egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a távoktatásra és

különösen az e-tanulásra, hogy javítsák a tanulók teljesítményét és elégedettségét (Colchester et al., 2016).

Ebből a szempontból a tanulás kontextualizálása az adaptív rendszerek új paradigmája a hagyományos tanulási korlátok kezelésére (Alshammari et al., 2014), amelyek már nem képesek interaktivitást, valós idejű végrehajtást, önkontrollt, az oktatási tartalom személyre szabását, adaptív prezentációs formátumot és tanulási navigációt biztosítani. Az adaptív rendszerek célja a tanulás hagyományos megközelítéseinek átalakítása a tanulók igényeinek megfelelően (Essalmi et al., 2010).

Az e-tanulási platformok folyamatosan változnak; átalakították a tanárok és a diákok mindennapjait. Szükség van az e-tanulási platformok módszertani, rendszerszintű vizsgálatára, hogy meghatározzuk dimenzióikat, specifikációikat és értékelésük alapvető kritériumait (Négyesi, 2023a; Csernai & Négyesi, 2021) .

#### **2.6.6. Az elektronikus tanulás jövője**

Az e-learning jövőjének egy része nagyon is jól megismerhető: olyan lesz, mint a múlt. A technológiai forradalmak ritkán vagy soha nem váltják fel teljesen elődeiket, és szinte mindig azok egy részét foglalják magukba. Ugyanazok az eszközök és módszerek, amelyeket most használunk, továbbra is létezni fognak, ahogyan a hagyományos oktatás archaikus technológiáinak maradványai, a könyvtárak, előadások, osztályok és az akadémiai élet középkori díszletei is megmaradnak, nemcsak fizikailag, hanem az LMS-ekben is (Négyesi & Csernai, 2022).

Mint mindig, a régi is kísérni fogja az újat, integrálódni fog vele, és összeadódik vele. Az elektronikus eszközök azon képessége, hogy univerzális eszközökké, médiumokká és környezetekké váljanak, egyszerre teszi lehetővé a lágyítást és a keményítést. A korai skinneri behaviorista tanítógépektől a legújabb tanuláselemző eszközökig mindenütt jelen vannak a kemény, előíró eszközök, amelyek a tanár egy vagy több szerepét töltik be. Ugyanilyen gyakoriak a puhább, holisztikus eszközök, az elektronikus tábláktól a webináriumokig, amelyek lehetővé teszik a tanárok (és a tanulók) számára, hogy új és más módon többet tegyenek. Ez a feszültség a lágyító, kreatív lehetőségek és a keményítő, hatékonyságnövelő tanulási megközelítések között kétségtelenül folytatódni fog az e-learning jövőjében. Egy korlátozott rendszerben, legyen az egy iskola, egy egyetem vagy egy egyéni tanuló, ha az ökoszisztéma, amelynek része, gyorsabban változik, mint maga a korlátozott rendszer, a túlélési esélyei csekélyek (Négyesi & Csernai, 2022).

Ezek a határok valóban nagyon gyorsan változnak, ahogy azt a szomszédos lehetőségek könyörtelen logikája megjósolja. Néhány változás mélyreható lehet. Az ilyen

közel álló lehetőségek felvetik a kérdést, hogy milyen pedagógia alakulhat ki ennek eredményeként. A tanulás középpontjában sokkal inkább a cselekvés és az ötletek összekapcsolása, az alkotás és a kreativitás, a tanulási hálózatok kiépítése, a más emberekkel való együttműködés, valamint a memória és a készségek helyett az ötletek és a tárgyak építésére irányuló megközelítések fejlesztése állna (Négyesi & Csernai, 2022).

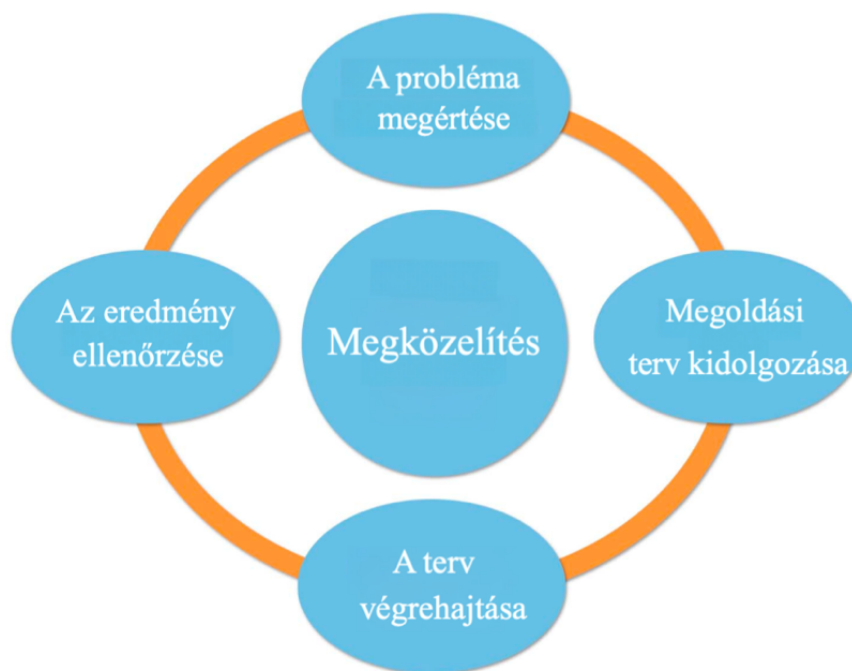
Ha kevésbé kellene foglalkoznunk a tények és az alapvető készségek elsajátításának mechanikájával, a tanulás inkább az alkalmazással, és ezáltal az esztétikai és erkölcsi értékekkel foglalkozna. Bár az oktatási intézmény fogalma, ahogyan mi ismerjük, beleértve az oktatási és akkreditációs szerepét is, ilyen körülmények között mélységesen archaikusnak tűnhet, de talán éppen ez az, amire szükség van. Elképzelhető, hogy ez a folyamatosság és integráció lesz az intézményi oktatás maradandó ajándéka a társadalom számára, amikor a hagyományos, készségek és tudás átadására irányuló oktatás szerepe megszűnik (Négyesi & Csernai, 2022).

## **2.7. Problémamegoldás a matematikatanításban**

A problémamegoldás az emberi gondolkodás egyik legkomplexebb és legfontosabb aspektusa, amely a mindennapi életben éppúgy jelentős szerepet játszik, mint a tudományos és technológiai fejlődésben. Ez a képesség nemcsak a matematikai ismeretek elérhetőségét feltételezi, hanem a logikus gondolkodás, a kreativitás és a kitartás fejlesztését is. A tanítási folyamatban azonban számos akadály hátráltathatja ezen képességek fejlődését, és a problémamegoldási készségek fejlesztése kiemelt figyelmet igényel mind az oktatók, mind a tanulók részéről.

Dienes Zoltán, Pólya György és Lev Vygotsky munkássága különösen jelentős e téren, mivel mindhárman olyan alapelveket és módszereket dolgoztak ki, amelyek a problémaorientált tanulás és gondolkodás fejlesztését célozzák meg. E megközelítések közös vonása, hogy az emberi gondolkodás kreatív, strukturált és szociális aspektusait egyaránt hangsúlyozzák.

A matematikai problémamegoldás olyan komplex kognitív folyamat, amelyben a tanulóknak alkalmazniuk kell az előzetes tudásukat, az újonnan tanult ismeretekkel összhangban. Pólya György (1957) klasszikus modellje (9. ábra) szerint a problémamegoldás négy alaplépésből áll:



9. ábra Pólya problémamegoldási modellje  
Saját forrás

- 1) A probléma megértése: Pólya szerint fontos, hogy a tanulók kérdéseket tegyenek fel: Mit keresünk? Mik a kiindulási adatok?
- 2) Megoldási terv kidolgozása: Pólya hangsúlyozza a korábbi problémákhoz való analógiák keresését, és azt, hogy a tanulók milyen matematikai eszközöket alkalmazhatnak.
- 3) A terv végrehajtása: Ebben a lépésben a tanulók végrehajtják a megoldási tervet. Fontos, hogy következetesen és figyelmesen dolgozzanak, és minden lépést ellenőrizzenek.
- 4) Az eredmény ellenőrzése: Pólya szerint a megoldás ellenőrzése nemcsak a helyesség megerősítését szolgálja, hanem tanulási lehetőség is. A tanulók reflektálhatnak a megoldási folyamatra, és megvizsgálhatják, hogy a megközelítésük hatékony volt-e.

Pólya könyvében hangsúlyozza, hogy a problémamegoldás alapvető eleme a „heurisztika”, amely segíti a tanulókat az új megközelítések kialakításában. Ez a módszer nemcsak a matematikai gondolkodás fejlesztésére alkalmas, hanem a kritikus gondolkodás és az önálló tanulás előmozdítására is, amelyek kulcsfontosságúak a modern oktatásban.

Pólya hangsúlyozta, hogy a kérdésfeltevés és a problémaelemzés alapvető fontosságú a sikeres megoldáshoz. Az analógia alkalmazása, az előzetes tapasztalatok hasznosítása és a különböző megoldási stratégiák kreatív kombinálása mind olyan eszközök, amelyek segítenek a tanulóknak nemcsak a megoldás megtalálásában, hanem abban is, hogy a

tanultakat más helyzetekben is alkalmazni tudják. A problémaorientált oktatás ezen elvei ma is relevánsak, különösen az interdiszciplináris megközelítések terén.

Dienes Zoltán pedagógiai és matematikai munkássága a matematikai gondolkodás fejlesztésének innovatív megközelítését kínálta. Fő elmélete szerint a tanulók számára a matematikai struktúrák megértése akkor válik lehetővé, ha azokkal manipulálni tudnak, azaz tapasztalati úton fedezik fel a szabályszerűségeket. Dienes különösen hangsúlyozta a variációk szerepét, vagyis azt, hogy a különböző, de összefüggő helyzetekben történő gyakorlás segíti az általánosítás folyamatát.

Az általa kidolgozott módszerek közé tartoznak a játékos tanulási eszközök, például a logikai blokkok, amelyek lehetőséget teremtenek a gyerekek számára, hogy intuitív módon fedezzék fel az absztrakció és a logika összefüggéseit. Dienes szerint a matematikai gondolkodás fejlesztése nem választható el az érzelmi és motivációs tényezőktől; a tanulók kíváncsiságának és kreativitásának ösztönzése elengedhetetlen a problémamegoldás sikeres elsajátításához.

Lev Vygotsky szociokulturális elmélete új perspektívát hozott a tanulási folyamatok megértésébe. Munkásságának központi eleme a Zónaelmélet, amely szerint a tanulás akkor a leghatékonyabb, ha az új feladatok kissé meghaladják a tanuló aktuális képességeit, de elérhetők a pedagógus vagy a kortársak segítségével (Vygotsky, 1978). Ez a zóna a „Proximális Fejlődés Zónája” (ZPD), amely a pedagógiai támogatás fontosságára világít rá.

Vygotsky elmélete szerint a problémamegoldás nem csupán egyéni, hanem szociális tevékenység is, amely során a tanulók egymással kommunikálva és együttműködve bővítik tudásukat. A nyelv és a kulturális kontextus szerepe kiemelkedő, mivel ezek az eszközök segítik a gondolkodási folyamatok strukturálását és irányítását. A tanárok és kortársak által nyújtott támogatás, valamint a közös problémamegoldási helyzetek lehetőséget teremtenek a tanulók kognitív fejlődésére.

Az egyik leggyakoribb akadály a tanulók matematikával kapcsolatos szorongása, amely gátló tényező lehet a problémamegoldás során. Kutatások rámutattak, hogy a matematikai szorongás csökkenti a munkamemória kapacitását, ami negatívan befolyásolja a problémák értelmezését és megoldását (Ambrus, 2001). Ezen túl a didaktikai módszerek hiányosságai, mint a frontális oktatás túlsúlyának alkalmazása, szintén akadályozzák a tanulók aktív részvételét és kreatív gondolkodását (Molnár, 2004).

A technológia alkalmazása egyre inkább előtérbe kerül a matematikatanításban. A digitális eszközök, mint például az oktató szoftverek és alkalmazások, interaktív környezetet biztosítanak a tanuláshoz, amelyben a tanulók biztonságosan gyakorolhatják a

problémamegoldási készségeiket (Herczeg, 2013). Ezek az eszközök motiváló hatással is bírnak, mivel lehetőséget adnak a tanulóknak az önálló tanulásra és az azonnali visszacsatolásra.

A problémamegoldás különösen fontos olyan helyzetekben, amikor az egyén új kihívásokkal szembesül. Az otthoni és munkahelyi körülmények gyors változásai miatt a korábban megszokott megoldási stratégiák sokszor már nem bizonyulnak elegendőnek az új célok eléréséhez. A nem rutinszerű problémák kezelésének képessége a XXI. században az egyik legfontosabb tulajdonságként jelenik meg.

A gazdasági és társadalmi változások ütemének felgyorsulásával az egyéneknek olyan problémamegoldó képességekre van szükségük, amelyek meghaladják a korábbi elvárásokat. A munkaerőpiac egyre inkább azokat a magasabb rendű gondolkodási képességeket részesíti előnyben, amelyek az információk feldolgozására, elemzésére és hatékony kommunikálására irányulnak. Az információkezelés, valamint az információs és kommunikációs technológiák (IKT) eszközeinek használata alapvető készséggé vált. Az információkhoz való hozzáférés széleskörű elérhetősége következtében egyre inkább az válik értékkel, hogy egy egyén miként képes hasznosítani a rendelkezésére álló adatokat. A XXI. századi tanulónak, majd később munkavállalóként is, elengedhetetlenül fontos az információk önálló megszerzésére és feldolgozására való képesség (Dávid és mtsai, 2016).

Az új készségek közé tartozik a problémamegoldás, a hatékony kommunikáció, az információk kezelése, valamint az IKT-eszközök alkalmazása, amelyek a tudás hasznosítását és új tudás létrehozását segítik elő. Skinner (1973) már korábban hangsúlyozta, hogy a tanulóknak meg kell tanulniuk tanítás nélkül is fejlődni, problémákat önállóan megoldani, kutatni az ismeretlent, döntéseket hozni és kreatívan gondolkodni. Az elmúlt évtizedek során ezek az igények egyre inkább előtérbe kerültek, és a kreatív problémamegoldás, valamint a gondolkodás fejlesztése mind a tanulási folyamatban, mind a munkakörnyezetben kiemelt szerepet kapott. Ezért a problémamegoldási készségek fejlesztésének az oktatástervezésben is központi helyet kell kapnia.

A problémamegoldási folyamatot három tényező befolyásolja. Az első a feladat vagy problémahelyzet, amely meghatározza a kihívás kontextusát, és amelyet az érintettek, valamint a környezeti tényezők is befolyásolnak. A második tényező a kognitív dimenzió, amely magában foglalja a probléma megoldása során használt mentális struktúrákat és gondolkodási folyamatokat. A harmadik tényező a technológia, amely az elektronikus környezetben történő problémamegoldáshoz szükséges eszközöket és alkalmazásokat biztosítja.

Mindezek alapján kijelenthető, hogy a hatékony problémamegoldás képessége ma már alapvető fontosságú, és elengedhetetlen szerepet játszik a XXI. századi munkakörnyezetekben, valamint az oktatási rendszerek kialakításában.

## **2.8. A motiváció fenntartása a matematikatanításban**

A matematikatanítás során a tanulók motivációjának fenntartása kulcsfontosságú tényező, amely jelentősen meghatározza a tantárgy iránti elköteleződést és a tanulási eredményességet. A motiváció nem csupán az órák alatti figyelmet és aktivitást befolyásolja, hanem hosszú távon hatással van a tanulók matematikai kompetenciáinak fejlődésére és a tantárggyal kapcsolatos attitűdjeire is. Ezért a tanároknak olyan módszertani megközelítéseket kell alkalmazniuk, amelyek segítik a tanulók érdeklődésének fenntartását, miközben figyelembe veszik az egyéni különbségeket és szükségleteket.

A motiváció két alapvető típusa a belső és a külső motiváció. A belső motiváció az egyén belső késztetéséből fakad, például a tantárgy iránti érdeklődésből, az önfejlesztés iránti vágyból vagy a tanulás örömeiből (Deci & Ryan, 1985). A külső motiváció ezzel szemben külső tényezőkhez kapcsolódik, mint például a jegyek, dicséret vagy egyéb jutalmak. Bár mindkét típus fontos szerepet játszhat a tanulási folyamatban, a belső motiváció fejlesztése kiemelt jelentőséggel bír, mivel ez hosszabb távon fenntartható elköteleződést eredményez (Eccles & Wigfield, 2002).

A differenciált oktatás lényege, hogy a tanítási stratégiák és a tananyag igazodjanak a tanulók eltérő képességeihez, előzetes tudásához és érdeklődési köréhez. Ez különösen fontos a matematikatanításban, ahol a tanulók közötti tudásbeli különbségek gyakran jelentősek (Tomlinson, 2001). Az ilyen megközelítés révén a tanulók úgy érezhetik, hogy az általuk végzett munka személyre szabott és releváns, ami növeli a kompetenciaérzetüket. A kompetenciaérzet, ahogyan azt Bandura (1997) kifejti, a motiváció egyik legfontosabb összetevője.

A matematika sok tanuló számára absztrakt és elvont tudományként jelenik meg, ami csökkentheti az érdeklődést és a tantárggyal való azonosulást. E probléma megoldásának egyik hatékony módja, ha a tanár valós életből vett példákon keresztül mutatja be a matematikai fogalmak alkalmazhatóságát (Boaler, 2002).

A tanár-diák kapcsolat minősége alapvető fontosságú a motiváció szempontjából. A kutatások szerint az empátikus és támogató tanári magatartás jelentősen hozzájárulhat a tanulók bizalmának és önbizalmának növeléséhez (Wentzel, 1997). Egy olyan környezetben, ahol a tanulók úgy érzik, hogy a tanár törődik velük, nagyobb valószínűséggel vállalják a kockázatot, hogy új módszereket próbáljanak ki vagy kérdéseket tegyenek fel.



A hibák elkerülhetetlenek a tanulási folyamatban, különösen a matematika tanulása során. A hibák kezelése azonban nagymértékben befolyásolja a tanulók önbizalmát és motivációját. A tanároknak olyan légkört kell kialakítaniuk, amelyben a hibák nem kudarcokként, hanem tanulási lehetőségekként jelennek meg (Black & Wiliam, 1998). Ez elősegíti a tanulók kísérletező kedvének növekedését és csökkenti a tantárggyal kapcsolatos szorongást.

A modern technológiai eszközök széles körű lehetőségeket kínálnak a matematikai tartalmak bemutatására. Az interaktív oktatási szoftverek, mobilalkalmazások és online platformok lehetővé teszik, hogy a tanulók saját tempójukban haladjanak, miközben azonnali visszajelzést kapnak a teljesítményükről (Cheung & Slavin, 2013). Ezek az eszközök nemcsak a tanulók figyelmét kötik le, hanem a matematikai fogalmak mélyebb megértését is elősegíthetik.

A pozitív visszajelzés és az elismerés jelentős hatással van a tanulók motivációjára. Hattie és Timperley (2007) szerint az értékelő visszacsatolás segíti a tanulókat abban, hogy világos képet kapjanak az erősségeikről és a fejlődési lehetőségeikről. Az ilyen típusú visszajelzés megerősíti a tanulók erőfeszítéseit, miközben bátorítja őket a további munkára.

A matematikatanítás során a motiváció fenntartása komplex és többdimenziós feladat, amely pedagógiai, pszichológiai és technológiai elemek integrációját igényli. A belső motiváció elősegítése, a differenciált oktatás alkalmazása, a valós életből vett példák használata, valamint a támogató tanulási környezet megteremtése mind hozzájárulnak a tanulók elköteleződéséhez. A tanároknak folyamatosan reflektálniuk kell saját gyakorlatukra és nyitottnak kell lenniük az innovációra, hogy a motiváció fenntartása hosszú távon is sikeres legyen.

### **2.8.1. A középiskolai számelmélet tanításának nehézségei**

A középiskolai számelmélet tanításának kihívásai több szinten értelmezhetők, ideértve az absztrakció magas fokát, a fogalmi megértés nehézségét és a motiváció fenntartásának kérdéseit. Az oktatási gyakorlatban észlelhető problémák elemzése és az ezekre adott válaszok kidolgozása nélkülözhetetlen az eredményes matematikaoktatás szempontjából (Négyesi, 2021).

A számelmélet magas absztrakciós szintje miatt a diákok gyakran nehezen látják az összefüggéseket a tananyagon belül, valamint annak alkalmazását a mindennapi életben. Csányi és munkatársai (2014) rámutatnak arra, hogy a diákok számára az absztrakció nemcsak érthetőségi akadályt jelent, hanem csökkentheti a tantárgy iránti érdeklődést is. Ez

különösen érzékelhető olyan fogalmak esetében, mint a prímszámok, az oszthatóság vagy az euklideszi algoritmus, amelyek elvont gondolkodási módot igényelnek.

A fogalmak tanításának hatékonysága jelentősen javítható, ha a pedagógusok olyan módszereket alkalmaznak, amelyek segítik a közvetlen tapasztalás és az absztrakció közötti kapcsolat megértését. Az ELTE TTK Matematikai Intézet (2019) szerint a szemléltetés és a digitális technológiák alkalmazása jelentősen hozzájárulhat a fogalmak elérhetőbbé és megérthetőbbé tételéhez.

A diákok gyakran érzik úgy, hogy a számelméleti tananyag nem releváns a mindennapi élet szempontjából. Ennek oka részben az, hogy a számelmélet és annak gyakorlati alkalmazásai közötti kapcsolat ritkán jelenik meg a tananyagban. Pedig a modern technológiák, mint például a kriptográfia, közvetlenül a számelmélet alapjain nyugszanak. Az ilyen összefüggések bemutatása nemcsak a tantárgy iránti érdeklődést növelheti, hanem segítheti a diákokat abban, hogy értelmet lássanak az elsajátított ismeretekben (Csányi és mtsai, 2014).

A számelmélet tanításának sikeressége nagymértékben múlik a pedagógusok szakmai felkészültségén és módszertani kompetenciáin. Az ELTE TTK Matematikai Intézet (2019) hangsúlyozza, hogy a tanárképzésben kiemelt figyelmet kell fordítani az új oktatási eszközök és stratégiák bemutatására, amelyek támogatják a számelméleti ismeretek eredményes tanítását. A tanári képzések során az önreflexió és a más pedagógusok tapasztalatainak megosztása szintén hozzájárulhat a hatékonyság növeléséhez.

A motiváció fenntartása különös kihívást jelent a számelmélet tanítása során (Négyesi, 2021). A kutatások szerint a projektalapú tanulási módszerek és a csoportos problémamegoldás jelentősen javíthatja a diákok elkötelezettségét és eredményeit (Csányi és mtsai, 2014). Az interaktív oktatási technikák, mint a digitális alkalmazások és a játékosítás, szintén hatékony eszközök lehetnek a számelméleti fogalmak bemutatásában.

A középiskolai számelmélet tanításának nehézségei nemcsak a tananyagtartalomtól, hanem a pedagógiai módszertan és a tanári képzés területén tapasztalható hiányosságokból is fakadnak. Az eredményes tanításhoz olyan módszertani eszköztár kialakítására van szükség, amely a diákok érdeklődését és motivációját egyaránt fenntartja, miközben lehetőséget biztosít az elvont fogalmak megértésére és alkalmazására (Négyesi et al., 2023a; Négyesi, 2021).

## **2.9. Tanulási stílusok**

A tanulási stílussal kapcsolatos elméleteket széles körben használják az adaptív e-tanulási rendszerekben a tanulási eredmények javítása érdekében (Bertea & Hutanu, 2019).

A tanulási stílusokat figyelembe vevő adaptív tanulási rendszerek többsége azonban a Felder-Silverman-féle tanulási stílusok indexe (TSI) alapján készített kérdőíveket használ a tanulási stílusok felismerésére (Khenissi et al., 2016), annak ellenére, hogy ennek a módszernek számos hátránya van. Például nem alkalmas bizonyos típusú válaszadók számára, kitöltése időigényes, a válaszadó félreértheti stb. Ráadásul megjelent egy új adaptációs probléma, nevezetesen a diák tanulási stílusainak automatikus felismerése (Négyesi, 2024).

A tanulók különböző tanulási módokat alkalmaznak; mindegyiküknek megvan a saját megértési szintje, valamint egyedi módszerei a tudás felépítésére és megőrzésére. Ennek következtében egyetlen stílus nem lesz minden tanuló számára megfelelő. Ezért elengedhetetlen, hogy először megismerjük a tanulók tanulási stílusát, annak érdekében, hogy megfelelő stratégiákat választhassunk, és ahhoz igazíthassuk a rendszert (Négyesi, 2024).

A tanulási stílusok a tanulók egyéni preferenciáit és stratégiáit tükrözik az ismeretek elsajátítása során. Ezek a stílusok meghatározzák, hogy egy adott személy milyen módszerek segítségével képes a leghatékonyabban tanulni, és milyen módon dolgozza fel az információkat. A tanulási stílusok ismerete és figyelembevétele fontos szerepet játszik az oktatási folyamat tervezésében, mivel lehetővé teszi az oktatók számára, hogy alkalmazkodjanak a diákok egyéni igényeihez, növelve ezzel a tanulás hatékonyságát (Négyesi, 2024).

Az egyik legismertebb elmélet a VARK-modell, amely négy különböző tanulási stílust különít el: vizuális, auditív, olvasás/írás és kinezetikus. A vizuális tanulók előnyben részesítik a képi információkat, például diagramokat, ábrákat és színes ábrázolásokat. Az auditív tanulók számára a hallott információk, például előadások és beszélgetések a legmegfelelőbbek. Az olvasás/írás preferenciával rendelkező tanulók szöveges anyagokkal, jegyzetekkel és könyvekkel tanulnak a leghatékonyabban. Ezzel szemben a kinezetikus tanulók gyakorlati tevékenységek és tapasztalati tanulás révén sajátítják el legjobban az új ismereteket (Balogh, 1993; Fleming & Mills, 1992).

Kolb tapasztalati tanulási elmélete egy másik meghatározó modell, amely a tanulási folyamatot ciklikus jellegűnek tekinti. Ebben négy fő szakasz található: konkrét tapasztalás, reflektív megfigyelés, absztrakt konceptualizáció és aktív kísérletezés. A konkrét tapasztalás során a tanulók közvetlenül élik át az eseményeket, míg a reflektív megfigyelés során értelmezik és elemzik azokat. Az absztrakt konceptualizáció az elméleti keretek kialakítását

foglalja magában, míg az aktív kísérletezés az új ötletek gyakorlati kipróbálására helyezi a hangsúlyt (Kolb, 1984).

Az utóbbi évtizedek kutatásai rávilágítottak arra, hogy bár a tanulási stílusok figyelembevétele hasznos lehet, nem szabad kizárólag ezekre alapozni az oktatási stratégiákat. Honigsfeld (2000) kutatása rámutatott arra, hogy a tanulási stílusok közötti különbségek jelentősek lehetnek a kor, a nem és a tanulmányi teljesítmény alapján. Bohony és Bohony (2018) azt vizsgálták, hogy az egyetemi hallgatók tanulási stílusaik alapján hogyan reagálnak különböző oktatási módszerekre. Kutatásuk szerint a tanulók 92%-a igényelte az értelemszerű tanulás lehetőségét, míg 87%-uk a vizuális információkat preferálta. Egy átfogó elemzés szerint az eltérő tanulási stratégiák kombinálása lehet a kulcs a hatékonyabb tanuláshoz (Pashler et al., 2008).

## **2.10. Az adaptív oktatás fogalmi keretei**

Az adaptív pedagógia egy olyan rugalmas oktatási tevékenységrendszer foglalt magában, amely arra törekszik, hogy az oktatási rendszer valamennyi érintettjének igényeit figyelembe vegye. „Az adaptivitáshoz alapvetően hozzátartozik a kérdezés, reflexió, mert az alkalmazkodás, akkor lehet valóban gyümölcsöző, ha a helyzetre, a szereplők nézeteire, elgondolásaira való rákérdezés folyamatában zajlik.” (M. Nádasi, 2010)

Az adaptivitás nem csupán az alkalmazkodás statikus formáját jelenti, hanem a változás, a reflexió és a tanulás/innováció dinamikus kölcsönhatását. Ez a megközelítés nem normatív módon irányított, hanem reaktív és kereső, ahogy azt a posztmodern gondolkodás is jellemzi (Négyesi, 2021). „Az adaptivitás egyszerre fejezi ki a szüntelen változás, tanulás (innováció) és reflexió értékeit, és azt, hogy nem normatívan vezérelt, hanem reaktív, kereső, posztmodern jellegű válaszadásról van szó. Az adaptivitás ugyanakkor nem egyszerű alkalmazkodás – mint egy evolúciós megközelítés sugallná –, hanem folyamatos értékeket artikuláló interakció a környezettel.” (Rapos és mtsai, 2011)

Az iskolai menedzsment számára különös jelentőséggel bír az, hogy egyszerre reagáljanak a társadalmi elvárásokra és a tanulók egyéni szükségleteire. Ennek megvalósítására az adaptív oktatás iskolai szintű bevezetése nyújt lehetőséget: „A kettő együtt kezelésére csak az adaptív oktatás iskolai szintű megvalósításával nyílik lehetőség, ennek következtében a differenciálás iskolai szintű menedzselése reális kihívás, valódi feladat az iskolaigazgatók, az iskolai menedzsment számára.” (Golnhofer, 1999).

Az adaptív oktatás megvalósításában kulcsszerep hárul mind a pedagógusokra, mind az iskolai szervezetre. Az intézményeknek képesnek kell lenniük a környezeti változásokra való reagálásra és az innovációra. A differenciálás célja minden esetben a tanulók optimális

fejlődésének támogatása, legyen szó felzárkóztatásról, tehetséggondozásról, vagy pályaválasztási orientációról (Négyesi, 2021; Golnhofer, 1999).

A gyakorlati megvalósításban a pedagógusok jelentős szerepet töltenek be. Az adaptív pedagógus ismérve, hogy „tevékenységével alkalmazkodni képes a rá bízott tanulók tanulási igényeihez, ismeri a tanulók szükségleteit, és ennek megfelelően differenciál.” (Némethné Tóth, 2014).

A XX. és XXI. század fordulóján paradigmaváltás figyelhető meg az iskola funkciójában. „Fontos fordulat az iskola értelmezésében az elmozdulás az iskola, mint tudásátadó kontrollintézmény koncepciótól az iskola, mint a gyermek szükségleteire válaszoló, a tanulást középpontba állító intézmény képe felé.” (Rapos és mtsai, 2011)

Az új oktatási paradigma részeként a „nyílt pedagógiai hatásrendszer” lényege, hogy a pedagógusok, tanulók és szülők egyenrangú résztvevőkként működjenek együtt a tanulási folyamatban. „A nyílt pedagógiai hatásrendszerben, nyílt oktatásban nem a pedagógus áll a központban és onnan irányít, annak ellenére, hogy a szakértelmét és felelősségét nem vitatja el senki. Ez a gyakorlat nem tanárközpontú, de nem is tanulóközpontú, hanem személyközpontú.” (M. Nádas, 2010)

A differenciálás az oktatási rendszer minden szintjén érvényesülhet: országos, iskolai, osztály- és egyéni tanulói szinten. Országos szinten például a művészeti oktatásra vagy egyes szakmacsoportokra specializálódó intézmények képviselik ezt az irányt. Iskolai szinten megjelenhet a szerkezeti differenciálás, például tagozatos osztályok vagy fakultációk formájában, míg rugalmasabb megoldások – mint például a nívócsoportos oktatás vagy a projektalapú tanulás – az adaptivitást szolgálják (Golnhofer, 1999).

Az adaptív oktatás részeként a tanulók haladási tempóját figyelembe vevő struktúrák is kialakíthatók, például gyorsított haladási lehetőség vagy pótlás bizonyos tantárgyakban. További példát jelenthet a teamoktatás, amely a pedagógusok és osztályok közötti együttműködésen alapul, és akár több iskola közötti együttműködést is magában foglalhat. Az ilyen rugalmas keretek növelik a tanítási-tanulási folyamat hatékonyságát és eredményességét (Négyesi, 2021; Golnhofer, 1999).

### **2.11. Az adaptív tanulás megjelenése a korszerű tanuláselméletekben**

Az adaptív tanulás egyre népszerűbb kutatási témakör az oktatástudomány és a technológiaalapú tanulási rendszerek területén. Ez a megközelítés azt az elképzelést foglalja magába, hogy a tanulási folyamatokat és a tananyagokat a tanuló egyéni igényeihez, képességeihez, érdeklődési köreihez és aktuális tudásszintjéhez igazítják. Ennek célja, hogy

maximalizálja a tanulás hatékonyságát és elősegítse a személyre szabott oktatás megvalósítását (Brusilovsky & Millán, 2007).

Az adaptív tanulás alapja az a felismerés, hogy a tanulók közötti különbségek – legyen szó tudásszintről, tanulási stílusról vagy motivációról – nagy hatással vannak az oktatás eredményességére. A hagyományos tanítási modellek gyakran uniformizáltak, nem veszik figyelembe ezeket az eltéréseket, ami alul- vagy éppen túlterheléshez vezethet a tanulók esetében. Az adaptív rendszerek ezzel szemben valós idejű adatokat gyűjtenek a tanulók teljesítéséről, viselkedéséről, és ezeket felhasználva igazítják a tananyag strukturáját és a tanulási útvonalakat (Fletcher & Morrison, 2012).

Az adaptív tanulás pedagógiai keretei az olyan előzetes elvárásokon alapulnak, mint a konstruktivizmus és a zónaelérés elve (Vygotsky, 1978). A konstruktivizmus szerint a tanulás leginkább akkor eredményes, ha a tanuló aktív résztvevője a tudás megkonstruálásának folyamatában, azaz nem pusztán befogadja az információt, hanem értelmezi és alkalmazza azt. Az adaptív rendszerek ezt az aktív szerepet erősítik a tanulás személyre szabott irányításával.

A Vygotsky által megfogalmazott érési zóna elve (Zone of Proximal Development, ZPD) szintén kulcsfontosságú. Eszerint a leghatékonyabb tanulás akkor valósul meg, amikor a tananyag az adott tanuló jelenlegi képességei és az elérhető fejlődési szint között helyezkedik el. Az adaptív tanulási rendszerek ezáltal támogatják a tanulókat abban, hogy mindig a számukra optimális kihívásokkal találkozzanak (Shute & Zapata-Rivera, 2012).

M. Nádasí Mária (2010) hangsúlyozza, hogy az adaptivitás nemcsak technológiai, hanem pedagógiai és módszertani megközelítést is jelent. Az adaptív oktatás alapelvei közé tartozik a differenciált tanulási stratégiák alkalmazása, a tanulók egyéni szükségleteinek folyamatos monitorozása és az ezekhez igazodó tananyagfejlesztés. Kiemeli továbbá, hogy az adaptivitás nem kizárólag a gyerekek teljesítményére fókuszál, hanem a tanári szerep átalakulását is magában foglalja. A tanár inkább facilitátorként, mentor szerepben jelenik meg, aki segíti a tanulót a saját tanulási céljai elérésében.

Rapos Nóra és munkatársai (2011) az adaptivitás és az inklúzió kapcsolatára helyezik a hangsúlyt. Rámutatnak, hogy az adaptív oktatás nem csupán a tananyag személyre szabását jelenti, hanem a tanulók sokféleségének elfogadását és az oktatási környezet olyan átalakítását, amely minden tanuló számára lehetővé teszi a sikeres tanulást. Raposék szerint az adaptív-elfogadó iskola olyan közösségi szemléletet képvisel, amelyben a pedagógusok, szülők és tanulók együttműködve hozzák létre a befogadó tanulási környezetet. Ezen

koncepció középpontjában a tanulók erősségeinek felismerése, a folyamatos visszacsatolás, valamint a tanári reflektivitás áll. Az adaptív-elfogadó iskola modellje kiemeli, hogy az adaptivitás nem egyszeri beavatkozás, hanem folyamatos, dinamikus folyamat, amely alkalmazkodik a változó tanulói igényekhez.

Az adaptív tanulás elméleti megalapozottsága több tanuláselméletből ered, amelyek különböző szempontokból közelítik meg a tanulási folyamatokat. Az adaptív tanulási rendszerek működése szorosan kapcsolódik ezekhez az elméletekhez, különösen a konstruktivista pedagógiához, amely meghatározó szerepet játszik a modern oktatáselméletben.

A viselkedésemélet, vagyis a behaviorizmus, a tanulást az ingerekre adott válaszok és a megerősítés folyamataként írja le. Az adaptív rendszerek kezdeti formái sok esetben ezen az elméleten alapultak: figyelték a tanuló teljesítményét, majd pozitív megerősítéssel ösztönözték a helyes válaszok megtanulását. Bár ez a megközelítés kezdetleges volt, alapvetően meghatározta az adaptív rendszerek első generációs fejlesztését.

A kognitív tanuláselméletek a belső mentális folyamatokra helyezik a hangsúlyt, és a tanulást a meglévő kognitív struktúrák bővítésének és átszervezésének tekintik. Az adaptív tanulási rendszerek ebben a keretben már nem csupán reakciókat figyelnek, hanem a tanulók előzetes tudásának elemzésére építve személyre szabott tananyagot nyújtanak. Az ilyen rendszerek képesek felismerni, ha egy tanuló bizonyos alapfogalmakkal még nem rendelkezik, és kiegészítő tananyagot kínálnak, amely a tanuló egyéni igényeire szabott.

A konstruktivista pedagógia, amely szerint a tanulók aktívan építik fel tudásukat a korábbi tapasztalataikra és ismereteikre alapozva, különösen releváns az adaptív tanulás szempontjából. Ebben a megközelítésben a tanulás nem lineáris folyamat, hanem dinamikus és interaktív, amelyben a tanulók egyéni tempóban és érdeklődésüknek megfelelően haladhatnak előre. Az adaptív rendszerek a konstruktivista elveket követve olyan tanulási környezetet teremtenek, amelyben a tanulók szimulációk, interaktív feladatok és valós problémák megoldásával sajátítják el az új ismereteket. Ezek a rendszerek nem csupán a hibákat elemzik, hanem támogatják a tanulók önálló problémamegoldó képességének fejlődését is, összhangban a konstruktivista pedagógia alapelveivel.

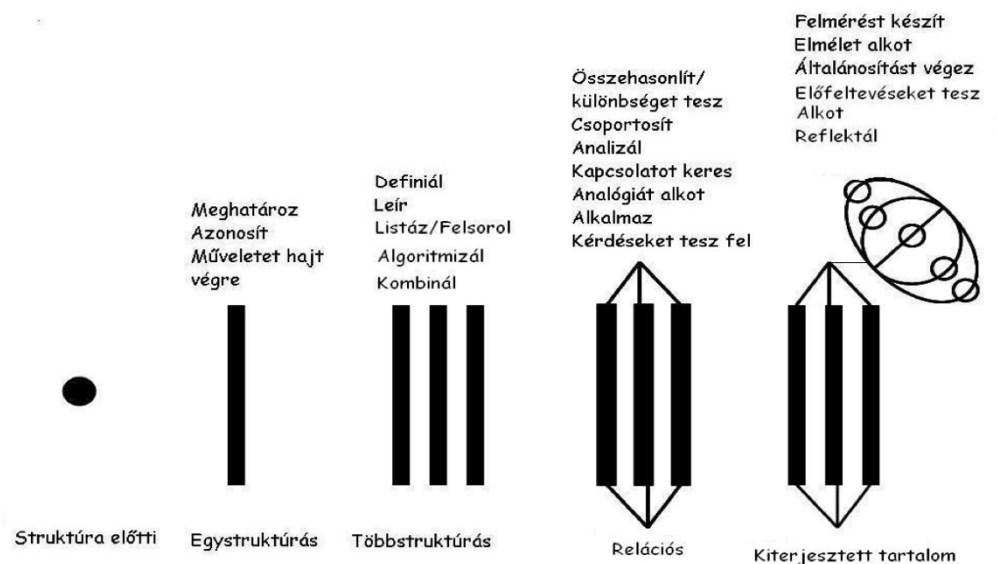
A konstruktivista pedagógiához kapcsolódik a társas tanulás fontossága is. Az adaptív tanulási rendszerek lehetőséget biztosítanak a tanulók közötti együttműködésre, csoportos projektek és feladatok révén. Ez nemcsak a tudás közös építését segíti elő, hanem a kommunikációs és szociális készségek fejlesztését is támogatja, amelyek szintén fontos elemei a modern oktatásnak.

Az adaptív tanulás a konnektivista elmélet alapelveivel is összhangban van, amely a tanulási folyamatokat hálózatokba szervezett tudásként értelmezi. A digitális tanulási rendszerek által kínált személyre szabott források és tanulási útvonalak lehetővé teszik, hogy a tanulók különböző forrásokból és technológiákból szerezzék meg a tudást. Ez a megközelítés különösen fontos a XXI. század gyorsan változó információs környezetében, ahol a tanulók önállóan és adaptívan kénytelenek navigálni a tudás megszerzésének lehetőségei között.

Végül, az adaptív rendszerek szorosan kapcsolódnak az önirányított tanulás fogalmához, amely a konstruktivizmus egyik alapvető eleme. Az ilyen rendszerek lehetővé teszik a tanulók számára, hogy saját tanulási folyamatukat irányítsák, miközben a rendszer személyre szabott visszajelzésekkel és ajánlásokkal támogatja őket. Mindez elősegíti az autonómia fejlődését és a felelősségteljes tanulási magatartás kialakulását.

### 2.11.1. A SOLO taxonómia alkalmazásának előnyei

A modern pedagógiai gyakorlatban egyre nagyobb hangsúly helyeződik az egyéni tanulási útvonalak támogatására, amelyben kulcsszerepet játszik a tanulói teljesítés mérésének és a tanulási folyamat adaptív formálásának összekapcsolása. Ebben a kontextusban a SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) taxonómia és az adaptív tanulás szinergiája jelentős lehetőségeket kínál a tanulási eredmények optimalizálására.



10. ábra A SOLO taxonómia modellje  
Forrás: Biggs & Collis, 1982, idézi Pintér, 2015

A SOLO taxonómiát Biggs és Collis (1982) dolgozta ki a tanulási eredmények strukturált értékelésére. A modell az emberi megértés fejlődését több szinten keresztül vizsgálja, kezdve az egyszerű, egy aspektust megragadó megfigyelésektől a komplex és



absztrakt gondolatokig. A taxonómia a tanulási eredmények struktúráját írja le, bemutatva, hogyan fejlődik a tanulók tudása mind összetettségében, mind szervezettségében. Ez a fejlődési folyamat a tanulók teljesítményében válik láthatóvá, különösen az iskolai feladatok során, ahol az egyes szinteken elért eredmények a tudás mélységét és alkalmazhatóságát tükrözik. A taxonómia öt szintet (10. ábra) határoz meg:

Ez a rendszer lehetőséget ad a pedagógusoknak arra, hogy azonosítsák a tanulók fejlődésének jelenlegi szintjét, és ehhez igazítsák az oktatási stratégiákat. Éppen ezért a SOLO taxonómia egyre inkább előtérbe kerül az oktatáskutatásban és a gyakorlatban (Pintér, 2015).

A SOLO taxonómia és az adaptív tanulás együttes alkalmazása lehetőséget nyújt a tanulási folyamatok finomhangolására. A SOLO taxonómia pontosan meghatározza a tanuló aktuális tudásszintjét, amely alapján az adaptív rendszer differenciált feladatokat és tanulási útvonalakat kínálhat.

Például, ha egy tanuló a multistrukturális szinten található, a pedagógus olyan feladatokat tervezhet, amelyek ösztönzik a relációs szint elérését. Ezek a feladatok olyan kérdéseket és problémákat tartalmazhatnak, amelyek segítik a tanulót az összefüggések felismerésében és megértésében (Sass, 2015; Biggs & Collis, 1982).

## **2.12. Adaptív elektronikus tanulási környezetek**

A technológiai innovációk – különösen az adaptív tanulási rendszerek – megjelenése nem elsősorban paradigmaváltást, hanem inkább paradigmák közötti együttélést és újfajta szintézist hoz magával, „a régi is kísérni fogja az újat, integrálódni fog vele...” (Négyesi & Csernai, 2022). Ahogy a hivatkozott idézet is sugallja, az „új” nem elszigetelt vagy kiiktatja a „régit”, hanem abba ágyazódva, azt kiegészítve nyer érvényt. Az adaptív rendszerek ebben a kontextusban mediátorszerepet töltenek be, és képesek lehetnek a pedagógiai hagyományok és a digitális újítások közötti integráció megteremtésére.

Egy tanulástámogató alkalmazás olyan mértékben adaptív, amilyen mértékben igazodni képes a tanulók egyénileg különböző tanulási előfeltételeihez és előrehaladásuk üteméhez a tanulási folyamatban (Komeczi, 2004).

Az adaptív webalapú oktatási rendszerekhez az egyik legkorszerűbb kutatási ötlet az oktatási tartalmak személyre szabása a felhasználók tanulási stílusai alapján (Siadaty & Taghiyareh, 2007).

A matematika iránti érdeklődés felkeltése, a matematikai fogalmak, jelenségek és problémák (esetlegesen azok megoldásának) vizuális megjelenítése (Chandra & Briskey, 2012) elengedhetetlen alapfeltétele az eredményes oktatásnak.

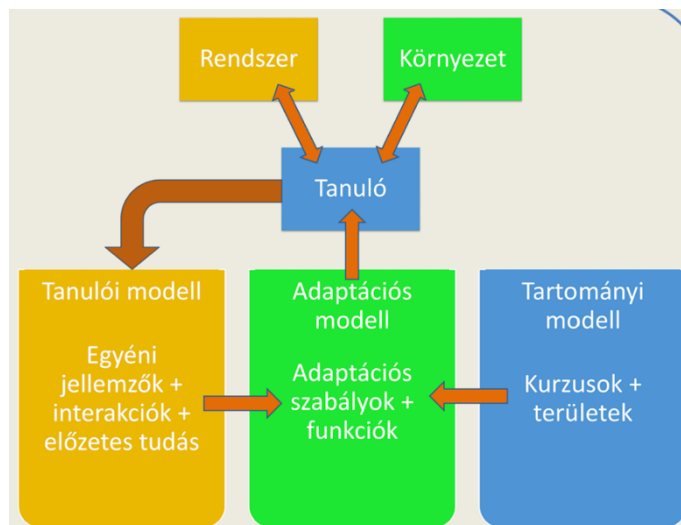
A korszerű oktatásinformatikai módszerek alkalmazásával (Kale & Goh, 2012) megnyílhat a lehetőség a pedagógusok számára, hogy megkedveltessék és élvezetesebbé tegyék a matematikát a diákok számára, ezzel megalapozva a későbbi jobb eredmények elérését.

Egy adott tanulási mód követésének eldöntésében használt tudásbázis a megszerezhető legmagasabb pontszám a tanulási stílusok minden egyes csoportjában (Surjono, 2011).

Egy korábbi felmérésből (Csányi et al., 2015) kiderült, hogy a számelmélet oktatásának középiskolai helyzete rendkívül siralmas. A középiskolai diákok általában még a számelmélet alapjait sem sajátítják el, az elsőéves egyetemisták pedig saját bevallásuk szerint sem emlékeznek a számelméleti alapfogalmakra.

Más preferenciái vannak a különböző kognitív stílusú tanulónak és tanárnak az adaptív e-tanulási környezetben, ezekre a fejlesztés során érdemes fókuszálni, mert elősegíthetik a motiváció fenntartását, a tanulási cél hatékony megvalósítását (Sass, 2015).

Az adaptív elektronikus tanulási környezetek javíthatják az online tanulás hatékonyságát, ezáltal nélkülözhetetlenné válnak a tanítási folyamatban (Madani et al., 2020).



11. ábra Az adaptív e-learning rendszerek komponensei  
Saját forrás

Az oktatási tartalmi modellből, a felhasználói modellből, az adaptációs modellből és az értékelési modellből álló, egymással összefüggő kifejlesztett adaptív rendszer (11. ábra) lehetővé teszi az adaptív weblapú oktatás megvalósítását és a diákok tantárgyi kompetenciafejlesztési szintjének értékelését (Shershneva et al., 2019).

A hagyományos pedagógiai megközelítések egyik fő jellemzője a tanárcentrikusság és az egységesített tanulási ütemezés. Ezzel szemben az adaptív rendszerek a tanuló egyéni

előrehaladására, érdeklődésére, tanulási stílusára, előzetes tudására és motivációs jellemzőire szabott tartalom és tanulási útvonal biztosítására törekszenek. A feszültség tehát abból fakad, hogy a klasszikus iskolarendszer strukturáltsága és időkeretei nem feltétlenül támogatják az adaptivitás elveinek teljes érvényesülését. Ugyanakkor az adaptív rendszerek nem a hagyományos oktatás kiiktatására törekszenek, hanem annak kiegészítésére, differenciálására és hatékonyságnövelésére.

Az általam fejlesztett adaptív tanulási környezet kialakításánál is alapvető szempont volt, hogy a rendszer ne „leváltsa” a tanári jelenlétet vagy a bevált pedagógiai rutinokat, hanem olyan személyre szabott támogatást nyújtson, amely a tanári munka eredményességét és a tanulói aktivitást is képes erősíteni. A rendszer így nem önálló oktatási alternatívaként, hanem hibrid pedagógiai modell részeként értelmezhető – ahol a tanár és a technológia egymást kiegészítő szerepben jelenik meg.

A gyakorlati integráció egyik kulcsa a támogató tanári szerep újra értelmezése. A tanár nem szorul ki az oktatási folyamatból, hanem facilitátor, mentor és értelmező szerepbe lép, aki a digitális rendszer által szolgáltatott adatokat – például a tanulói előrehaladásról, nehézségi pontokról, válaszütemről – beépíti a saját pedagógiai döntéseibe. Az adaptív rendszerek tehát nem csökkentik, hanem növelik a tanári autonómiát, ugyanakkor újfajta szakmai kompetenciákat tesznek szükségessé (pl. digitális pedagógiai tervezés, adatértelmezés, személyre szabott visszajelzések).

Az adaptív rendszerek gyakorlati alkalmazásának sikeressége jelentős mértékben függ attól, hogy a bevezetés során mennyire történik meg a tanárok bevonása és módszertani támogatása. A nemzetközi szakirodalom is hangsúlyozza, hogy az adaptív rendszerek akkor működnek eredményesen, ha nem „dobozos megoldásként” kerülnek az oktatásba, hanem beágyazódnak a meglévő pedagógiai folyamatokba, és a tanári reflektivitás részévé válnak. Ez a kettős struktúra – tanári szándék + rendszerintelligencia – képes kezelni a hagyomány és innováció közötti feszültséget.

Egy további fontos szempont, hogy az adaptív rendszerek a konstruktivista pedagógia irányelveihez is jól illeszkednek, ahol a tanulás nem a tudás passzív befogadását, hanem annak aktív építését jelenti. Ebben a keretben a tanuló önállóan, saját tempójában és érdeklődési fókuszai szerint haladhat előre – de csak akkor, ha a rendszer és a tanár megfelelően illeszkedik a tanulási folyamat dinamikájához.

Végezetül kiemelendő, hogy az adaptív rendszerek és a hagyományos pedagógia közötti integráció nem csupán technológiai, hanem kulturális és szervezeti kérdés is. Ennek sikeressége azon múlik, hogy az iskolai közösségek – tanárok, diákok, vezetők – milyen

mértékben képesek elmozdulni egy nyitottabb, reflektív és kísérletező tanulási kultúra felé. Ha ez a feltétel teljesül, az adaptív rendszerek valóban képesek lehetnek arra, hogy ne éles törést, hanem folyamatos átmenetet képezzenek a pedagógia „rég” és „új” formái között.

Összességében úgy látom, hogy az adaptív rendszerek valódi értéke nem a „rég” pedagógia elvetésében, hanem annak újra fogalmazásában és kibővítésében rejlik. A hagyományos és digitális elemek egyensúlyának kialakítása nem csupán technológiai, hanem mélyen pedagógiai kérdés, amely folyamatos reflexiót és kísérletezést igényel – az adaptív technológiák pedig éppen ezt a pedagógiai rugalmasságot tudják támogatni.

### **2.12.1. Konceptualizálás**

Digitális transzformáció (Racsko, 2017) alatt azt a folyamatot értjük, amely során az IKT-műveltség kiteljesedése valósul meg a humán teljesítménytámogató technológia eszközrendszerének alkalmazásával az információs társadalom technológiáinak (IKT-eszközök) elterjesztése és integrálása révén. Ennek során kiemelt szerepet kapnak az eszközök és azok virtuális környezetei (applikációk, internet), illetve azok a készségek és kompetenciák, amelyek által ezeknek az elemeknek a magabiztos, kritikus és problémacentrikus alkalmazása valósul meg a tanulás-tanítás céljából, a tartalomhoz való kötöttség nélkül, a megfelelő oktatási célokhoz kapcsolódó új tanulási környezetek kialakításával.

Általánosan az adaptív szó azt jelenti, hogy a változóra reagálva megváltozik. Az adaptivitás mindenütt körülöttünk van, a prediktív szövegű okostelefonoktól a hőfokszabályozókig, amelyek otthon vagy távollétünkben szabályozzák a hőmérsékletet. Az oktatás összefüggésében az a változó, amely ezt a választ vezérli, a hallgató, és az alkalmazandó elem az utasítás (Négyesi, 2021).

Az adaptivitás a pedagógiában is alkalmazkodást jelent. Lényege, hogy mivel minden egyes diák eltérő adottságokkal, előismeretekkel, képességekkel és készségekkel rendelkezik, eredményes fejlődésük, előrehaladásuk az egyénhez illeszkedő módszerekkel – vagyis a tanulóhoz való alkalmazkodással – valósítható meg. Ez a felismerés és az ehhez kapcsolódó gyakorlat közel 100 éve jelen van a magyar pedagógiában, felhasználása azonban mégsem vált általánossá. A huszadik század második felének radikális társadalmi és gazdasági változásai azonban azt eredményezték, hogy fölértékelődött az oktatás hatékonyságának, azon belül pedig az egyénre szabott fejlesztésnek a kérdése. Ez utóbbi egyik eredményes formája az alkalmazkodó, adaptív pedagógia és a hozzá kapcsolódó adaptív tanulásszervezés, amelyet például Hollandiában évek óta sikeresen alkalmaznak a tanulók korai iskolai leszakadásának megelőzésére (Négyesi, 2021).

Az adaptív tartalom jellemzően a hallgató válaszához kötődik. Ha egy hallgató helytelenül válaszol egy kérdésre, az adaptív tartalom elmagyarázza a hallgatónak, miért nem megfelelő a válasza. Néha válaszuk a készségterületen gyakori tévhithez is társulhat, és a mesterséges intelligencia tisztázni tudja a hibát. Ez a fajta adaptivitás leggyakrabban a matematikai oktatásban található meg (Négyesi, 2021).

Az adaptív értékelés az adaptivitás egyik leggyakoribb formája az osztályteremben. Az értékelések adaptívak, ha a kérdések megváltoznak a hallgató által az előző tételekre adott válaszok alapján. Ha egy diák helyesen válaszol egy kérdésre, a következő kérdés ugyanazon a szinten lesz, vagy nagyobb kihívást jelent. Amikor egy hallgató helytelenül válaszol, a következő kérdés ugyanazon a szinten lesz, vagy kevésbé jelent kihívást. Az értékelés mindaddig folytatódik, amíg vagy az összes normát el nem érték, vagy a rendszer megtanulja a hallgató gyengeségét – ezáltal befolyásolja az oktatást (Négyesi, 2021).

Az adaptív sorrend a legkifinomultabb az adaptív lehetőségek közül. Adaptív sorrenddel a tanuló tanulási útja folyamatosan igazodik a hallgató minden egyes kattintásához. A tanuló válaszainak pontossága és a tanuló számára egy kérdéshez vagy tevékenységhez szükséges segítség nagysága egyaránt meghatározó lesz annak eldöntésében, hogy a továbbiakban milyen kérdést vagy tevékenységet kapjon. Az adaptív szekvencia valóban egyedi és személyre szabott tanulási környezetet hoz létre a hallgatók számára (Négyesi, 2021).

Számtalan iskolapedagógiai írás értelmezi, használja az adaptivitás fogalmát (Nádasi, 2012; Lénárd & Rapos, 2008; Golnhofer, 1999). Az adaptivitás szakkifejezés a pedagógiai szakirodalomban körülbelül 20 éve jelent meg.

A kultúrakutatás terén az adaptációs folyamat a kulturális tanulást jelenti. Az általunk elfogadott, a neveléstudományokban használt definíció (Nádasi, 2012) szerint az adaptivitás az a gyakorlat, amely szubjektív központú, és olyan pedagógiai munka megjelenését igényli, amelyben az egyes tanulók optimális fejlesztése az egyéni sajátosságokra tekintettel levő differenciálást és az egyéni sajátosságokra tekintettel levő egységességet egyaránt jelenti. Általánosságban az adaptációs képesség az eltérő iránti érdeklődés, ahhoz történő közeledés.

Olyan rugalmas pedagógiai tevékenységrendszerrel van tehát szó, amely törekszik arra, hogy egyszerre vegye figyelembe az oktatási rendszer valamennyi szereplőjének az igényeit.

Az adaptivitás és differenciálás fogalmakat gyakorta szinonimaként használják, hiszen nagyon hasonló módszerek, eszközök és tanulásszervezési technikák kapcsolódnak hozzájuk. A két fogalom értelmezésének a gyökereiben azonban konkrétan megfogható

eltérés definiálható. Az adaptivitás és a köré épülő tanulásszervezési eljárások ugyanis elsősorban a megelőző szemléletet valló pedagógiákat jellemzik, míg a differenciálás gyakoribb a deficiteket, hiányosságokat kereső és azok javítását előtérbe helyező, a felzárkóztatásra kiemelt figyelmet fordító, kompenzatorikus pedagógiákban. Kiemelendő az az eltérés is, hogy az adaptivitás nem módszerek összessége, hanem egy tudatosan felépített pedagógiai folyamat, amelyet nagymértékben segít a változatos módszerek alkalmazása, de ez önmagában nem elégséges. Vagyis az a differenciált tanulásszervezés tekinthető adaptívnek, amely a diákok egyéni szükségleteire tudatosan épít (Négyesi, 2021).

A személyre szabott tanulás feltételeinek megteremtése napjaink pedagógiai szemléletében és a tanulók differenciált megközelítésének gyakorlatában fokozott hangsúlyt kap. Az utóbbi gyakorlat megvalósításához kapcsolódó eszközök biztosítják az adaptív tanulási környezetet. Az adaptivitás öt szintjét (Négyesi, 2021; Glaser, 1977) különböztetjük meg a képesség és érdeklődés szerinti bontástól a felzárkóztatáson és az eltérő tartalmú tananyagok, módszertan alkalmazásán keresztül a tanulási követelmények differenciálásáig. Az adaptivitás feltétele egyrészt a tanári autonómia, a megfelelő programok, módszertan és taneszközök megléte (Négyesi, 2021; Báthory, 1992). Másrészt a tanuló oldaláról a motiváltság megteremtése, amit a tanuló odatartozás-érzése, a kompetencia és az autonómia érzetének kialakítása segíthet elő.

Az adaptív e-learningben az adaptáció fogalma arra utal, hogy a platform képes dinamikusan reagálni a tanulók teljesítményére, és a tanulási élményt a válasz alapján módosítani. Ha egy tanuló bizonyítja, hogy jól ért egy adott fogalmat, a platform át tudja irányítani őt a komplexebb anyaghoz. Ezzel szemben, ha egy diák nehézségekkel találkozik, a platform további tartalmakat vagy alternatív tanulási módszereket kínálhat (Négyesi et al., 2023).

Számos áttekintő tanulmány alapján az adaptív e-tanulási környezet tehát mind a tanuló, mind a tanár hagyományos szerepének változásával jár. A tanuló oldaláról a tanulószerep fontos jellemzői a tanulási önállóság, a rugalmas, produktív feladat- és problémamegoldó képesség, a nagyobb önirányította aktivitás (Négyesi et al., 2023). A tanár speciális módszerekkel, IKT-felkészültséggel változatos tevékenységeket felkínáló partneri, tanulást ösztönző, támogató, az eredményekre reflektáló, tanácsadó szerepet kap a személyre orientált, önirányító tanulás segítőjeként (Komenczi, 2004).

Az új típusú tanulási környezet kialakításának és képzésben való alkalmazásának rendkívül nagy szerepe lesz a jövőben, egyrészt az élethosszig tartó kompetenciák fejlesztése

terén, másrészt az adatokon alapuló tanulás szervezésében, valamint a tanulók egyéni tanulási útjainak kialakításában és az ez alapján történő differenciálásban.

Az ehhez szükséges technológiai feltételeket biztosító rendszerek folyamatosan fejlődnek, azonban a hatékony alkalmazáshoz szükséges lesz a szakmai tartalmak kidolgozása, a használathoz szükséges kompetenciák fejlesztése, valamint a módszertani megújulás. Az általunk bemutatott kutatások nagyban hozzájárulhatnak a jövő sikeres munkavállalóinak neveléséhez (Négyesi et al., 2023).

### **2.12.2. Személyre szabott tanulás és adaptív e-learning**

A digitális technológiák töretlen fejlődése és az oktatás informatizációja olyan új lehetőségeket teremtett, amelyek alapvetően formálják a tanulás és tanítás folyamatait. Az adaptív elektronikus tanulási környezetek kulcsszerepet játszanak a személyre szabott tanulási tapasztalatok megvalósításában. Ezek a rendszerek képesek a tanulók egyéni igényeihez és képességeihez igazítani a tartalmat, valamint a tanulási stratégiákat, így hatékonyabbá és élményszerűbbé téve az oktatást (Négyesi et al., 2023; Négyesi 2021).

A személyre szabott tanulás olyan pedagógiai megközelítést jelent, amely figyelembe veszi a tanuló egyéni képességeit, érdeklődési köreit és tanulási preferenciáit (Sass, 2015). Ez a megközelítés a tanulói autonómia és önirányított tanulás erősítésére összpontosít, lehetővé téve a tanulók számára, hogy saját tempójukban és preferált módszereik szerint haladjanak. A személyre szabott tanulás nem csupán a tananyagra, hanem a tanulási környezetre és az alkalmazott pedagógiai módszerekre is kiterjed. Például a differenciált feladatok és a tanulói előrehaladást nyomon követő eszközök segítik a pedagógusokat abban, hogy hatékonyabban támogassák a tanulók egyéni fejlődését. Ez a folyamat hozzájárul a motiváció növeléséhez, a tanulási eredmények javításához és a tanulók sikerélményének fokozásához (Molnár és mtsai, 2019).

Az adaptív elektronikus tanulási rendszerek az informatika és a mesterséges intelligencia (MI) eszközeit alkalmazzák a tanulói aktivitások és eredmények folyamatos elemzésére. Ezek a rendszerek algoritmusokat használnak a tanuló teljesítésének nyomon követésére, képesek optimális tananyagot és tanulási módszereket javasolni, valamint valós idejű visszacsatolást biztosítanak (Négyesi, 2020). Az adaptív tanulási rendszerek kulcselemei közé tartoznak a profilalkotás, amely a tanulók egyéni igényeinek, tudásszintjének és céljainak feltérképezését szolgálja; a tananyag testreszabása, amely a tananyagot és feladatokat a tanulók képességeihez és előzetes tudásához igazítja; valamint a valós idejű visszacsatolás, amely azonnali információt szolgáltat a tanuló teljesítéséről, lehetővé téve a tanulási folyamat finomhangolását (Négyesi et al., 2023).

Az adaptív elektronikus tanulási környezetek egyedi előnye, hogy az egyéni igényekhez igazított tanulási folyamatok létrehozását segítik elő, így hatékonyabbá válik a tudás elsajátítása. A tanulók általános képességeinek fejlesztésén túl a rendszer lehetőséget biztosít a tanulási élmény javítására és az egyéni sikerek növelésére (Molnár és mtsai, 2019). A technológia elősegíti az élethosszig tartó tanulást, és hozzájárul a tanulói autonómia megerősítéséhez. Noha az adaptív tanulási környezetek hatékonysága már bizonyított, számos kihívás akadályt jelenthet a technológia széleskörű elterjedésében. Ide tartozik az adatok védelme, a rendszerek fejlesztésének költségessége, valamint az oktatási tartalmak minőségi és kulturális illeszkedése (Jámbor, 2020). A jövőben a mesterséges intelligencia és a nagy adathalmazok elemzése tovább növelheti az adaptív rendszerek pontosságát és relevanciáját, hozzájárulva az oktatás digitalizációjának új dimenzióinak felfedezéséhez (Négyesi et al., 2023).

Az adaptív elektronikus tanulási környezetek és a személyre szabott tanulás szoros kapcsolata áttörést jelent az oktatás modernizációjában. A technológia lehetőséget biztosít a tanulási folyamatok optimalizálására, miközben szem előtt tartja a tanulók egyéni igényeit és céljait. Az adaptív rendszerek fejlesztése és alkalmazása alapvető feltétele annak, hogy az oktatás hatékonyan alkalmazkodjon a XXI. század kihívásaihoz.

### **2.12.3. Élethosszig tartó tanulás és adaptív e-learning**

Az élethosszig tartó tanulás egyre nagyobb jelentőséggel bír a gyorsan változó társadalmi és gazdasági környezetben (Gögh & Kővári, 2021). Az embereknek folyamatosan alkalmazkodniuk kell az új technológiai, munkaerőpiaci és kulturális kihívásokhoz, amelyek megkövetelik a tanulás formáinak és tartalmának rugalmasságát és személyre szabását. Az élethosszig tartó tanulás (lifelong learning) célja, hogy a tanulási tevékenységek az egyén életének minden szakaszában elérhetők legyenek, elősegítve a tudás és képességek folyamatos bővítését. Az adaptív tanulási rendszerek különösen fontos szerepet játszhatnak az élethosszig tartó tanulás támogatásában, mivel lehetővé teszik a tanulók számára, hogy egyéni tanulási útvonalakat kövessenek a folyamatos fejlődés érdekében.

Az élethosszig tartó tanulás fogalma túlmutat a hagyományos, iskolai keretek között zajló oktatáson, és magában foglalja mind a formális, mind a nem formális és informális tanulási formákat. Az UNESCO (2022) meghatározása szerint az élethosszig tartó tanulás célja, hogy minden korosztály számára elérhetővé tegye az oktatást, ezáltal biztosítva a tudás, készségek és kompetenciák folyamatos fejlesztését. Az ilyen tanulás nemcsak az egyéni fejlődést támogatja, hanem hozzájárul a társadalmi kohézióhoz, a gazdasági



fejlődéshez és a politikai stabilitáshoz is (Merriam & Kee, 2014; Schultheiss & Backes-Gellner, 2023).

Az élethosszig tartó tanulás jelentőségét tovább növeli a munkaerőpiaci igények folyamatos változása. Az automatizáció és a technológiai fejlődés következtében új típusú munkakörök alakulnak ki, amelyek rugalmasságot, kreativitást és önálló problémamegoldó képességet igényelnek (Chiappe et al., 2020). Az OECD (2009) rámutatott, hogy a hagyományos, életkorra és karrierfázisokra bontott tanulási modell elavult, és helyette a tanulásnak az egyéni életciklus szerves részévé kell válnia. Ez a megközelítés különösen fontos az olyan hibrid munkakörök megjelenésekor, amelyek a technológiai ismeretek és az interperszonális készségek együttes alkalmazását igénylik.

Az adaptív tanulási rendszerek képesek támogatni az élethosszig tartó tanulást azáltal, hogy a tanulók egyedi igényeihez és céljaihoz igazított tartalmakat biztosítanak. Az ilyen rendszerek alkalmazása nemcsak a tanulási tapasztalatok hatékonyságát növelik, hanem elősegítik az önálló tanulás készségeinek kialakulását is (Nguyen & Nguyen, 2023). Az adaptív rendszerek az élethosszig tartó tanulás különböző területein alkalmazhatók, beleértve a formális oktatási környezetet, a munkahelyi képzéseket és az informális tanulási lehetőségeket.

A formális oktatásban az adaptív tanulási rendszerek különösen a felsőoktatásban nyújtanak jelentős előnyöket. Például a tanulási folyamat során összegyűjtött adatok segítségével a rendszerek azonosíthatják a tanulók hiányosságait, és célzottan olyan tananyagot kínálhatnak, amely ezeket a hiányokat orvosolja (Valenzuela et al., 2019). Ez a megközelítés különösen hasznos a tanulók számára, mivel lehetővé teszi számukra, hogy saját tempójukban haladjanak.

A munkahelyi környezetben az adaptív tanulási rendszerek elősegítik az alkalmazottak folyamatos szakmai fejlődését. Az ALS alapú megoldások segítségével a munkaadók testre szabott képzési programokat alakíthatnak ki, amelyek megfelelnek a vállalati céloknak és az egyéni dolgozói igényeknek (Bekmanova et al., 2021). Ezáltal az ALS rendszerek hozzájárulnak a munkavállalók versenyképességének fenntartásához és a munkaerőpiaci rugalmasság növeléséhez.

Az informális tanulási környezetekben az ALS rendszerek lehetőséget kínálnak arra, hogy az egyének a saját érdeklődési körüknek megfelelő tartalmakat érjenek el, legyen szó akár nyelvtanulásról, akár személyes fejlődési célokról. Az ilyen rendszerek lehetővé teszik az egyének számára, hogy a saját céljaikhoz és szükségleteikhez igazított tanulási

útvonalakat kövessenek, miközben folyamatos támogatást kapnak (Eynon & Malmberg, 2021).

Az élethosszig tartó tanulás az adaptív tanulási rendszerek révén új távlatokat nyithat a tanulás személyre szabása terén. Ezek a rendszerek nemcsak a tanulási folyamat hatékonyságát javítják, hanem elősegítik az egyének alkalmazkodóképességét és a folyamatos fejlődés iránti elköteleződését is. Az adaptív tanulási rendszerek integrációja minden tanulási kontextusban – legyen az formális, munkahelyi vagy informális – kulcsszerepet játszhat az oktatás modernizálásában és az élethosszig tartó tanulás népszerűsítésében.

#### **2.12.4. Motiválás, aktivizálás és megerősítés**

Az adaptív e-learning környezetekben a tanulók motiválása, aktivizálása és megerősítése az oktatási folyamat kulcsfontosságú elemei, amelyek alapvetően befolyásolják a tanulás eredményességét és hatékonyságát. Az adaptív rendszerek sajátossága, hogy valós időben képesek alkalmazkodni a tanulók egyéni igényeihez, képességeihez és tanulási stílusához. Ez a dinamika lehetővé teszi, hogy a tanulási folyamat minden szakaszában kiemelt figyelmet kapjanak azok az eszközök és módszerek, amelyek a tanulók elköteleződését és fejlődését segítik (Clark & Mayer, 2016).

A motiváció az egyik legfontosabb tényező az e-learning környezetekben, hiszen az önálló tanulás során a tanulók aktív részvételét és kitartását nagyban meghatározza, hogy mennyire érzik relevánsnak és értékesnek a tananyagot. Az adaptív rendszerek egyedülálló képessége, hogy személyre szabott tanulási élményt nyújtanak, jelentősen hozzájárul a tanulók motivációjának fenntartásához (Clark & Mayer, 2016).

Az adaptív rendszerek az érdeklődés és a célorientált tanulás támogatásával növelik a tanulók elköteleződését. A személyre szabott tananyag, amely figyelembe veszi a tanulók előzetes tudását, aktuális szintjét és érdeklődési körét, relevánsabbá és élvezetesebbé teszi a tanulási folyamatot. Például egy történelmi tananyag bemutatása során az adaptív rendszer olyan példákat hozhat, amelyek a tanuló személyes érdeklődési köréhez – például a hadtörténelemhez vagy kulturális jelenségekhez – kapcsolódnak (Deterding et al., 2011).

A motivációt tovább erősíti a gamifikáció, amely játékos elemek – például pontok, jelvények, rangsorok és szintek – beépítésével ösztönzi a tanulókat. Ezek az eszközök a versenyszellem és az eredmények elismerése révén növelik a tanulók részvételi hajlandóságát, miközben mérhető és látható célokat állítanak eléjük (Hattie & Timperley, 2007). Az adaptív rendszerek ezen kívül vizuális előrehaladási mutatókat is alkalmaznak,

amelyek segítenek a tanulóknak átlátni saját fejlődésüket, és fenntartják az elköteleződésüket.

Az aktivizálás az adaptív rendszerek másik kiemelkedő területe, amely során a tanulók aktív részvételét ösztönzik a tanulási tevékenységekben. Az interaktív feladatok és gyakorlatok jelentős szerepet játszanak abban, hogy a tanulók ne passzív befogadóként, hanem aktív résztvevőként vegyenek részt a tanulási folyamatban. Az adaptív rendszerek például dinamikus kvízeket, szimulációkat és esettanulmányokat kínálnak, amelyek nemcsak a tananyag megértését mélyítik el, hanem a tanulók kreatív és kritikai gondolkodását is fejlesztik (Keller, 2010).

A valós idejű visszajelzés szintén kulcsfontosságú az aktivizálás szempontjából. Az adaptív rendszerek azonnal reagálnak a tanulók válaszára, kiemelve a helyes megoldásokat, és részletes magyarázatokat adnak a hibákra. Ez nemcsak a tanulók fejlődését segíti elő, hanem aktív gondolkodásra ösztönzi őket, miközben azonnali iránymutatást nyújt a további tanulási lépésekhez (Hattie & Timperley, 2007).

Egyéni tanulási utak kialakításával az adaptív rendszerek lehetőséget teremtenek arra, hogy a tanulók saját tempójukban haladjanak. Az interaktív tartalmak és a valós problémákra épülő tananyagok feldolgozása során a tanulók nemcsak passzívan fogadják be az információkat, hanem aktív résztvevőivé válnak a tanulási folyamatnak (Romero & Ventura, 2020). Az ilyen környezetek gyakran támogatják a kooperatív tanulást is, amely során a tanulók csoportos feladatokon keresztül működhetnek együtt, például online fórumokon vagy közös projekteken.

A megerősítés a tanulási folyamat szerves része, amely során a tanulók teljesítményének elismerése és támogatása történik. Az adaptív rendszerek különösen hatékonyak a megerősítés valós idejű és személyre szabott formáiban. Az azonnali visszacsatolás a helyes válaszokra vagy az elért eredményekre pozitív érzelmet vált ki, és önbizalmat ad a tanulóknak, miközben megerősíti az általuk alkalmazott stratégiák helyességét (Keller, 2010).

A digitális jutalmazási rendszerek, például a pontok, jelvények és tanúsítványok szintén fontos szerepet játszanak a megerősítésben. Az ilyen eszközök mérhetővé és láthatóvá teszik a tanulók előrehaladását, miközben motiváló tényezőként is működnek (Deterding et al., 2011). Ezenkívül az adaptív rendszerek vizualizálják a tanulók fejlődését, például grafikonok vagy teljesítményjelentések formájában, amelyek objektív módon mutatják be az elért eredményeket.

A megerősítés személyes dimenzióját erősíthetik az oktatók által küldött egyéni üzenetek is, amelyek elismerik a tanulók erőfeszítéseit és fejlődését. Ez a személyes figyelem különösen fontos az online környezetben, ahol a tanulók gyakran elszigeteltnek érezhetik magukat.

Az adaptív rendszerek legnagyobb előnye, hogy a motiválás, aktivizálás és megerősítés folyamatát szorosan összekapcsolják, és integrált módon alkalmazzák. Például egy tanulási modul, amely játékos elemeket, interaktív feladatokat és személyre szabott visszajelzést kínál, egyszerre növeli a tanulók motivációját, aktivizálja őket a tanulási tevékenységekben, és folyamatos megerősítést nyújt számukra. Ez az integrált megközelítés nemcsak a tanulási élményt teszi gazdagabbá, hanem hosszú távon is fenntartja a tanulók elköteleződését és eredményességét (Clark & Mayer, 2016).

Az adaptív e-learning környezetekben a motiválás, aktivizálás és megerősítés szervesen kapcsolódik egymáshoz, és együtt járul hozzá a tanulók tanulási élményének és eredményességének javításához. Az ilyen rendszerek képesek a tanulási folyamatot személyre szabottá, interaktívvá és motiválóvá tenni, miközben folyamatos támogatást nyújtanak a tanulók fejlődéséhez. Ez a megközelítés különösen fontos az online tanulási környezetekben, ahol az adaptivitás és a személyre szabott támogatás kulcsfontosságú a sikeres tanulási élmény biztosításához.

#### **2.12.5. Hazai vonatkozás**

Az adaptív e-learning rendszerek Magyarországon még viszonylag újdonságnak számítanak, de az oktatási szektor és a vállalati szféra egyaránt felismerte az ebben rejlő lehetőségeket. Bár Magyarországon az adaptív rendszerek elterjedtsége még nem éri el a nemzetközi élvonal szintjét, számos kezdeményezés és fejlesztés indult el az elmúlt években, amely a technológia hazai bevezetését és integrációját célozza.

A magyar felsőoktatásban az adaptív rendszerek leginkább tanulási menedzsment rendszerek (Learning Management Systems, LMS) formájában jelennek meg, például a Moodle, Canvas vagy egyes intézményi fejlesztésű platformok használatával. Ezek a rendszerek gyakran tartalmazznak alapvető adaptív funkciókat, mint például a tananyag személyre szabása, a haladási ütem követése és az interaktív feladatok kínálata (Molnár, 2013). Az olyan egyetemek, mint az ELTE, a Debreceni Egyetem vagy a Pécsi Tudományegyetem, már bevezettek olyan kurzusokat, amelyek részben adaptív elemekkel működnek. Ezek a rendszerek azonban még nem minden esetben rendelkeznek teljes adaptivitással, hiszen a tanulói adatok mélyebb elemzése és az ebből származó személyre szabott ajánlások nem minden kurzuson érhetők el (Négyesi, 2023a).

A felsőoktatásban az adaptív rendszerek alkalmazásának egyik fő akadálya a technológiai infrastruktúra és az emberi erőforrások hiánya. Az oktatók gyakran nincsenek megfelelően felkészítve arra, hogy hatékonyan alkalmazzák ezeket a rendszereket, és az intézmények sem mindig rendelkeznek elegendő forrással a komplex technológiai háttér kiépítéséhez (Kővári, 2022). Ugyanakkor a digitális oktatás felgyorsulása – különösen a 2020–2021-es távoktatási időszak alatt – elősegítette, hogy az adaptív rendszerek iránti igény növekedjen, és egyre több intézmény kezdje meg ezek bevezetését (Négyesi, 2021).

A közoktatás területén az adaptív rendszerek alkalmazása még kezdeti szakaszban van Magyarországon. Az Oktatási Hivatal által támogatott digitális platformok, például a KRÉTA Digitális Kollaborációs Tér, elsősorban a tanulói adatok gyűjtésére és a tananyagok megosztására összpontosítanak, és kevésbé a tanulási élmény személyre szabására. A digitális oktatási stratégiák keretében azonban egyre nagyobb figyelmet fordítanak az adaptív megoldások bevezetésére, különösen a tanulók teljesítményének nyomon követésében és az egyéni tanulási útvonalak kialakításában (Falus & Szűcs, 2022).

A közoktatásban az adaptív rendszerek alkalmazásának egyik legnagyobb kihívása a digitális eszközökhöz való hozzáférés egyenlőtlensége. A vidéki iskolák és hátrányos helyzetű régiók gyakran nem rendelkeznek megfelelő technológiai infrastruktúrával, ami gátolja az ilyen rendszerek széles körű elterjedését. Emellett a tanárok technológiai ismereteinek hiányosságai és az adaptív oktatási eszközökhöz kapcsolódó képzések alacsony száma is akadályozza az adaptív megközelítések bevezetését (Négyesi, 2021).

A vállalati képzések terén az adaptív e-learning rendszerek már jóval elterjedtebbek és fejlettebbek, mint az oktatási intézményekben. Magyarországon számos vállalat használ olyan nemzetközi platformokat, mint a Coursera, LinkedIn Learning vagy a magyar fejlesztésű Webuni, amelyek egyes kurzusok esetében adaptív technológiákat alkalmaznak. Ezek a rendszerek különösen a továbbképzések és a specifikus készségfejlesztések terén népszerűek, mivel lehetővé teszik a résztvevők egyéni igényeihez igazított tanulási útvonalak kialakítását (Négyesi, 2023a).

Az adaptív e-learning rendszerek elterjedését Magyarországon több tényező akadályozza, de ezek egyúttal fejlődési lehetőségeket is kínálnak:

- 1) Technológiai infrastruktúra: Az adaptív rendszerek működéséhez stabil internetkapcsolatra, megfelelő hardverekre és szoftverekre van szükség, amelyek nem minden oktatási intézményben állnak rendelkezésre. Az infrastruktúra fejlesztése alapvető lépés a szélesebb körű alkalmazás érdekében.

- 2) Pedagógiai szakértelem: Az adaptív rendszerek bevezetése megköveteli a pedagógusok technológiai és módszertani ismereteinek bővítését. Ehhez széles körű továbbképzési programokra van szükség, amelyek nemcsak a rendszerek működését ismertetik meg, hanem azok pedagógiai alkalmazását is.
- 3) Adatvédelem: Az adaptív rendszerek jelentős mennyiségű adatot gyűjtenek a tanulók teljesítményéről és viselkedéséről, ami adatvédelmi kihívásokat vet fel. Az adatvédelem biztosítása érdekében szigorú szabályozásokra és átlátható adatkezelési gyakorlatokra van szükség.
- 4) Finanszírozás: Az adaptív rendszerek fejlesztése és implementálása jelentős anyagi ráfordítást igényel. Az állami és magánszféra együttműködése kulcsfontosságú lehet e területen.

Az adaptív e-learning rendszerek Magyarországon jelentős fejlődési potenciállal rendelkeznek. Az állami támogatások, a nemzetközi együttműködések és a vállalati szféra tapasztalatainak integrációja révén ezek a rendszerek alapvetően formálhatják az oktatás jövőjét. Az adaptív megközelítések különösen a személyre szabott tanulási élmények és a tanulói teljesítmény javítása terén hozhatnak áttörést (Négyesi, 2023a).

A technológia fejlődése mellett a pedagógiai innováció és a tanárok kompetenciáinak fejlesztése is elengedhetetlen ahhoz, hogy az adaptív e-learning rendszerek széles körben elterjedjenek és hosszú távon is fenntartható megoldást nyújtsanak a hazai oktatás kihívásaira. Ezek az eszközök nemcsak az oktatás modernizációját támogatják, hanem hozzájárulnak a tanulási folyamatok hatékonyságának növeléséhez és az egyéni tanulói igények kielégítéséhez.

#### **2.12.6. Nemzetközi tapasztalatok**

Az adaptív e-learning rendszerek világszerte egyre nagyobb teret hódítanak, mivel képesek személyre szabott tanulási élményt nyújtani a tanulók egyéni igényei és képességei alapján. Ezek a rendszerek mesterséges intelligencia és gépi tanulási algoritmusok alkalmazásával elemzik a tanulók teljesítményét, és ennek megfelelően módosítják a tananyag nehézségi szintjét és típusát, hogy optimális tanulási környezetet biztosítsanak.

Az Egyesült Államokban az adaptív e-learning rendszerek bevezetése jelentős fejlődést hozott az oktatás területén. Az Arizona State University például a Knewton nevű adaptív platformot használja, amely lehetővé teszi, hogy a tanulók egyéni tanulási útvonalakat kövessenek, miközben a rendszer folyamatosan elemzi a tanulók teljesítményét, és ennek megfelelően alakítja a tananyagot. Az eredmények azt mutatják, hogy a rendszer

használatával nőtt a tanulási eredmények hatékonysága és csökkent a kurzusok lemorzsolódási aránya (Getting Smart Staff, 2012).

A Pearson oktatási vállalat szintén adaptív technológiákat integrált tankönyveibe és digitális tananyagaiba. A MyLab és Mastering platformok interaktív tanulási lehetőségeket kínálnak, amelyek alkalmazkodnak a tanulói teljesítményhez, és egyedi visszacsatolást biztosítanak. Ezek a rendszerek hozzájárulnak a tananyag alaposabb megértéséhez, miközben csökkentik az ismétlések szükségességét (Pearson Education, 2021).

Az Egyesült Királyság Open University intézménye az egyik legnagyobb adaptív e-learning rendszert alkalmazó oktatási platform Európában. Az OpenLearn nevű platformot használják, amely a hallgatók számára egyéni tanulási lehetőségeket biztosít, figyelembe véve az előzetes tudást és a tanulási preferenciákat. Az eredmények azt mutatják, hogy a platform használata jelentősen javítja a hallgatók motivációját és tanulási eredményeit (Open University, 2023).

Finnországban a tanári kar és az iskolai rendszerek szoros együttműködésében alkalmazzák az adaptív technológiákat. A Finn Virtuális Egyetem projektje keretében az adaptív rendszerek integrálása hozzájárult a felnőttképzés széleskörű elérhetővé tételéhez. A diákok egyéni tempójukban haladhatnak, miközben azonnali visszacsatolást kapnak, amely növeli a tananyag elsajátításának hatékonyságát (Murtonen et al., 2020).

Szingapúr világszerte ismert az oktatásba integrált technológiai innovációiról. Az oktatási minisztérium közvetlen támogatásával fejlesztették ki az PALAS nevű rendszert, amely a közoktatásban és a szakmai képzésben egyaránt használt. A rendszer prediktív elemzéseket alkalmaz, hogy azonosítsa a tanulási hiányosságokat, és ennek megfelelően igazítja a tananyagot. Az eredmények azt mutatják, hogy a rendszer jelentősen javította a diákok tanulmányi teljesítményét, különösen a matematikai és természettudományos tantárgyak területén (NIE NTU, 2022).

Japánban a Tokushima Egyetem kutatócsoportja vezető szerepet tölt be az adaptív e-learning rendszerek kutatásában és alkalmazásában. Az általuk fejlesztett Adaptive Kanji Learning System rendszer közvetlen tanulási tapasztalatokat biztosít, amely figyelembe veszi a tanuló kognitív állapotát és tanulási stílusát. Ez a rendszer kiemelkedő eredményeket ért el a nyelvtanulás területén, különösen a japán, mint idegen nyelv oktatásában (Li et al., 2010).

Az adaptív e-learning rendszerek nemzetközi tapasztalatai azt mutatják, hogy ezek a technológiák jelentős mértékben hozzájárulnak a tanulási eredmények javításához és a tanulók motivációjának fenntartásához. Az Egyesült Államok, Európa és Ázsia példái azt

bizonyítják, hogy az adaptív rendszerek nemcsak a felsőoktatásban, hanem a közoktatásban és a szakmai képzésekben is eredményesen alkalmazhatók.

#### **2.12.7. Pedagógiai modellek**

Az adaptív e-learning rendszerekben alkalmazott pedagógiai modellek központi szerepet játszanak a tanulási folyamat hatékonyságának és személyre szabhatóságának biztosításában. Ezek a modellek meghatározzák, hogyan reagál a rendszer a tanulók egyéni szükségleteire, hogyan alakítja a tananyagot, és milyen módon értékeli a tanulók teljesítményét (Brusilovsky, 2001). Az alábbiakban részletesen bemutatom az adaptív e-learning rendszerekben leggyakrabban alkalmazott pedagógiai modelleket, kiemelve azok jellemzőit, működését és jelentőségét a tanulási folyamatban.

A behaviorista modell a tanulást az ingerekre adott válaszok sorozataként értelmezi, amelyeket megerősítés és gyakorlás útján lehet fejleszteni. Az adaptív rendszerek, amelyek ezen a modellen alapulnak, a tanulók válaszaikra fókuszálnak, és azokat pozitív vagy negatív visszacsatolásokkal erősítik meg. A modell alapvető célja a tanulók viselkedésének formálása, miközben egyszerű és hatékony módszereket kínál a tanulási eredmények javítására (Skinner, 1954).

A behaviorista alapú adaptív rendszerek gyakran feladatorientált megközelítést alkalmaznak. A tanulóknak konkrét feladatokat kell megoldaniuk, amelyek során azonnali visszajelzést kapnak. Például egy nyelvtanulási alkalmazás helyes válaszokért pontokat adhat, miközben hibás válaszok esetén a tanulónak lehetőséget kínál a helyes megoldás megismerésére és gyakorlására. Az ilyen rendszerek előnye, hogy a tanulási folyamat során folyamatosan fenntartják a tanulók figyelmét és motivációját, miközben a megerősítés révén hatékonyan javítják a tanulási eredményeket (Brusilovsky, 2001).

A kognitív modell a tanulást belső mentális folyamatként értelmezi, amely az információ feldolgozására, tárolására és előhívására épül. Az adaptív rendszerek ezen a modellen alapuló megközelítése a tanulók meglévő tudásának feltérképezésére és a tananyag ennek megfelelő testreszabására fókuszál (Anderson, 1980). A tanulási folyamat során a rendszer figyelembe veszi a tanulók aktuális tudásszintjét, és ennek megfelelően állítja össze a tananyagot, hogy az optimális nehézségi szinten biztosítsa a fejlődést.

Az ilyen rendszerek jellemzően diagnosztikai tesztekkel kezdik a tanulási folyamatot, amelyek célja a tanulók előzetes ismereteinek felmérése. Az eredmények alapján a rendszer személyre szabott tanulási útvonalakat kínál, amelyek figyelembe veszik a tanulók erősségeit és hiányosságait. Például egy adaptív matematikai oktatási rendszer a tanulók hibáinak elemzésével az alapfogalmakra helyezi a hangsúlyt, mielőtt bonyolultabb



témákra térne át. Ez a megközelítés különösen hatékony a tanulók önálló tanulási képességeinek fejlesztésében, mivel lehetőséget ad arra, hogy a tanulók saját tempójukban haladjanak (Brusilovsky, 2001).

A konstruktivista modell szerint a tanulók aktívan építik fel saját tudásukat korábbi tapasztalataik és meglévő ismereteik alapján. Az adaptív e-learning rendszerek ezen a modellen alapuló megközelítései interaktív, problémaorientált tanulási környezeteket kínálnak, amelyek a tanulók aktív részvételére építenek (Vygotsky, 1978; Jonassen, 1991).

Az ilyen rendszerek jellemzően szimulációkat, esettanulmányokat és interaktív feladatokat alkalmaznak, amelyek lehetővé teszik a tanulók számára, hogy valós problémákat oldjanak meg. Egy történelemoktatási platform például olyan szituációkat kínálhat, amelyek során a tanulók virtuális szerepjátékok segítségével rekonstruálhatják történelmi események alakulását. Az ilyen rendszerek előnye, hogy nemcsak a tananyag megértését mélyítik el, hanem fejlesztik a tanulók kritikai gondolkodását, kreativitását és problémamegoldó képességeit (Brusilovsky, 2001).

A konnektivista modell a tanulást hálózati kapcsolatokon keresztül értelmezi, ahol a tudás különböző forrásokból, például online adatbázisokból, közösségi platformokról és szakmai hálózatokból származik (Siemens, 2005). Az adaptív rendszerek ebben a keretben arra összpontosítanak, hogy támogassák a tanulók információkeresési és -feldolgozási képességeit, valamint ösztönözzék a tudásmegosztást.

#### **2.12.8. A pedagógus szerepe**

A pedagógus szerepe az adaptív e-learning rendszerekben egyre nagyobb jelentőséget kap a digitális oktatás fejlődésével. Az adaptív e-learning rendszerek az informatikai technológia olyan eszközei, amelyek a tanulók egyéni igényeihez igazodva kínálnak tananyagot és pedagógiai támogatást. Az ilyen rendszerek összetett algoritmusok segítségével elemzik a tanulók teljesítését, preferenciáit és tanulási szokásait, hogy optimális tanulási útvonalat javasoljanak. Ennek ellenére a pedagógusok szerepe nem válik feleslegessé, éppen ellenkezőleg, új értelmezést kap.

Az adaptív elektronikus tanulási környezetek képesek nagy mennyiségű adatot gyűjteni a tanulókról, mint például a tanulási tempójuk, a hibázási mintáik vagy a kedvelt tananyagtípusaik. Ezen adatok feldolgozása alapján a rendszer valóban testreszabott tanulási élményt nyújthat, de a pedagógus feladata marad ezen adatok értelmezése, az oktatási stratégiák finomhangolása és a személyes kapcsolatok fenntartása. A pedagógiai kompetenciák, mint a motiváció fenntartása, a közösségi tanulás támogatása vagy az érzelmi támogatás nyújtása, olyan tényezők, amelyeket egy algoritmus nem tud teljes mértékben

helyettesíteni. Ez kiemeli annak fontosságát, hogy a pedagógusok képesek legyenek az adaptív rendszerek által nyújtott lehetőségeket maximálisan kiaknázni.

Az adaptív rendszerek alkalmazásával a pedagógus szerepe inkább facilitátorrá alakul, aki irányt mutat és segíti a tanulókat a rendszerek helyes használatában. A tanulók gyakran találkozhatnak technikai akadályokkal vagy olyan tananyagrészekkel, amelyek megértése további magyarázatot igényel. Ebben az esetben a pedagógus közbeavatkozása elengedhetetlen. Emellett a pedagógusok kulcsszerepet játszanak abban is, hogy a tanulás folyamata mindig megfeleljen a tanulók egyéni fejlődési ütemeinek és igényeinek. Az adaptív rendszerek használatával a pedagógus képes arra, hogy a tanulókat nemcsak technikai értelemben vezesse, hanem a tanulási tartalmak közötti összefüggések felismerésében és megértésében is támogassa.

A tanulás értékelésében és az eredmények elemzésében is fontos szerepet játszik, hiszen a rendszerek által generált adatok önmagukban nem mindig szolgáltatnak elegendő kontextust a valós fejlődés megállapításához. A pedagógus felelőssége, hogy az adatok értelmezésével összefüggéseket vegyen észre, amelyek hozzájárulhatnak az egyéni tanulói stratégiák kialakításához.

Az adaptív e-learning rendszerek bevezetése számos etikai és pedagógiai kihívással is jár. Az adatok gyűjtése és felhasználása adatvédelmi aggályokat vet fel, amelyek kezelése a pedagógusok és az oktatási szervezetek felelőssége is. Az adatvédelmi szempontokon túl az is kérdést vet fel, hogy az adaptív rendszerek mennyire tudják figyelembe venni a tanulók egyéni pszichoszociális állapotát vagy környezeti tényezőit. Mindez tovább erősíti a pedagógus szerepét, mint olyan szakemberét, aki az emberi tényezők komplexitását képes figyelembe venni.

Ezen kívül kiemelkedően fontos, hogy a pedagógusok megfelelő képzést kapjanak az adaptív rendszerek használatára vonatkozóan. Az ilyen rendszerek sikeres integrációja megköveteli, hogy a pedagógusok ne csak technikai, hanem pedagógiai és didaktikai szempontból is értően alkalmazzák az eszközöket.

Az adaptív e-learning rendszerek jelentősen átalakítják az oktatási környezeteket, azonban nem helyettesíthetik a pedagógusok értékét és szerepét. A pedagógusok olyan egyedi kompetenciákkal rendelkeznek, amelyek pótolhatatlanok az adaptív rendszerek működésének támogatásában. Az optimális oktatási eredmények érdekében fontos a pedagógus és a technológia közötti egyensúly fenntartása. Csak a pedagógiai és technológiai szempontok integrálásával érhető el a tanulási folyamatok valódi optimalizálása.

### 2.13. Didaktikai design és adaptivitás

Napjainkban kétségtelen tény, hogy az iskolai oktatási folyamat eredményességének egyik alapvető és nélkülözhetetlen feltétele a tanár szakszerű és tudatos felkészülése a folyamat megszervezésére. Egy átfogó és sokoldalú tervezési tevékenység hiányában az oktatás minősége nem lép túl az alkalmosság és esetlegesség szintjén. A tanítási-tanulási folyamat megvalósítására irányuló felkészülés központi eleme a folyamat előzetes megtervezése, amely nélkülözhetetlen a célok hatékony elérése érdekében.

A tervezés fontosságát nem csupán az oktatási folyamat összetettsége indokolja, hanem az előre meghatározott időkeretek szigorúsága, a különböző oktatási szintek sajátosságai, valamint a pedagógiai munkát befolyásoló szubjektív tényezők rendszere is. Mindezekon túlmenően, a tervezési tevékenység alapvető szerepet játszik abban, hogy az oktatási folyamat hatékonysága optimális szintet érjen el. Csak tudatos és alapos tervezéssel biztosítható a folyamat megfelelő szervezettsége és eredményessége, amely hosszú távon a tanulók fejlődését és tanulási eredményeit is jelentősen befolyásolja.



12. ábra A didaktikai design sematikus váza  
Forrás: Komenczi, 2009

A didaktikai design vagy didaktikai tervezés (12. ábra) az oktatási célok, tartalmak, módszerek, tanítási és értékelési eszközök, valamint azok közötti kapcsolatok előzetes megfontolását és rendszerezését jelenti, figyelembe véve a didaktikai tevékenység adott kontextusát. Ez a tervezési folyamat a tényleges didaktikai tevékenységet megelőző időszakban valósul meg, és célja a különböző elemek közötti harmonikus összhang kialakítása.

Központi célja az oktatási folyamat hatékonyságának növelése és a személyiségfejlesztés eredményességének fokozása. Ennek érdekében a tervezés arra

törekszik, hogy minimalizálja az improvizációra, a spontán döntésekre, a rögtönzésre és a véletlenszerűségre épülő oktatási helyzeteket. Továbbá célja, hogy kizárja azokat a pedagógiai eljárásokat, amelyek kétes értékűek, illetve csupán alkalmoszerűen kerülnek alkalmazásra, ezzel biztosítva a tanítási-tanulási folyamat szakmai megalapozottságát és strukturáltságát.

A didaktikai tervezés szakszerű megközelítésének fontosságát az elsők között Tyler (1949), a curriculáris alapú oktatási rendszer egyik meghatározó alakja hangsúlyozta. Híres tervezési modellje átfogó megközelítést kínált, amely a forráselemzéssel indul, majd az általános oktatási célok meghatározásával folytatódik. A modell különös figyelmet fordított a célok megvalósítási lehetőségeinek és feltételeinek pontos meghatározására, valamint a konkrét célok kidolgozására. Ezen túlmenően Tyler kiemelte az oktatási folyamat szervezésének és az elért eredmények ellenőrzésének módozatait, biztosítva ezzel a tervezési folyamat koherenciáját és hatékonyságát.

A didaktikai design középpontjában a tanulási célok világos meghatározása áll. Ez biztosítja, hogy a tanulók tisztában legyenek azzal, mit várnak el tőlük, és hogyan érhetik el ezeket az eredményeket. A célok meghatározása mellett fontos a tananyagtartalom logikus és jól strukturált felosztása. Ez segíti a tanulókat abban, hogy könnyebben feldolgozzák a komplex információkat, miközben a tanulási folyamat során építkezhetnek a meglévő tudásukra.

Az interaktív tanulási tevékenységek szintén alapvető részét képezik a didaktikai designnak. Az ilyen tevékenységek, mint például a csoportmunka, a problémaalapú tanulás vagy a szimulációk, elősegítik a tanulók aktív részvételét, miközben fejlesztik kritikai gondolkodásukat és problémamegoldó képességeiket. Emellett az értékelési eszközök integrálása is kulcsfontosságú, mivel ezek lehetőséget nyújtanak a tanulási folyamat nyomon követésére és a szükséges korrekciók elvégzésére.

Az adaptivitás lényege, hogy a tanulási folyamat igazodik a tanulók egyéni igényeihez, képességeihez és előzetes tudásához. Ez különösen fontos olyan tanulási környezetekben, ahol a tanulók eltérő háttérrel és készségekkel rendelkeznek. Az adaptivitás megvalósítása érdekében az oktatási rendszerek egyre gyakrabban alkalmaznak technológiai megoldásokat, például mesterséges intelligenciát és tanulási analitikát.

Az adaptív tanulási környezetek képesek valós időben reagálni a tanulók teljesítményére, és ennek megfelelően alakítani a tananyagot vagy a tanulási stratégiákat. Ez nemcsak a tanulási hatékonyságot növeli, hanem a tanulók motivációját is, mivel a személyre szabott megközelítés révén sikerélményt biztosít számukra. „... az ilyen tanulási

környezetekben a tanulási tartalmak kialakításánál fokozott jelentőségű a jól átgondolt didaktikai design” (Komenczi & Lengyelne Molnár, 2020).

A didaktikai design és az adaptivitás integrációja lehetőséget nyújt a személyre szabott tanulási élmények megteremtésére. A jól megtervezett oktatási programok, amelyek figyelembe veszik a tanulók egyéni szükségleteit, hatékonyabban támogatják a tanulási célok elérését. Például a vegyes tanulási modellek, amelyek ötvözik az online és a személyes oktatást, kiváló lehetőséget biztosítanak az adaptivitás és a didaktikai design szempontjainak együttes érvényesítésére.

Az integrált megközelítés eredményeként a tanulási folyamat rugalmasabbá válik, miközben megőrzi a strukturált keretet. Ez különösen fontos a gyorsan változó oktatási környezetekben, ahol a technológiai fejlődés és a társadalmi igények folyamatosan új kihívásokat teremtenek.

A didaktikai design részletes tervezési keretet biztosít az oktatási folyamatok számára, míg az adaptivitás lehetőséget nyújt az egyéni különbségek figyelembevételére. E két megközelítés összekapcsolása nemcsak a tanulók eredményességét növeli, hanem hozzájárul egy inkluzívabb és személyre szabottabb oktatási rendszer kialakításához. Az ilyen rendszerek képesek alkalmazkodni a tanulók változó igényeihez, miközben elősegítik a tanulási célok hatékony elérését.

Az adaptív e-learning rendszerek fejlődése új dimenziókat nyitott az oktatási folyamatok tervezésében és megvalósításában (Šarmanová & Kostolányová, 2015). A didaktikai design ezekben a rendszerekben nem csupán az oktatási tartalom logikus szervezését és bemutatását jelenti, hanem azt is, hogy a tanulók egyéni igényeihez és képességeihez igazodva hatékonyabbá tegye a tanulást. Az adaptív e-learning rendszerek a didaktikai design alapelveire építve képesek valós idejű visszacsatolásra, a tanulók fejlődésének nyomon követésére és a tanulási útvonalak személyre szabására.

A didaktikai design az adaptív e-learning rendszerekben három fő elemre épül: a tanulási célok meghatározására, a tartalom szervezésére és a tanulási folyamat támogatására (Laurillard, 2012). A tanulási célok egyértelmű meghatározása alapvető fontosságú, mivel ez adja a keretet a tanulók tevékenységeinek és a rendszer által nyújtott támogatásoknak. A tartalom szervezése során az anyagot logikus egységekre bontják, amelyek könnyen feldolgozhatók és relevánsak a tanulók előzetes tudásához és érdeklődéséhez.

A didaktikai design segítségével ezek a rendszerek képesek különböző tanulási stílusokhoz és preferenciákhoz igazodni, ami növeli a tanulók motivációját és elkötelezettségét. Emellett az adaptív rendszerek folyamatos visszacsatolást nyújtanak a

tanulóknak, amely nemcsak az önálló tanulást segíti, hanem a tanároknak is lehetőséget ad a beavatkozásra, ha szükséges.

A didaktikai design egyik fontos eleme az értékelés és visszacsatolás integrálása. Az adaptív e-learning rendszerekben az értékelés nem csupán a tanulók teljesítményének mérésére szolgál, hanem a további tanulási útvonalak kijelölésére is (Garrison & Vaughan, 2008). A valós idejű adatelemzés és a tanulói interakciók monitorozása révén a rendszer dinamikusan képes igazodni a tanulók aktuális szükségleteihez.

Az adaptív rendszerekben a didaktikai tagolás különösen fontos szerepet játszik, mivel ezek a rendszerek képesek dinamikusan alkalmazkodni a tanulók egyéni szükségleteihez, képességeihez és tanulási stílusához. A jól megtervezett didaktikai tagolás segíti a tanulási folyamat személyre szabását, amely fokozza a tanulók elkötelezettségét és tanulási eredményességét. Emellett a didaktikai tagolás segíti a tanulási célok fokozatos elérését, amely hosszú távon is fenntartható fejlődést biztosít.

Az ilyen rendszerek sikeressége nagymértékben múlik a jól megtervezett didaktikai stratégiákon, amelyek képesek ötvözni a technológiai innovációkat és a pedagógiai elveket. Az adaptív e-learning rendszerek a jövő oktatási gyakorlatának meghatározó részévé válhatnak, amelyek nemcsak a tanulási eredményeket javítják, hanem hozzájárulnak egy inkluzívabb és személyre szabottabb tanulási környezet kialakításához.

A didaktikai tagolás adaptív rendszerekben történő alkalmazása ugyanakkor számos kihívással is jár. Az egyik legnagyobb probléma a megfelelő mennyiségű és minőségű tanulói adat gyűjtése és feldolgozása, amely alapja az adaptivitásnak. Továbbá a didaktikai designnak folyamatosan alkalmazkodnia kell a technológiai fejlődéshez és a tanulói igények változásához.

A jövőben a mesterséges intelligencia és a tanulási analitika további fejlődése várhatóan lehetővé teszi a didaktikai tagolás még hatékonyabb megvalósítását. Az adaptív rendszerek várhatóan egyre pontosabban lesznek képesek a tanulók egyéni szükségleteihez igazítani a tananyagot, miközben támogatják az élethosszig tartó tanulást.

## **2.14. Mesterséges intelligencia az oktatásban**

A mesterséges intelligencia (MI) megjelenése és terjedése az oktatás területén jelentős paradigmaváltást hozott. Ez a technológiai fejlődés átalakította a tanítási-tanulási folyamatokat, lehetővé téve a tananyaghoz való hozzáférés új formáit, és elősegítve a személyre szabott tanulást. Az MI alkalmazása nem csupán eszközként jelenik meg az oktatásban, hanem új távlatokat nyit a pedagógiai módszertan terén is. Az oktatás digitalizációjának katalizátoraként az MI támogatja a tanárokat és a diákokat készségeik

fejlesztésében, miközben hozzájárul a tanulási esélyegyenlőség előmozdításához. Az új technológia ugyanakkor kihívásokkal is jár, például az adatvédelem és az etikai kérdések területén, amelyek megoldása elengedhetetlen a sikeres integrációhoz.

Az Európai Bizottság 2018-ban a mesterséges intelligenciát olyan rendszerekként definiálta, amelyek intelligens viselkedést mutatnak, környezetüket elemezve konkrét célok elérése érdekében, bizonyos autonómiával hajtanak végre döntéseket. Ezek lehetnek szoftveres rendszerek, amelyek a virtuális térben működnek, vagy hardvereszközökbe integrált technológiák, mint az autonóm járművek, drónok és IoT-alkalmazások (Európai Bizottság, 2018). A Magyarország Mesterséges Intelligencia Stratégiája hasonló megközelítést alkalmazott, ugyanakkor nagyobb hangsúlyt helyezett a technológia tanulási képességére. Eszerint a mesterséges intelligencia „a betáplált adatok alapján önmagukat tanítani és javítani képes algoritmikus rendszerek összessége” (Magyarország Mesterséges Intelligencia Stratégiája, 2020).

Az oktatásban ez a technológia lehetővé teszi a diákok tanulási folyamatának részletes monitorozását és személyre szabását. Az MI alkalmazása különösen hasznos a tanulók fejlődésének nyomon követésében, mivel az adatok elemzésével pontosabb képet ad az egyéni igényekről és a tanulási preferenciákról. Ezen kívül az MI technológiák, például a chatbotok, támogatják az oktatókat az órák előkészítésében és a diákok interakciójának növelésében, amely dinamikusabb és inkluzívabb tanulási környezetet eredményez.

Az MI technológia nem csupán a tanulási folyamatokat, hanem az oktatás paradigmáit is alapjaiban változtatja meg. A pedagógusok hagyományos szerepe mentorrá alakult, akik nem csupán információt közvetítenek, hanem a diákok önálló tanulási folyamatait irányítják és támogatják (Nyíri, 2008). Az MI alapú eszközök, mint például a természetes nyelvi feldolgozáson alapuló chatbotok és a képgeneráló alkalmazások, lehetővé teszik a tanárok számára, hogy kreatívabb tananyagokat hozzanak létre. Például egy történelemóra során a diákok a chatbot segítségével kérdéseket tehetnek fel egy adott történelmi eseménnyel kapcsolatban, amely az adott témához igazodó válaszokat generál. Ez a megközelítés interaktívabbá teszi az órákat, és elősegíti a kritikai gondolkodás fejlődését.

Ezen túlmenően az MI támogatja a diákok egyéni tanulási tempóját, mivel képes azonosítani azokat a területeket, ahol a diákok nehézségekbe ütköznek. Az ilyen típusú visszacsatolás révén a pedagógusok célzottabb segítséget nyújthatnak, és a tanulók motivációja is növelhető. Az MI által generált tartalmak például segíthetnek a tananyag vizuális elemeinek fejlesztésében, ami különösen hatékony lehet az alsós diákok számára.

Az MI alkalmazása az oktatásban számos etikai kérdést vet fel, amelyeket nem szabad figyelmen kívül hagyni. Az adatbiztonság és a magánélet védelme az egyik legfontosabb kihívás. Az MI rendszerek által gyűjtött és elemzett adatok jelentős kockázatot hordozhatnak, ha nem megfelelően kezelik őket. Az oktatási intézmények ezért olyan szabályozásokat kell bevezessenek, amelyek biztosítják a diákok adatainak védelmét.

Az MI fejlődése továbbra is számos lehetőséget rejt az oktatás számára. A technológia lehetővé teszi, hogy az oktatás még inkább a diákok igényeihez igazodjon, miközben az interaktív tanulási környezetek elősegítik a tanulók aktív részvételét. A tanulók motivációjának növelése érdekében az MI például gamifikációs elemeket is integrálhat az oktatási folyamatba. Egyes MI rendszerek már most is képesek arra, hogy játékosított tanulási modulokat hozzanak létre, amelyek ösztönzik a diákokat a tananyag mélyebb elsajátítására.

A szerzői jogok szintén kiemelt figyelmet érdemelnek az MI által generált tartalmak esetében. Az oktatási anyagok, amelyeket MI rendszerek hoznak létre, gyakran más források felhasználásával készülnek, ezért elengedhetetlen a tartalmak megfelelő dokumentálása és hivatkozása. Az MI rendszerek használata során a szerzői jogok védelme, a plágium elkerülése és az adatbiztonság biztosítása kulcsfontosságú. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem például részletes iránymutatást adott ki az MI etikus használatáról az oktatásban, amely előírja, hogy a hallgatók és oktatók egyaránt dokumentálják az MI technológiák használatát (Szűts & Námesztovszki, 2023).

Az MI alkalmazása az oktatási esélyegyenlőség javításában is jelentős szerepet játszik. Az olyan eszközök, mint a nyelvi fordítók és a hozzáférhetőségi technológiák, lehetővé teszik, hogy a hátrányos helyzetű tanulók is részesüljenek minőségi oktatásban. Emellett az MI támogatja az oktatók szakmai fejlődését is, mivel a rendszeres visszacsatolás és elemzés alapján a pedagógusok is folyamatosan fejleszthetik módszereiket.

#### **2.14.1. Technopesszimista kontra technooptimista megközelítés**

Az MI az oktatás területén egyre meghatározóbb szerepet játszik, különösen mivel a technológiai fejlődés üteme exponenciálisan növekszik. Potenciálisan átalakíthatja az oktatás szerkezetét, módszereit és céljait. Míg egyesek optimizmussal tekintenek a technológiai innovációkra, mások aggodalmukat fejezik ki a lehetséges negatív következmények miatt.

A technooptimisták szerint az MI képes demokratizálni az oktatást, személyre szabott tanulási élményeket kínálva, amelyek az egyéni képességekhez és szükségletekhez igazodnak (Luckin, 2018). A digitális Athén, mint vízió, azt sugallja, hogy az MI olyan



platformokat hozhat létre, ahol minden diák hozzáférhet a világ legjobb tanárainak tudásához, miközben egyéni fejlődési útvonalakat járhat be (Selwyn, 2019). Az adaptív tanulási rendszerek, mint például a Khan Academy algoritmusai vagy a Duolingo nyelvtanulási platformja, már ma is bizonyítják ennek lehetőségét (Holmes et al., 2019).

A digitális Athén koncepciója nem csupán a technológiai eszközök hatékonyságán alapul, hanem az oktatás minőségének globális javításán is. Az MI által támogatott rendszerek lehetőséget nyújthatnak arra, hogy a diákok a hagyományos tanterveken túlmutató ismereteket sajátítsanak el, például a problémamegoldás, az együttműködés és a kritikus gondolkodás terén. Ezek a képességek a jövő munkaerőpiacán kulcsfontosságúak lehetnek (OECD, 2021).

A digitális Athén víziójában az oktatás nem csupán információk átadásáról szól, hanem a tanulás aktív, közösségi és kreatív folyamatává válik. Az MI lehetőséget ad arra, hogy a diákok virtuális tanulási közösségek részeseivé váljanak, ahol globális szinten oszthatnak meg ötleteket és működhetnek együtt társaikkal. A gamifikáció, a virtuális valóság (VR) és a kiterjesztett valóság (AR) integrációja tovább növelheti a tanulási élmény vonzerejét és hatékonyságát (Luckin, 2018).

A digitális Athén koncepciója ugyanakkor a tanulási környezetek rugalmasságára is épít. Az MI-alapú rendszerek lehetővé teszik, hogy a diákok saját időbeosztásukhoz igazítsák tanulási tevékenységeiket, miközben folyamatosan visszajelzést kapnak fejlődésükről. Ez különösen fontos lehet olyan tanulók számára, akik valamilyen hátrányos helyzetből indulnak, mivel az MI technológia segíthet az akadályok leküzdésében és az egyenlő hozzáférés biztosításában (Holmes et al., 2019).

Ezen felül az MI a pedagógusok munkáját is megkönnyítheti, például az értékelés automatizálásával vagy az osztálytermi interakciók elemzésével. Egy tanulmány szerint az MI-alapú tutorok akár 20%-kal is javíthatják a tanulók eredményeit bizonyos területeken (Fischer et al., 2020). Az ilyen rendszerek alkalmazásával a pedagógusok nagyobb hangsúlyt fektethetnek a kreatív és érzelmi támogatásra, amelyet a gépek nem képesek helyettesíteni (Luckin, 2018).

A technopesszimisták azonban rámutatnak az MI-vel kapcsolatos problémákra, különös tekintettel az adatvédelemre, az etikai kérdésekre és az egyenlőtlenség fokozódására (Selwyn, 2019). Az adattárolás és -feldolgozás során fennáll a veszélye annak, hogy a diákok személyes adatai sérülnek, vagy hogy a rendszerek torzítják az oktatási folyamatot a meglévő sztereotípiák és előítéletek alapján (Holmes et al., 2019). Emellett az MI

alkalmazása gyakran költséges, ami tovább mélyítheti a társadalmi és gazdasági különbségeket, különösen a fejlődő országokban.

A mesterséges intelligencia pedagógiai hatásai is kérdéseket vetnek fel. A túlságosan automatizált tanulási környezetekben csökkenhet az interperszonális kapcsolatok és az érzelmi intelligencia fejlesztésének szerepe, amelyek az emberi fejlődés alapvető elemei (Fischer et al., 2020). Továbbá, a technológiai determinizmus veszélye, miszerint a technológia önmagában képes megoldani az oktatás problémáit, téves következtetésekhez vezethet (Selwyn, 2019).

Egy másik fontos szempont az MI algoritmusainak átláthatósága és megbízhatósága. A Black Box-probléma, amely az MI rendszerek működésének érthetlenségéből fakad, jelentős etikai kihívást jelenthet. Ez a probléma arra utal, hogy az MI-alapú döntéshozatali rendszerek belső működése sok esetben átláthatatlan a felhasználók és még a fejlesztők számára is. Mivel az MI modellek (például a mélytanulási algoritmusok) bonyolult matematikai struktúrákon alapulnak, a döntési folyamatok nem mindig magyarázhatók el egyszerűen. Ez komoly bizalmi kérdéseket vet fel, különösen az oktatásban, ahol a döntések hosszú távú hatással lehetnek a tanulók életére. Például, ha egy MI-alapú rendszer javaslatot tesz arra, hogy egy diáknak mely területeken kellene fejlesztenie magát, vagy hogy milyen tanulási útvonalat válasszon, a diák és szülei számára érthetővé kell tenni, hogy ezek a javaslatok milyen alapokon nyugszanak (UNESCO, 2021).

A Black Box-probléma súlyosbíthatja a meglévő egyenlőtlenségeket is. Ha a rendszer döntéseiben nem vesszük figyelembe az adatok esetleges torzításait vagy hiányosságait, az eredmények diszkriminatívak lehetnek. Ezért kulcsfontosságú, hogy az MI fejlesztői és felhasználói törekedjenek az algoritmusok átláthatóságára és a döntési folyamatok megértésére. Az oktatásban alkalmazott MI rendszereknek nemcsak hatékonyaknak, hanem igazságosaknak és magyarázhatóknak is kell lenniük, hogy a tanulók és tanáraik megbízzanak bennük.

Az MI átláthatóságának és magyarázhatóságának fontosságát Burrell (2016) is hangsúlyozza, aki rámutat arra, hogy a „fekete doboz” jelenség megoldása nem csupán technikai kérdés, hanem társadalmi és etikai felelősség is. Pasquale (2015) szerint az algoritmusok átláthatatlansága súlyosbíthatja a meglévő hatalmi egyenlőtlenségeket, különösen akkor, ha az MI alkalmazását nem kísérik megfelelő szabályozási mechanizmusok. Selbst és Barocas (2018) kifejti, hogy az MI rendszerek magyarázhatósága nem csak a döntések érthetőségét segíti elő, hanem hozzájárul az oktatási rendszerekbe vetett bizalom növeléséhez is.

A XXI. századi oktatási rendszereknek egyensúlyt kell találniuk a technopesszimista és technooptimista megközelítések között. Az MI eszközei hasznosak lehetnek az oktatási minőség javításában, de csak akkor, ha a társadalmi, etikai és pedagógiai kérdéseket is figyelembe vesszük. Az olyan etikus irányelvek, mint az UNESCO MI-irányelvei, segíthetnek az MI felelős alkalmazásában az oktatás terén (UNESCO, 2021).

Az MI jövője az oktatásban nagymértékben függ attól, hogy a technológia hogyan illeszkedik az emberi kapcsolatokra és kreativitásra épülő tanulási kultúrákhoz. A digitális Athén eszméje vonzó, de csak akkor lehet valóság, ha nem csupán a technológiai fejlesztések, hanem az emberi értékek is meghatározzák annak kereteit.

Egy integrált megközelítés magában foglalja az MI és a pedagógiai innovációk kombinációját, amelyek célja a tanulók holisztikus fejlesztése. Ennek része lehet a tanárok folyamatos képzése az új technológiák alkalmazására, valamint az oktatási stratégiák adaptálása a digitális eszközökhöz.

#### **2.14.2. A ChatGPT hatásai**

Az MI egyik legkiemelkedőbb alkalmazási területe a ChatGPT, amely egy nyelvi modell alapú chatbot-rendszer. Képes emberi nyelven kommunikálni, kérdésekre válaszolni, és tartalmakat generálni (Tóth, Námesztovszki, & Horváth Futó, 2024). Az OpenAI által fejlesztett technológia lehetővé teszi az interaktív kommunikációt, és széles körben alkalmazható az oktatás területén is. A XXI. század oktatási kihívásai között szerepel a digitalizáció, az egyéni tanulási utak támogatása és a kreatív gondolkodás fejlesztése. A ChatGPT ezeken a területeken jelentős támogatást nyújthat (Négyesi, 2024b).

Az MI technológiája olyan algoritmusokon alapul, amelyek az emberi nyelv feldolgozására képesek. Az oktatásban ez a technológia különböző feladatok elvégzését teszi lehetővé, beleértve a tananyag generálását, a nyelvi fordításokat, és a diákokkal való interakciókat (Négyesi, 2024b).

A rendszer egyik legkiemelkedőbb tulajdonsága az adaptív tanulási képesség, amely lehetővé teszi, hogy a diákok egyéni igényeik szerint kapjanak segítséget. Ez különösen hasznos azokon a területeken, ahol a diákok eltérő mértékben rendelkeznek alapvető képességekkel, mint például az idegen nyelvek vagy a természettudományok tanulása (Négyesi, 2024b).

A XXI. század oktatásában egyre nagyobb hangsúly helyeződik az elektronikus tanulási környezetekre. A ChatGPT különösen hatékony eszköz lehet az e-learning platformokon, ahol a tanulók éjjel-nappal hozzáférhetnek a tananyaghoz. Az ilyen

rendszerek támogatják a tanulókat abban, hogy saját tempójukban haladhassanak, miközben valós idejű visszajelzést kapnak a teljesítenyükről (Baker, Smith, & Anissa, 2019).

A ChatGPT alkalmazása segíti a tanárokat az adminisztratív feladatok elvégzésében, mint például a dolgozatok javítása vagy a tananyagok elkészítése. Emellett lehetőséget nyújt arra is, hogy komplexebb kérdésekben nyújtsanak támogatást, mint például egy projekt kidolgozása vagy egy probléma elemzése. Az ilyen alkalmazások lehetővé teszik, hogy a tanárok több időt fordítsanak a kreatív oktatási módszerek kialakítására (Négyesi, 2024b).

Egyedülálló jellemzője az önfejlesztő vagy öntanuló képessége. A ChatGPT más AI chatbotokhoz képest összetettebb nyelvfeldolgozási modellt használ, amelyet generatív előképzésnek (GPT) nevezünk. A GPT egy mesterséges intelligencia-szöveggenerátor, amely az emberi visszajelzésekből történő megerősítő tanulást használja a nyelvi modelljének tájékoztatására. Ez a képesség lehetővé teszi a ChatGPT számára, hogy az emberi értékelőktől érkező inputok alapján kiigazítsa és javítsa válaszait (Shen et al., 2023). Ráadásul a képzési adatainak folyamatos növekedése segíti a ChatGPT-t abban, hogy folyamatosan javuljon és új adatokkal frissüljön, így idővel még pontosabbá válhat (Rudolph et al., 2023).

A ChatGPT képes tanulni az emberekkel való interakcióiból, ami egy adaptálható társalgási ágenssé teszi (Shen et al., 2023). A ChatGPT képes emlékezni a korábbi beszélgetésekre és beépíteni azokat a válaszaiba. Ez lehetővé teszi számára, hogy a kontextust fenntartsa, és idővel természetesebb és koherensebb beszélgetéseket folytasson a felhasználókkal. A hatalmas adatmennyiségen történő képzésnek köszönhetően a ChatGPT képes személyre szabott válaszokat adni az adott kérdés kontextusa alapján (Haque et al., 2022). A ChatGPT emellett a felhasználó preferenciáitól és igényeitől függően különböző hangnemeket és struktúrákat használó válaszokat is képes generálni. Ez a funkció lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy egyedi szövegeket hozzanak létre a chatrobottal folytatott valódi párbeszédnek tűnő és érződő módon, amely minden egyes interakciós körrel egyre személyre szabottabbá válik (Négyesi, 2024b).

Felismeri a mintázatokat és plauzibilis válaszokat generál, de nem érti meg teljesen a szavak mögött rejlő fogalmakat. Ez olyan válaszokat eredményezhet, amelyekből néha hiányzik a mélység és a rálátás, és amelyek potenciálisan témán kívüliek (Gupta et al., 2023), különösen olyan feladatok elvégzésénél, amelyek a specifikus tartományi tudás árnyalt megértését igénylik. Egy empirikus vizsgálatban a ChatGPT megmutatta, hogy képes elfogadható válaszokat generálni a patológia komplex problémáira, azonban a válaszaiból hiányzott az elméleti fogalmak mély megértése (Sinha et al., 2023). Ennek a gyengeségnek

nem kell problémát jelentenie, amennyiben van egy folyamat, amely segít a mélység és az árnyalatosság elérésében, ami a tartalmasabb és kevésbé felszínes megértéshez szükséges. Ha azonban hiányzik egy ilyen folyamat, a ChatGPT használata a felhasználók egyfajta „butításához” vezethet (Négyesi, 2024b).

Bár a ChatGPT megkönnyítheti a komplex tanulási eredmények fejlesztését, maga a chatbot kevésbé kompetens, ha olyan tartalmakról van szó, amelyek magasabb rendű gondolkodási készségeket, például kritikai és analitikus gondolkodást igényelnek (Rudolph et al., 2023). Ez főként azért van így, mert az MI-eszközök nagymértékben függenek az adatoktól, amelyeket a kontextus, a józan ész és az érzelmek mély megértése nélkül képeznek ki, amelyek a magasabb rendű gondolkodáshoz elengedhetetlenek. Például a magasabb szintű kritikai gondolkodás típusú kérdések generálására való képessége korlátozott, mivel ezek a kérdések a téma mélyebb megértését igénylik (Négyesi, 2024b).

A ChatGPT nagy lehetőséget rejt magában a tanárok munkaterhének jelentős csökkentésére. Például visszajelző eszközként használható a diákok feladatainak, esszéinek és dolgozatainak visszajelzésére (Qadir, 2022). A tanárok a ChatGPT-t különböző tesztformák, például nyílt végű kérdések, többszörös választási lehetőségek vagy akár rubrikák létrehozására is kérhetik a diákok feladatainak értékeléséhez. A ChatGPT használható a feladatok automatikus osztályozására, különösen szöveges kurzusok esetében. Emellett a tanárok egyszerűen, rövid idő alatt visszajelzést adhatnak a hallgatónak a diákok esszéiről (Négyesi, 2024b).

A szövegkörnyezet és a szavak mögött rejlő valódi jelentés mély megértésének hiánya számos kockázatot jelenthet, különösen az oktatás területén. Például a személyre szabott tanuláshoz használt ChatGPT nem biztos, hogy mélyen ismeri a tantervet, az egyes tanulók tanulási stílusát és azt a kulturális kontextust, amelyben a tanulók élnek, ami a tanulók számára túl nehéz vagy túl könnyű tartalmi ajánlásokat eredményezhet. Egy másik példa a ChatGPT esszéosztályozásra való használata, amely nem feltétlenül rendelkezik a pontos osztályozáshoz szükséges kontextussal és háttérismeretekkel (Négyesi, 2024b).

A ChatGPT megjelenésével számos aggály merült fel az online értékelés biztonságával és a ChatGPT-n keresztül történő online vizsgák csalásával kapcsolatban. A ChatGPT bizonyítottan emberhez hasonló szöveget generál, ami potenciális kockázatot jelenthet az online vizsgák integritására, különösen a felsőoktatási környezetben, ahol az ilyen vizsgák egyre elterjedtebbek (Susnjak, 2022). Azt is kimutatták, hogy a ChatGPT képes megfelelően válaszolni a vizsgakérdésekre az orvosi és a jogi (Choi et al., 2023) területeken. Egy empirikus vizsgálatban Fijačko és munkatársai (2023) kimutatták, hogy a

ChatGPT által egy egyetemen az életmentés vizsgáira adott válaszok átlagosan relevánsak, pontosak voltak, és szignifikánsan jobban egyeztek az újraélesztési irányelvekkel, mint a korábbi, más MI-eszközöket használó vizsgálatok. Ilyen teljesítmény mellett a ChatGPT komoly veszélyt jelent a tudományos integritásra, különösen a felsőoktatásban (Négyesi, 2024b).

A ChatGPT fejlődése és integrációja az oktatásba támogatja a tanulókat abban, hogy jobban felkészüljenek a XXI. század munkaerőpiaci követelményeire. Az interaktív tanulási környezetek, az adaptív tanulási lehetőségek és a gamifikáció mind olyan területek, amelyekben a ChatGPT jelentős szerepet játszhat. A technológia ugyanakkor csak akkor hasznosulhat maximálisan, ha az oktatók és diákok megfelelő képzést kapnak annak etikus és hatékony alkalmazásához (Négyesi, 2024b).

### **2.14.3. Technológiai szingularitás**

Az MI nem csupán az oktatási rendszerek hatékonyságát fokozhatja, hanem alapvetően át is alakíthatja a tanítás és tanulás módszertanát. Ray Kurzweil, a technológiai szingularitás koncepciójának híve, azt prognosztizálja, hogy a mesterséges intelligencia és a biotechnológia fejlődése radikális változásokat hoz a társadalmi struktúrákban, beleértve az oktatási szektort is. A technológia exponenciális fejlődése által közel kerülünk a technológiai szingularitáshoz, amely alapvetően megváltoztatja az emberi gondolkodást. Az MI olyan szintet érhet el, amely lehetővé teszi, hogy a tanulás szinte teljes mértékben digitális formában valósuljon meg. Az ún. „intelligens mentorok” például mélyreható ismeretekkel rendelkeznének a tanulók erősségeiről és gyengeségeiről, így célzottan segíthetik fejlődésüket. Kurzweil hangsúlyozza, hogy ezek a technológiák lehetővé teszik a folyamatos tanulást és alkalmazkodást, amely kulcsfontosságú egy gyorsan változó világban (Kurzweil, 2013).

Kurzweil egyik legismertebb jóslata szerint 2045-re a technológiai szingularitás bekövetkezik, amely során az MI túlszárnyalja az emberi intelligenciát, és integrálódik az emberi élet minden területére, beleértve az oktatást is. Ebben a jövőképben a tanulás folyamatos és dinamikus folyamattá válik, ahol az emberek és a gépek közötti szoros együttműködés révén új, kreatív megoldások születnek. A hagyományos iskolák helyét olyan decentralizált, MI-alapú tanulási rendszerek vehetik át, amelyek globálisan elérhetővé teszik a tudást, miközben figyelembe veszik az egyéni tanulási igényeket. Ez a fejlődés nem csupán az oktatás minőségét javíthatja, hanem az oktatáshoz való hozzáférést is radikálisan kiterjesztheti (Kurzweil, 2013).

A mesterséges intelligencia nem helyettesíti a tanárokat, hanem inkább kiegészíti őket. Az MI technológia által automatizált folyamatok lehetővé teszik, hogy a pedagógusok nagyobb hangsúlyt fektessenek a kreativitásra, a kritikus gondolkodás fejlesztésére és az érzelmi intelligencia ápolására (Williamson, 2018). Az MI tehát egyfajta partnerként jelenik meg az oktatásban, amely a tanárok számára is lehetőséget nyújt a folyamatos fejlődésre.

A tanári szerep átalakulása azonban nem csupán technológiai kérdés. A pedagógusok feladatai közé tartozik majd az MI-rendszerek hatékony használatának elsajátítása, valamint azok etikus alkalmazása. Ezen kívül a tanárok fontos szerepet játszhatnak abban, hogy az emberi értékeket, például az együttérzést és a kulturális érzékenységet beépítsék az oktatás folyamatába. Az MI által végzett monoton és ismétlődő feladatok helyett a tanárok nagyobb hangsúlyt fektethetnek az olyan készségek fejlesztésére, amelyekben a gépek kevésbé hatékonyak: a problémamegoldás, a kreatív gondolkodás és az érzelmi támogatás.

Egyes jövőképek szerint a tanárok „tanulási kurátorokká” válnak, akik segítenek a tanulóknak eligazodni az információk hatalmas áradatában, és személyre szabott tanulási útvonalakat hoznak létre számukra. Az MI lehetőséget adhat arra is, hogy a pedagógusok globálisan együttműködjenek, megosztva tapasztalataikat és bevált gyakorlatukat, ezáltal tovább erősítve az oktatási közösségek közötti kapcsolatokat.

#### **2.14.4. Adaptív matematikaoktatás**

A mesterséges intelligencián alapuló matematika alapszintű tanítása alkalmazkodik és figyelmet fordít a tanulók személyiségfejlődésének a meglévő oktatási körülmények közötti művelésére (Wu, 2021). Különösen a matematikaoktatásban a megfelelő szoftverek alkalmazásával kapott ábrák és matematikai ábrázolások animációja növeli a tanulók képzelőerejét és problémamegoldó képességét (Négyesi, 2023; Voskoglou és Salem, 2020).

Az MI szent grálja a kezdetektől fogva az intelligencia természetének megértése és olyan rendszerek megalkotása, amelyek ezt az intelligenciát a látás, a nyelv, az érzelmek, a mozgás és az érvelés révén mutatják. Ilyen összefüggésben az MI-kutatók mindig is keresték a kihívásokat, hogy kitolhassák a számítógépek autonóm képességének határát, és mérni tudják az elért „intelligencia” szintjét (Négyesi, 2023; Chesani, Mello & Milano, 2017).

A diákok tanulási tapasztalatainak és eredményeinek javítása érdekében a felsőoktatási intézmények egyre inkább az olyan technológiákhoz ragaszkodnak, mint az adaptív tanulási rendszerek. Az adaptív tanulási, tanfolyami szoftverek számítógépes algoritmusok segítségével elemzik a tanulók e-tanulási környezetekkel való interakciója során gyűjtött adatokat, hogy a tanulási modulokat, az oktatást és az értékelést a tanulói sajátosságokhoz igazítsák (Négyesi, 2023; Bray & Tangney, 2017).

Az adaptív technológiával kapcsolatos tanulmányok vegyes eredményeket találtak a tanulmányi teljesítményt illetően, bár ez a kutatási terület még viszonylag új keletű (Civil & Bernier, 2006). Egyes tanulmányok szerint a tanulói motiváció is hatással van az adaptív tanulási technológiák eredményességére (Stephan et al., 2015). Annak ellenére, hogy a tanulói motiváció kritikus jelentőségű a tanulásanalitikai kutatásokban, a vizsgálatok eddig inkább az oktatás személyre szabására összpontosítottak az individuális igényeknek megfelelő tanulás megvalósítása érdekében, mint annak elemzésére, hogy az egyéni sajátosságokhoz igazodó tanulás hogyan kapcsolódik a tanulók belső motivációjához, kompetenciájához és autonómiájához (Acharya, 2017; Davadas & Lay, 2017; Chen et al., 2020; Yang et al., 2021; Chen & Lian, 2020).

Az e-tanulás növekvő tendenciájával, beleértve az adaptív tanulási rendszerek használatát a különböző felsőoktatási intézményekben, érdemes betekintést nyerni a hallgatók motivációjába, ahogyan az adaptív tanulási rendszerekkel interakcióba lépnek (Wang et al., 2021; Chen és Liu, 2007).

A matematika olyan tanulási tartalmakra utal, amelyek szimbolikus nyelvet használnak olyan fogalmak ábrázolására, mint a szám, a mennyiség, a tér és a struktúra (Yarnall et al., 2016). A matematikaoktatást összetett és kihívást jelentő feladatként határozták meg, amelynek célja a tanulók problémamegoldó kompetenciájának fejlesztése (Booth et al., 2016). Számos korábbi tanulmány számolt be arról, hogy a tanulók általában nehéznek érzik a matematikai feladatok megoldását, különösen azokat, amelyeket több lépésben kell megoldani (Förster et al., 2018; Liu et al., 2017). Ezért a kutatók különböző tanulási stratégiák és eszközök kidolgozására tettek kísérletet a tanulók matematikatanulási eredményeinek javítása érdekében (Yarnall et al., 2016). Rámutattak a diákok matematikatanulási teljesítményét befolyásoló tényezők azonosításának fontosságára is, mint például az elégtelen előzetes tudás és az egyes tanulók személyre szabott támogatásának hiánya (Santos et al., 2012).

Számos korábbi alkalmazás rámutatott a mesterséges intelligencia oktatásban való használatának lehetőségeire, különösen a diákok komplex vagy kihívást jelentő feladatokkal való megbirkózásának segítésére (Wolper, 2016; Felt & Robb, 2016). Male és Burden (2014) például személyre szabott, számítógéppel támogatott matematikai problémamegoldó rendszert fejlesztettek ki, és azt tapasztalták, hogy az hatékonyan javítja a diákok tanulási teljesítményét és hozzáállását.



A kutatók a mesterséges intelligenciának számos szerepét azonosították az oktatásban, például intelligens oktató, tanuló, tanulási eszköz és partner (Lim & Chapman, 2015). Ami az intelligens oktató szerepét illeti, több kutató is bemutatta, hogy a mesterséges intelligencia technológiákat a tanárok intelligenciájának szimulálására használják, hogy személyre szabott útmutatást, visszajelzést vagy támogatást nyújtsanak az egyes tanulóknak a tanulási folyamat során. Hwang és munkatársai (2018) például egy adaptív tanulási rendszert fejlesztettek ki matematika kurzusokhoz, figyelembe véve az egyes tanulók kognitív és affektív teljesítményét.

A kutatások hangsúlyozzák, hogy a XXI. században az ismeretátadás mellett kiemelt figyelmet kell fordítani a magasabb rendű gondolkodási képességek, például a kérdezés, a kritikai és kreatív gondolkodás, valamint a problémamegoldás fejlesztésére, melyek alapját a matematika képezi (Schunk & Usher, 2012). Korábbi kutatások rámutattak, hogy a matematikaoktatásban kiemelt jelentősége van a kritikus gondolkodás, a kommunikáció, a problémamegoldás és a tudásépítés támogatásának, a matematikai fogalmak és módszerek elsajátítása mellett (Yang et al., 2019; Pantziara & Philippou, 2015).

#### **2.14.5. Ipar 5.0 és MI-alapú adaptív e-learning rendszerek**

Az ötödik ipari forradalom az ipari fejlődés új szakaszát jelöli, amelyben a technológiai innovációk középpontjában az emberközpontúság, a fenntarthatóság és az együttműködő mesterséges intelligencia áll. Ez a korszak nem csupán a negyedik ipari forradalom technológiai vívmányaira – például a kiber-fizikai rendszerekre, a dolgok internetére és a mesterséges intelligenciára – épül, hanem az emberi értékek visszaemelésére is törekszik a termelés és szolgáltatás világába. A cél nem pusztán az automatizálás és hatékonyságnövelés, hanem az emberi kreativitás, döntéshozatal és értékteremtés integrálása a technológiai rendszerekbe.

Az Ipar 5.0 egyik alapvető jellemzője az ember és gép közötti szimbiotikus együttműködés. Míg a korábbi ipari forradalmak a munkavégzés gépesítésére és a termelési folyamatok optimalizálására összpontosítottak, az ötödik ipari forradalom célja a humán kompetenciák és a fejlett technológiák – különösen a mesterséges intelligencia – közös, kiegészítő jellegű alkalmazása. Ezzel párhuzamosan előtérbe kerülnek az etikai és társadalmi szempontok is: a technológiai rendszereknek nemcsak hatékonyaknak, hanem igazságosaknak, átláthatóknak és inkluzívnak is kell lenniük.



13. ábra Az ipari forradalmak korszakolása

Forrás: Prantner, 2025

Az Ipar 5.0 tehát nem csupán technológiai váltás, hanem szemléletváltás is, amely újraértelmezi a munka, a tanulás, a társadalmi együttélés és a gazdasági működés viszonyát a digitális korszakban. E forradalom egyik legjelentősebb kihívása és lehetősége az oktatás területén jelentkezik, ahol a személyre szabott, adaptív, mesterséges intelligenciával támogatott tanulási környezetek képezhetik az alapját az új tudástermelési és -elsajátítási modelleknek.

Az ipari fejlődés új szakaszához érkezve egyre több tanulmány hangsúlyozza az 5. ipari forradalom kulcsszereplőjeként a mesterséges intelligencia társadalmi beágyazottságát, különösen az oktatás területén (Leong & Zhang, 2024; Adel, 2024; Vyhmeister & Castane, 2024). Az ember-gép interakcióra épülő korszakban az adaptív tanulási környezetek olyan kulcsfontosságú eszközökké válhatnak, amelyek nem csupán az individualizált tanulás támogatását célozzák, hanem komplex pedagógiai és társadalmi funkciókat is ellátnak (Ali et al., 2025; Singh et al., 2024).

Az MI-alapú adaptív rendszerek fejlődésének áttekintését nyújtja Kabudi, Pappas és Olsen (2021) kutatása, amely részletesen bemutatja az alkalmazott algoritmusokat, az adaptivitás szintjeit, valamint az oktatástechnológiai környezeteket. Ezzel párhuzamosan Ezzaim és munkatársai (2023) arra hívják fel a figyelmet, hogy a COVID-19 utáni időszakban jelentősen megnőtt az AI-alapú adaptív rendszerek iránti érdeklődés, különösen az online oktatási környezetekben. Kutatásuk rámutat arra, hogy a tanulói adatok valós idejű feldolgozása és az ebből generált személyre szabott tanulási utak a rendszerek hatékonyságának központi elemei.

A legújabb technológiai fejlesztések közül kiemelkednek a generatív mesterséges intelligencián alapuló rendszerek, amelyek képesek dinamikusan alkalmazkodni a tanulói

igényekhez. Maity és Deroy (2024) tanulmánya részletesen bemutatja, hogyan integrálhatók a nagy nyelvi modellek (LLM-ek), például a GPT-4, az intelligens tutor rendszerekbe. E rendszerek valós idejű kérdésgenerálásra, automatikus visszajelzésre és adaptív tananyagfejlesztésre is képesek, miközben számos kihívással – így például a torzítás veszélyével vagy a pedagógiai validitás kérdéseivel – is szembe kell nézniük.

A tanulói teljesítményadatok szórványos volta, illetve hiányosságai szintén akadályozhatják az adaptív algoritmusok pontosságát. Erre kínál megoldást Zhang és munkatársainak (2024) 3DG-keretrendszere, amely tensor-alapú modellezéssel és generatív hálózatokkal képes az adatok kiegészítésére és a tanulói modellek finomhangolására. Ez különösen fontos a tanulás személyre szabásában, ahol a tanulói fejlődés dinamikus követése elengedhetetlen.

A technológia hatékonysága mellett egyre fontosabb szempont az oktatók szerepe az AI-alapú rendszerek tervezésében és testreszabásában. Calo és MacLellan (2024) olyan generatív AI-eszközöket mutatnak be, amelyek lehetővé teszik a pedagógusok számára saját tutor-rendszerek fejlesztését programozási ismeretek nélkül, ezzel is támogatva a tanári autonómiát és a pedagógiai kontroll fenntartását.

A társadalmi beágyazottság kérdését erősíti meg a Nature folyóiratban közölt legfrissebb szisztematikus áttekintés is, amely szerint az AI-alapú intelligens tutor rendszerek pozitív hatást gyakorolnak a tanulói teljesítményre a közoktatásban (Létourneau et al., 2025). A vizsgált 4597 tanuló bevonásával végzett elemzés azonban arra is rámutat, hogy a rendszerek hatékonyságát jelentősen befolyásolják az implementáció körülményei, a tanulók digitális kompetenciái, valamint az oktatók hozzáállása.

Mindezek alapján kijelenthető, hogy az AI-alapú adaptív rendszerek nem csupán technológiai innovációt képviselnek, hanem az oktatás jövőjének alakítói is lehetnek az 5. ipari forradalom társadalmi és kulturális keretei között. A tanulási utak személyre szabása, valamint a tanulói sokféleség figyelembevétele mind hozzájárulnak egy igazságosabb, rugalmasabb és hatékonyabb tanulási környezet kialakításához.

A mikrotanulás – mint rövid, célzott tanulási egységekre épülő oktatási forma – az adaptív rendszerek fejlődésével párhuzamosan egyre nagyobb jelentőségre tesz szert, különösen a középiskolai oktatásban, ahol a tanulók figyelmi terjedelme, motivációs jellemzői és információfeldolgozási preferenciái jelentős eltéréseket mutatnak. A mikrotanulás előnye, hogy lehetőséget teremt a tanulási folyamat finomhangolására, amely szorosan illeszkedik az adaptív rendszerek személyre szabott megközelítéséhez.

Az MI-alapú rendszerek a mikrotanulási tartalmak differenciált kínálatán keresztül képesek valós időben reagálni a tanulói teljesítményre, tempóra, érdeklődésre vagy akár kognitív stílusra is. Így a mikrotanulás nem elszigetelt pedagógiai irányként, hanem a mesterséges intelligencia támogatásával működő adaptív rendszerek kulcselemeként értelmezhető. Az ilyen rendszerek algoritmikus elemzésekkel és prediktív modellezéssel képesek optimalizálni a tanulási útvonalakat, ajánlásokat tehetnek a tanulói preferenciák alapján, és támogathatják az önirányított tanulás fejlődését.

A középiskolai gyakorlatba való integráció ugyanakkor többtényezős kérdés. Elengedhetetlen, hogy az oktatás szereplői átlássák, hogy a mikrotanulás és az MI-alapú rendszerek nem az oktatás „automatizálását”, hanem a pedagógiai differenciálás lehetőségeinek kibővítését jelentik. Emellett a tanári szerepkör átalakulása is kulcsfontosságú: a tanár a jövő tanulási környezeteiben nem egyszerűen tudásátadóként, hanem a tanulási folyamat tervezőjeként és reflektív támogatójaként van jelen.

Összefoglalva úgy látom, hogy a mikrotanulás és az MI-alapú adaptív rendszerek egymást kiegészítve erősítik a középiskolai oktatás személyre szabhatóságát és rugalmasságát. A sikeres integráció azonban nem csupán technológiai kérdés, hanem pedagógiai kultúraváltást is feltételez: olyan digitális ökoszisztémák kialakítását, amelyekben a technológia nem helyettesíti, hanem támogatja a pedagógiai kapcsolatokat és a tanulás emberi dimenzióit.

Ami a tanári és tanulói szerepeket illeti, a mikrotanulás bevezetése a tanár szerepét inkább átértelmezi, mint csökkenti. A tanulók pedig nagyobb autonómiát nyernek a saját tanulási folyamatuk irányításában, miközben a rendszer biztosítja a folyamatos visszajelzést és adaptív támogatást. A mikrotanulás lehetőséget kínál arra, hogy a tanulók nagyobb önállóságot gyakoroljanak a tanulási folyamat ütemezésében, tartalmi preferenciáik alakításában és saját előrehaladásuk nyomon követésében. A tanulók aktív részeseivé válnak saját tanulásuk menedzselésének, ami elősegítheti a metakognitív tudatosság, az önszabályozó tanulás és az élethosszig tartó tanuláshoz szükséges kompetenciák fejlődését. Ugyanakkor ez a fajta autonómia új kihívásokat is jelent, különösen a motiválatlanabb vagy gyengébb önirányítással rendelkező tanulók esetében – ami a tanári támogatás új típusú szerepét még fontosabbá teszi.

Az iskolai tanulás hagyományos formáira nézve a mikrotanulás bevezetése kettős hatással jár. Egyrészt lazítja a tanórak időkereteinek merevségét, és lehetővé teszi a tanulási idő rugalmasabb, akár tanórán kívüli szervezését is. Másrészt a tantervi logikát is

újrarendelésre készíti: a lineárisan egymásra épülő tananyagtömbök helyett inkább hálózatos, tematikusan összekapcsolódó egységek jellemzik a mikrotanulási szemléletet.

Mindez azonban nem a hagyományos iskolai struktúrák teljes elvetését jelenti, hanem azok kiegészítését és finomhangolását: a mikrotanulás az osztálytermi tanulás kiterjesztésének, személyre szabásának és időbeliségének újraértelmezését teszi lehetővé. A tanulás így nem zárul le az iskolai falak között, hanem digitális támogatással egy sokkal folytonosabb, életszerűbb tanulási folyamat része lehet. A mikrotanulás beépítése tehát nem a „rövidség” kultuszát, hanem a tanulási idő szerkezetének tudatos újratervezését jelenti a digitális korszak tanulási környezeteiben.

### 3. Alkalmazott módszerek és eszközök

A kutatási folyamat során a XXI. század elejére jellemző neveléstudományi kutatási irányzatok mindhárom típusát alkalmaztam, amelyeket az alábbiak szerint kategorizáltak (Prantner, 2019; Burkhardt & Schoenfeld, 2003):

- elméleti, kvalitatív megközelítés („the humanities approach”),
- kvantitatív, tudományos módszertan („the science approach”),
- valamint a rendszerfejlesztésre irányuló kutatási megközelítés („the engineering approach”).

Prantner nyomán a szakirodalmi kutatások kategóriájába sorolható a disszertáció második fejezete; az empirikus vizsgálatok közé tartoznak a kérdőíves felmérések, a webergonómiai ellenőrzések és a logfile-elemzések; míg a rendszerfejlesztésre irányuló kutatások közé az adaptív e-learning rendszer tervezési, fejlesztési és ellenőrzési folyamatai.

A kidolgozott koncepció és a fejlesztett rendszer kapcsán kiemelő, hogy az oktatás területén gyakorlati eredmények elérésére irányul, és az oktatás mindennapi gyakorlatában történő vizsgálatot célozza. Ennek megfelelően a kutatást akciókutatás (Action Research) keretében valósítottam meg, amelyet a tervalapú kutatás (Design-Based Research) módszertanával ötvöztem.

A három említett rendszertervezési, -fejlesztési és -ellenőrzési folyamat Nádasi András (2015) tanulmánya alapján a fejlesztő kutatások kategóriájába sorolható. Nádasi rámutat arra, hogy a fejlesztő kutatások mindig valamilyen konkrét eredményt, újszerű hozadékot kínálnak, és különösen értékesek az oktatástechnológiai kutatások területén.

Az általam végzett kutatás tervező-fejlesztő-ellenőrző része, azaz hármasa az OECD Frascati-kézikönyve szerint pedig kísérleti fejlesztésnek tekinthető.

Dolgozatomat módszertani trianguláció jellemzi, mivel az irodalomkutatás, az akciókutatás és a tervalapú kutatások mellett kvantitatív kérdőíves kiértékelést, szemmozgáskövető vizsgálatot és logfile-elemzést is alkalmazok. Az irodalomkutatás fontos szerepet tölt be az adaptív tanulási környezetekkel kapcsolatos szakirodalom áttekintésében, amely az elméleti háttér megalapozását szolgálja. Ez a lépés lehetővé teszi a meglévő tudás kritikai feldolgozását, valamint az aktuális trendek és kutatási hiányosságok feltárását.

A kvantitatív kérdőíves felmérések alkalmazásával széles körű adatok gyűjthetők a pedagógusok és a diákok attitűdjeiről, tapasztalatairól és véleményéről. Ezek a strukturált adatok statisztikai elemzés révén megbízható következtetéseket tesznek lehetővé az adaptív környezet hatékonyságáról.

Ezenkívül a logfile-elemzés objektív, automatizált forrásból származó adatokat szolgáltat az adaptív tanulási környezet használatáról, például a diákok aktivitásáról, az egyes feladatokra fordított időről, valamint a próbálkozások számáról. Ez az adatelemzési módszer kvantitatív módon járul hozzá a tanulási folyamatok megértéséhez. Az akciókutatás (Action Research) keretében a gyakorlati kipróbálás folyamatos visszacsatolással és finomhangolással valósul meg. Ez a módszer különösen hasznos az oktatási környezet valós iskolai környezetben történő tesztelése során. Végül, a tervalapú kutatás (Design-Based Research) módszertanának alkalmazásával az oktatási környezet fejlesztésének és tesztelésének iteratív folyamata valósul meg. Ez lehetővé teszi, hogy a rendszer tervezése és fejlesztése szorosan illeszkedjen a gyakorlati felhasználási igényekhez és a kutatás során feltárt eredményekhez.

Ezen módszerek együttes alkalmazása biztosítja, hogy a kutatás eredményei megalapozottak, érvényesek és a gyakorlatban is alkalmazhatók legyenek. A módszertani trianguláció hozzájárul az adatgyűjtés és -elemzés szempontjainak sokszínűségéhez, ezzel növelve a kutatás tudományos értékét.

Flick (2005) elmélete szerint módszertriangulációt és adattriangulációt is magában foglal (Sántha, 2007), vagyis ugyanazon kérdés megválaszolásához többféle módszert alkalmazunk, és többféle forrásból gyűjtünk adatokat. „A trianguláció a különböző módszerek, technikák vagy forráscsoportok párhuzamos, együttes használatát jelenti. ... Más értelmezésben a trianguláció a belső validitást és az autentikusságot biztosítja” (Sántha, 2007).

### **3.1. Új eszköz a digitális pedagógia szolgálatában**

A XXI. század oktatási rendszereiben az új technológiai megoldások és a digitális tanulási környezetek kiemelkedő szerepet kaptak. A hagyományos oktatási formák mellett egyre nagyobb teret nyernek az online, digitális platformok, amelyek lehetőséget biztosítanak a tanulás személyre szabására és a különböző tanulói igényekhez való alkalmazkodásra. Az adaptív e-learning rendszerek ezen igények kielégítésében kiemelt szerepet játszanak, mivel képesek a tanulók tudásszintjéhez és tanulási üteméhez igazodva támogatni a tanulási folyamatokat. Az ilyen rendszerek sikeres megvalósításához elengedhetetlen a megfelelő technológiai háttér biztosítása, amely nemcsak a fejlesztési igényeknek, hanem a skálázhatóságnak és biztonságnak is megfelel, miközben javítja a tanulói élményt.

A Laravel egy nyílt forráskódú PHP keretrendszer, amely a modern webalkalmazások fejlesztését segíti elő. A keretrendszer moduláris felépítése és az MVC

(Model-View-Controller) architektúra lehetővé teszi a könnyű karbantartást és bővíthetőséget. Ez különösen fontos az adaptív e-learning rendszerek számára, mivel ezek az alkalmazások folyamatosan változnak és fejlődnek az új igényeknek megfelelően. A Laravel gyors fejlesztést biztosít, és segít a webalkalmazások biztonságos és hatékony felépítésében, megfelelően a legszigorúbb elvárásoknak is.

Az adaptív e-learning rendszerek egyik legfontosabb jellemzője a személyre szabott tanulási élmény biztosítása, amely lehetővé teszi, hogy a rendszer automatikusan alkalmazkodjon a tanuló tudásszintjéhez és előrehaladásához. A Laravel lehetőséget biztosít olyan funkciók egyszerű implementálására, mint a felhasználói regisztráció, bejelentkezés és jogosultságkezelés, amelyek minden modern online oktatási rendszer alapját képezik. A Laravel beépített autentikációs rendszere segít a felhasználói adatok védelmében, és lehetőséget biztosít a jelszókezelésre, a CAPTCHA alkalmazására, valamint a különböző felhasználói szerepkörök kialakítására, így garantálva a biztonságos hozzáférést a tananyagokhoz és a különböző modulokhoz.

A Laravel lehetőséget ad arra is, hogy az oktatás különböző aspektusai integrálhatók legyenek, mint például a kurzusok kezelése, multimédiás tartalmak (például videók, képek) beágyazása, és a tanulói előrehaladás nyomon követése. Az e-learning rendszerek gyakran összetett adatkezelést igényelnek, például a tanulók aktivitásának és teljesítményének rögzítését. A Laravel fejlesztési eszközei, mint az Eloquent ORM, segítenek az adatok egyszerű és hatékony kezelésében, valamint a tanulói eredmények és tevékenységek nyomon követésében.

A Laravel különösen előnyös azokban az esetekben, amikor interaktív elemeket kell beépíteni a rendszerbe, mint például tesztek, kérdőívek, fórumok és chat rendszerek. Ezek az elemek növelik a tanulók elköteleződését és interakcióját, ami kulcsfontosságú az adaptív rendszerek sikeres működésében. Az interaktív tanulási módok segítik elő a személyre szabott tanulási utakat, miközben fenntartják a tanulók motivációját.

A Laravel emellett támogatja a RESTful API fejlesztést, amely lehetővé teszi a különböző külső rendszerek és eszközök integrálását, például más oktatási platformokkal, valamint az oktatási anyagok, tesztek és eredmények megosztását. Az API-k alkalmazása lehetővé teszi, hogy az e-learning rendszer folyamatosan bővüljön és alkalmazkodjon a jövőbeli fejlesztésekhez, például a mesterséges intelligencia alkalmazásához a tanulók fejlődésének automatikus nyomon követésére, vagy az automatizált tanulói támogatási rendszerek beépítésére.



A Laravel keretrendszer kulcsszerepet játszik egy sikeres adaptív e-learning rendszer fejlesztésében. Biztosítja a hatékony fejlesztést, stabilitást és biztonságot, miközben lehetővé teszi a rendszerek rugalmas alkalmazkodását a változó oktatási igényekhez. A Laravel használata elősegíti a tanulási élmény optimalizálását, amely alapvető a jövő oktatási környezetében.

A didaktikai tervezés az oktatás tervezési és megvalósítási folyamatának egyik alapvető része, amely meghatározza, hogy az oktatás milyen módon valósul meg, hogyan szerveződnek a tanulási folyamatok, és hogyan érhetők el a kitűzött oktatási célok. A Laravel keretrendszer lehetőséget biztosít egy olyan technológiai háttér megteremtésére, amely támogatja a tanulói tevékenységek nyomon követését, az egyéni tanulási útvonalak kialakítását, valamint az automatikus visszajelzés biztosítását, így elősegítve a személyre szabott oktatást.

A didaktikai tervezésben alkalmazott PADDIE+M modell (14. ábra) a klasszikus ADDIE modell továbbfejlesztett változata (Abonyi-Tóth, 2021), amely az elemzés (Analyze), tervezés (Design), fejlesztés (Develop), kivitelezés (Implement) és értékelés (Evaluate) fázisokon túl két további fázist, a „tervezés” (Planning) és a „karbantartás” (Maintenance) fázisokat tartalmazza.



14. ábra A PADDIE+M modell felépítése

Forrás: <https://www.caci.com/all-source-analysis-tradecraft-academy>

A PADDIE+M modell egyik újdonsága a tervezési fázis (Planning), amely elősegíti a projekt céljainak, forrásainak és ütemezésének meghatározását. Az adaptív e-learning rendszerek esetében a tervezés kulcsfontosságú szakasz, mivel az egyéni tanulási utak kialakítása, a szükséges eszközök és technológiai háttér meghatározása, valamint az oktatási

célok és igények összegyűjtése alapozza meg a rendszer további fázisait. A tervezés során fontos, hogy a fejlesztők és oktatók világos iránymutatásokat kapjanak a tanulói igényekről, a szükséges tartalmakról és az elérni kívánt tanulási eredményekről, valamint, hogy ezek hogyan illeszkednek az egyes tanulók előrehaladásához és tudásszintjéhez.

A tervezési fázisban fontos figyelembe venni, hogy az adaptív e-learning rendszereknek képesnek kell lenniük automatikusan alkalmazkodni a tanulók változó igényeihez, így a tanulási környezetek formájának kiválasztása során a személyre szabott, dinamikusan változó tanulási utakra kell összpontosítani. A megfelelő módszertani eszközök kiválasztása, mint például a kvízek, tesztek, videók és multimédiás tartalmak, szintén kulcsfontosságúak a tervezés során.

Az elemzési fázis során az oktatók és fejlesztők felméri a tanulói igényeket, a tanulási célokat és az oktatási környezet jellemzőit. A PADDIE+M modell alapján az elemzési fázis az alapja minden későbbi döntésnek, mivel itt kerülnek meghatározásra azok a célcsoportok, akik számára az adaptív rendszer készül. Az elemzés segítségével az oktatók és fejlesztők azonosítják a tanulói szükségleteket és azokat az akadályokat, amelyeket az online tanulás során el kell kerülni, így biztosítva a személyre szabott tanulási élményt.

A tanulói adatok gyűjtése, mint a tudásszint, a tanulási stílusok és a motiváció, lehetővé teszi a rendszer számára, hogy az egyes tanulókhoz igazodva alakítson ki tanulási utakat. A felmért igényeknek megfelelően a rendszer a következő fázisokban képes lesz testreszabott tartalmakat és feladatokat kínálni, ami az egyik legfontosabb jellemzője az adaptív rendszereknek.

A fejlesztési fázis a PADDIE+M modell harmadik szakasza, amely során a tananyagokat és a szükséges interaktív elemeket készítjük el. Az adaptív e-learning rendszerek esetében a fejlesztés során az oktatók és fejlesztők multimédiás tartalmakat (pl. videók, interaktív szimulációk) hoznak létre, amelyeket a tanulók igényeihez és előrehaladásához igazítanak. A tananyagok és feladatok interaktívvá tétele lehetőséget ad arra, hogy a tanulók az őket legjobban segítő formában sajátítsák el az anyagot.

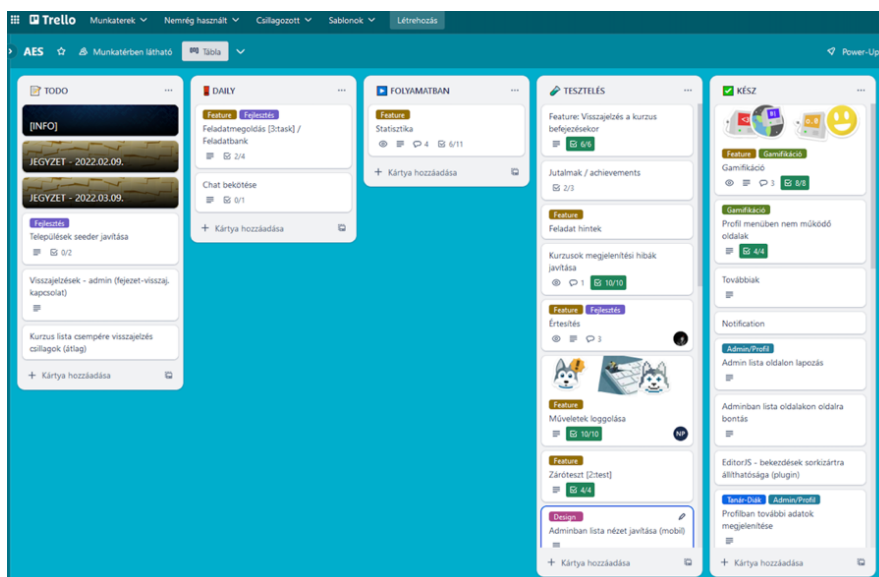
A fejlesztés során a technikai háttér megteremtése mellett szükség van a tesztelésre is. Az adaptív rendszernek képesnek kell lennie arra, hogy a tanulók visszajelzései és előrehaladása alapján valós időben alkalmazkodjon, új feladatokat, teszteket generáljon, illetve szükség esetén módosítsa a tanulási útvonalat.

A kivitelezési fázisban az elkészült tananyagokat és modulokat az adaptív e-tanulási rendszerbe kell feltölteni, és biztosítani kell, hogy a tanulók számára elérhetővé váljanak. Az adaptív e-learning rendszerek esetében a kivitelezés során különös figyelmet kell

fordítani arra, hogy a rendszer megfelelően működjön az egyes tanulók számára, és képes legyen nyújtani a kívánt testreszabott tanulási élményt. Ezen kívül a tanulók aktivitásait és előrehaladásukat folyamatosan nyomon kell követni, hogy a rendszer dinamikusan alkalmazkodni tudjon a változó igényekhez. A pilot vizsgálat megszervezése lehetőséget ad arra, hogy a rendszert valós környezetben teszteljük, és az esetlegesen felmerülő hibákat vagy fejlesztési igényeket gyorsan kezeljük.

Az értékelés fázisa az ADDIE modellben is kulcsfontosságú szerepet játszik, és a PADDIE+M modell továbbfejlesztett változatában sem maradhat el. Az értékelés során az oktatók és fejlesztők az eredmények, a tanulói teljesítmény, valamint a tanulási élmény visszajelzései alapján elemzik a rendszer hatékonyságát. Az adaptív rendszerek esetében különös figyelmet kell fordítani a tanulók fejlődésére, valamint arra, hogy a rendszer képes legyen a tanulók számára folyamatos támogatást és visszajelzést biztosítani. A formatív értékelés az oktatás és a tanulás folyamán történik, míg a szummatív értékelés a tanulás végén összegzi a teljesítményt, lehetőséget adva a jövőbeli fejlesztésekhez.

A PADDIE+M modellben a karbantartás (Maintenance) fázis az egyik legfontosabb új elem. Az adaptív e-learning rendszerek folyamatosan fejlődnek, így a karbantartás során biztosítani kell a rendszer frissítését, a tanulói visszajelzések integrálását, és a technológiai változásokhoz való alkalmazkodást. A karbantartási fázis lehetőséget ad arra, hogy az oktatók és fejlesztők folyamatosan figyelemmel kísérjék a rendszer működését, és szükség esetén finomhangolják a tanulási útvonalakat.



15. ábra Fejlesztési fázisok  
Saját forrás

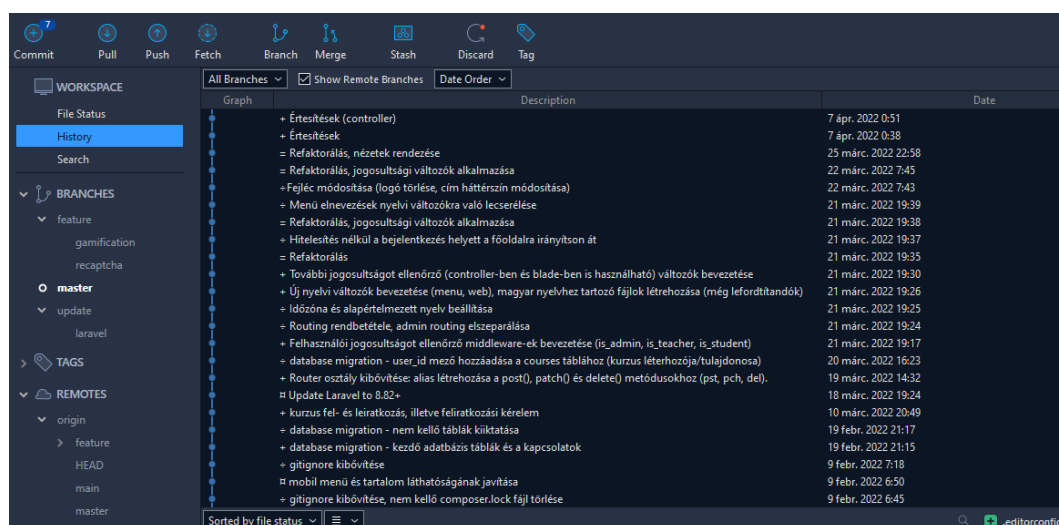
A PADDIE+M modell alkalmazásának támogatására számos projektmenedzsment és csoportmunka-eszköz áll rendelkezésre. A Trello (15. ábra) például lehetőséget biztosít a

projekt csapattagjai számára, hogy könnyen nyomon követhessék az egyes fázisokban elvégzendő feladatokat, és kezeljék a felelősöket, határidőket. Az ilyen típusú eszközök biztosítják, hogy a tanulásszervezési folyamat minden szakasza hatékonyan és átláthatóan valósuljon meg.

Az AES fejlesztése során a hatékony verziókezelés és együttműködés kulcsfontosságú tényezők voltak a projekt sikeres megvalósításában. A Git programot használtam a verziókezelésre, amely alapvető szerepet játszott a fejlesztési folyamatban, mert lehetővé tette számomra minden egyes forráskódbeli módosítás, új fejlesztés és változtatás nyomon követését. Az eszköz lehetővé tette, hogy ha szükséges volt, gyorsan visszatérjek egy korábbi verzióhoz, így biztosítva a fejlesztés biztonságát és megbízhatóságát.

A Git előnyei különösen az adaptív rendszerek fejlesztése során váltak nyilvánvalóvá, mivel a rendszer folyamatos frissítéseket és új funkciók integrálását igényelte. A verziókezelés segített abban, hogy a fejlesztések gyorsan és biztonságosan beépíthetők legyenek a rendszerbe, miközben megőriztem a kód minőségét és stabilitását.

A folyamatos integráció (Continuous Integration, CI) elve kiemelt szerepet kapott a fejlesztési folyamatban, az új változtatásokat automatikusan tesztelni és beépíteni tudtam a rendszerbe, anélkül, hogy azok hibákat okoztak volna. A CI-vel integrált Git használata (16. ábra) biztosította, hogy minden módosítás tesztelve és validálva legyen, mielőtt az éles környezetbe kerül. A folyamatos integráció lehetővé tette, hogy az új funkciókat zökkenőmentesen illesszem be az adaptív rendszerbe, miközben biztosítottam a fejlesztési folyamat folytonosságát és a rendszer stabilitását.



16. ábra Az adaptív e-learning rendszer verziókezelése (részlet)  
Saját forrás

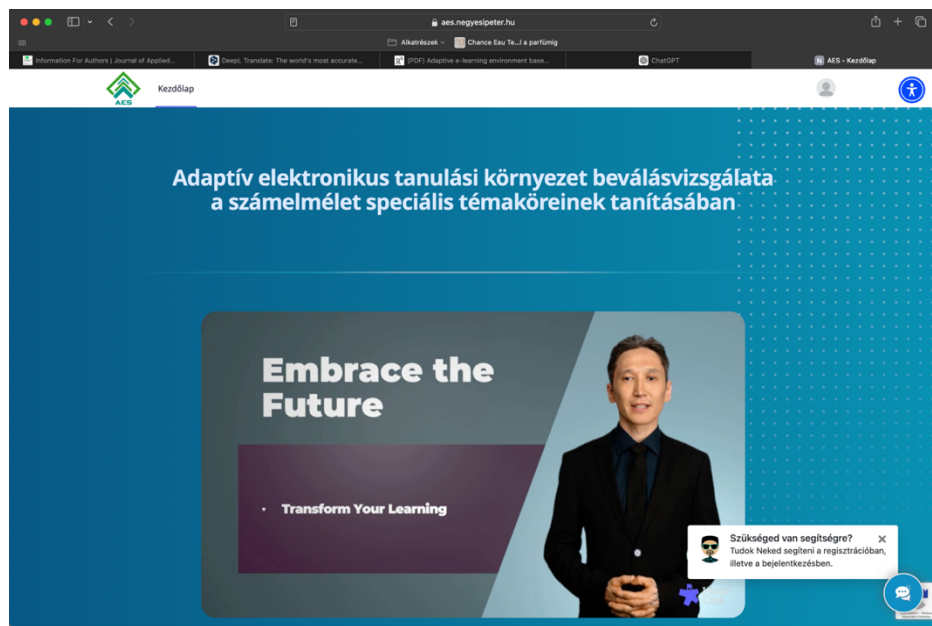
A Git a fejlesztés biztonságának fenntartásában is alapvető szerepet játszott. A rendszer komplexitása és folyamatos változása miatt elengedhetetlen volt, hogy bármikor vissza tudjak térni egy korábbi verzióhoz, ha valamilyen kritikus hiba történt. A Git segítségével könnyedén visszavonhattam a változtatásokat, ha egy új funkció implementálása közben hibát fedeztem fel, így minimalizálva a rendszerben keletkező problémák hatását. A verziókezelés biztosította, hogy minden fejlesztés nyomon követhető maradjon, és a hibák gyorsan javíthatók legyenek, anélkül, hogy az egész projekt működését veszélyeztettem volna.

### **3.1.1. Az adaptív e-tanulási környezet (AES) bemutatása**

A didaktikai tervezést, valamint az adatbázis (1. melléklet) megtervezését követően került sor a rendszer fejlesztésének megkezdésére. Az első lépés a helyi (localhost) és az éles webtárhely előkészítése, valamint a saját domain-emhez egy aldomain (<https://aes.negyesipeter.hu>) létrehozása volt. Ezután a Laravel keretrendszer localhost-ra és webszerverre való feltelepítése és beüzemelése következett.

A Laravel 10 telepítése és konfigurálása viszonylag egyszerű folyamat, amelyet a megfelelő rendszerelőfeltételek megléte mellett könnyedén elvégeztem a következő lépésekkel. Először ellenőriztem a rendszerelőfeltételeket. Mivel a Laravel PHP alapú keretrendszer, biztosítanom kellett, hogy a gépemen a megfelelő PHP verzió telepítve legyen. Mivel a Laravel 10 futtatásához PHP 8.1 vagy újabb verzió szükséges, ellenőriztem a PHP verzióját. Ezt követően a Composer eszközt telepítettem, mivel ez a PHP csomagkezelő lehetővé teszi a függőségek kezelését és az alkalmazás telepítését. A Composer telepítése után annak verzióját is ellenőriztem. Szükségem volt egy adatbázis-kezelő rendszerre (MySQL) is, mivel ezek elengedhetetlenek a Laravel adatkezeléséhez. A Laravel telepítését a Composer segítségével végeztem el, mivel ez a leghatékonyabb módja az új projekt létrehozásának. Az ehhez szükséges terminálparancsban a project-name helyére az általam választott mappanevet írtam, amely a projekt nevét jelöli. Ez a parancs letöltötte a Laravel legfrissebb verzióját és minden szükséges fájlt a kiválasztott mappába telepített. A telepítés után beléptem a projekt mappájába, egy alap konfigurációt végeztem el, amelyet a .env fájl segítségével hajtottam végre. Ehhez először átmásoltam a .env.example fájlt .env néven. Ezután generáltam egy új alkalmazáskulcsot, a .env fájlban beállítottam az adatbázis kapcsolatot, mivel a projekt MySQL adatbázist használ. Miután elvégeztem a konfigurációkat, elindítottam a beépített fejlesztői szerveret, majd megnyitottam a böngészőt, és ellenőriztem, hogy a Laravel üdvözlőoldal megjelenik-e, ami a telepítés sikerességét igazolta.

A telepítés után további csomagokat (Bootstrap, Vue.js, TailwindCSS) integráltam az NPM segítségével, amelyek segítettek a projekt funkcionalitásának bővítésében. Miután a projekt sikeresen telepítve és konfigurálva lett, futtattam az adatbázis migrációkat, hogy előkészítsem az adatbázist a szükséges táblák létrehozására. A rendszer telepítése és az igényfelmérő kérdőíves vizsgálatok elemzését követően elkezdtem a fejlesztést és testreszabást a projekt speciális igényeinek megfelelően. A szükséges hibajavítások elvégzése és további tesztelés után – amely egy megközelítőleg 2 éves időszak eredménye – az adaptív e-learning rendszer éles üzemeltetésre készen állt (17. ábra).



17. ábra Az adaptív e-learning rendszer (AES) kezdőlapja  
Forrás: <https://aes.negyesipeter.hu>

A portálra történő regisztrációt (18. ábra) úgy implementáltam, hogy csak az általános felhasználási feltételek és az adatkezelési tájékoztató elfogadásával legyen lehetséges.

### Regisztráció

Vezetéknév

Keresztnév

Felhasználónév

E-mail cím

Jelszó

Jelszó újra

☐ Az Általános felhasználási feltételekben és az Adatkezelési tájékoztatóban foglaltakat megismertem és elfogadom.

Van már fiókod? [Bejelentkezés](#)

Regisztráció

## Bejelentkezés

E-mail cím

Jelszó

Még nincs fiókod? [Regisztráció](#)

Bejelentkezés

18. ábra A regisztrációs és a bejelentkezési felület  
Saját forrás

A regisztrációt és bejelentkezést követően a tanulók a kurzusok oldalára kerülnek átirányításra, ahol jelentkezni tudnak rájuk. A rendszerbe regisztrált pedagógusokhoz hozzárendelésre kerültek csoportjának/osztályának diákjai a vizsgálat megkezdése előtt. A kurzusokra történő jelentkezésről a pedagógus értesítést kap, a feliratkozást engedélyeznie szükséges (19. ábra).

**RÉSZTVEVŐK**

- Intézmények
- Osztályok
- Felhasználók

**TARTALOM**

- Kurzusok
- Tananyagok
- Modulok
- Fejezetek
- Tartalmak

**SZÁMONKÉRÉS**

- Ellenőrző kérdések
- Záróteszt
- Feladatok

**EGYÉB**

- Feliratkozások
- Statistika
- Visszajelzések

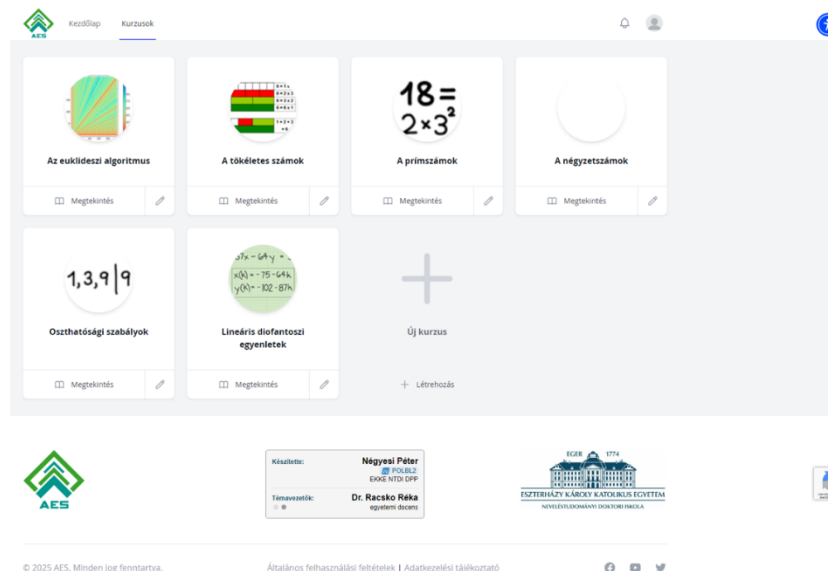
#### Kurzus feliratkozási kérelmek

KURZUS NEVE	JELENTKEZŐ NEVE	DÁTUM ÉS IDŐ	MŰVELETEK
<input type="checkbox"/> Az euklideszi algoritmus	T*** B***	2024-03-04 13:50:40 Nem volt módosítva	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Az euklideszi algoritmus	R*** K***	2024-03-06 09:33:10 Nem volt módosítva	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> A tökéletes számok	A*** P***	2024-03-06 09:47:02 Nem volt módosítva	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> A négyzetszámok	A*** T***	2024-03-12 15:23:48 Nem volt módosítva	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> A prímszámok	M*** G***	2024-03-15 10:20:34 Nem volt módosítva	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Lineáris diofantoszi egyenletek	N*** V***	2024-03-27 12:41:52 Nem volt módosítva	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

1 - 6 / 6

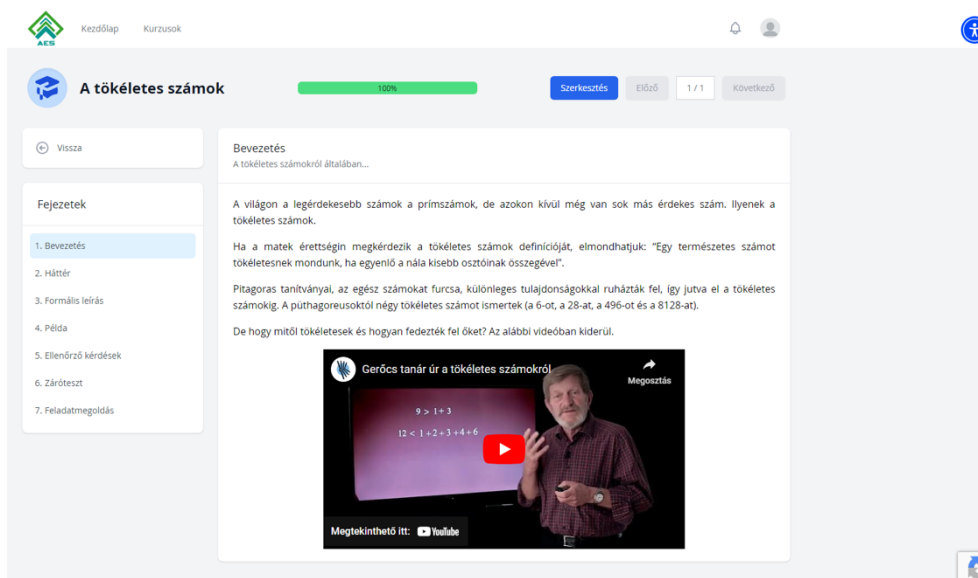
19. ábra A feliratkozások kezelése  
Saját forrás

A diákok az adaptív e-learning rendszer használata közben 6 számelméleti témakörrel/kurzussal (20. ábra) ismerkedhettek meg: az euklideszi algoritmussal, a tökéletes számokkal, a prímszámokkal, a négyzetszámokkal, az oszthatósági szabályokkal és a lineáris diofantoszi egyenletekkel.



20. ábra A számelméleti témakörök  
Saját forrás

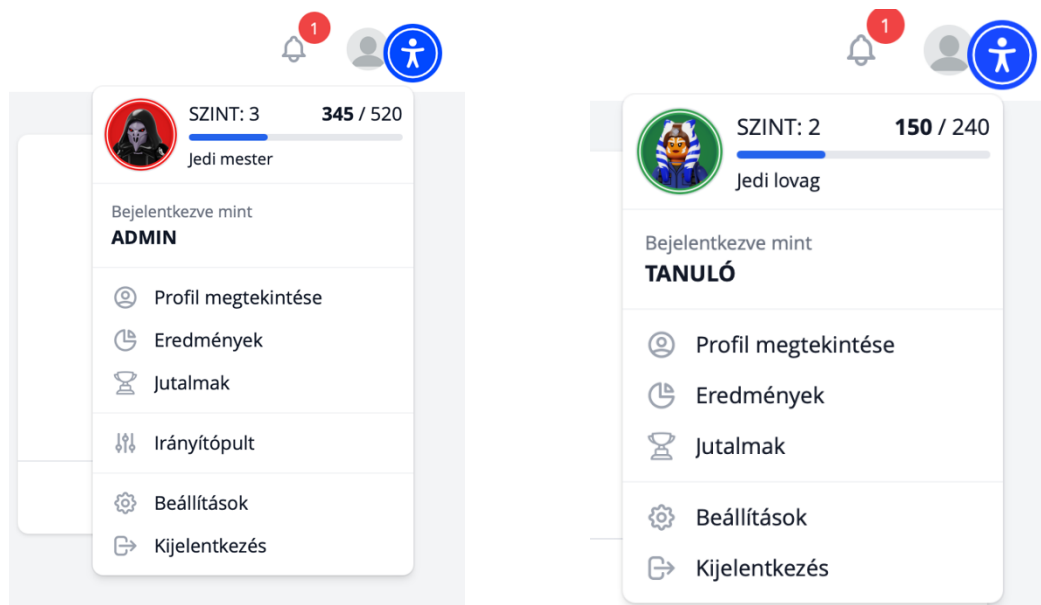
Az egyes témakörök szerkezeti felépítését (21. ábra) tekintve fontos kiemelni, hogy a következő fejezet csak az előző elolvasása/feldolgozása után válik elérhetővé/kattinthatóvá. Az előrehaladást egy folyamatjelző szalag mutatja, amely azt a funkciót is szolgálja, hogy a diákok kilépés majd visszatérés után ott tudják folytatni a tanulást, ahol abbahagyták.



21. ábra A tökéletes számok témakörének szerkezeti felépítése  
Saját forrás



A felhasználók a jobb felső sarokban elhelyezett menü ikonra kattintva kiválaszthatják a „Profil megtekintése” menüpontot (22. ábra), ahol megtekinthetik és szerkeszthetik adataikat, megnézhetik az addig elért eredményeiket, a kiérdemelt jutalmaikat.



22. ábra A menü felépítése (admin és tanulói jogosultsággal)  
Saját forrás

Az avatarok használata az előzetes igényfelmérés egyik legnépszerűbb pontja volt, így természetesen a fejlesztés részét képezték. A szerző vonzódása a Star Wars kánonhoz azonnali ötletként szolgált az avatarok témáját illetően (23. ábra).



23. ábra A felhasználói avatarok  
Saját forrás


A diákok az adaptív tanulási rendszer használata közben a tanulás új formája mellett tapasztalati pontokat is szereztek az aktivitásuk alapján, melyek szintlépéseket tettek lehetővé (24. ábra). Ez a gamifikációs megoldás nem új a nap alatt, mégis elengedhetetlen

részét képezi a korszerű tanulási környezeteknek. A rendszer biztonságos, „botmentes” használatáról a reCAPTCHA védelem gondoskodik.

ÉRTESÍTÉS	IDŐPONT	
10 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: napi bejelentkezés.	2025-01-22 14:06:28	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
10 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: napi bejelentkezés.	2025-01-15 19:25:40	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
10 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: napi bejelentkezés.	2024-10-18 19:03:23	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
20 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: a záróteszted eredménye 90% feletti.	2024-10-13 10:32:13	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
20 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: a záróteszted eredménye 90% feletti.	2024-10-13 10:14:49	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
15 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: a záróteszted eredménye 90% feletti.	2024-10-13 10:07:28	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
20 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: a záróteszted eredménye 90% feletti.	2024-10-13 09:46:01	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
10 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: napi bejelentkezés.	2024-10-13 09:23:01	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
Szintlépés! A következő szintre léptél: Jedi mester.	2024-10-13 09:23:01	Olvasva   <a href="#">Törlés</a>
10 tapasztalati pontot kaptál a következő okból: napi bejelentkezés.	2024-09-29 09:40:52	


24. ábra Értesítések a kapott tapasztalati pontokról, a szintlépésekről  
Saját forrás


A tananyagegységek feldolgozását az „Ellenőrző kérdések” megválaszolása követi, amely a hagyományos online kurzusfelépítés kulcsfontosságú része. Ezt követi a „Záróteszt” megoldása (25. ábra), amelynek automatikus kiértékeléssel megkapott eredményétől függ a „Feladatmegoldás” részben az első megoldandó feladat nehézségi szintje.



Kérdőlap

Kurzusok





A tökéletes számok

100%

Szerkesztés

Vissza

Fejezetek

1. Bevezetés

2. Háttér

3. Formális leírás

4. Példa

5. Ellenőrző kérdések

6. Záróteszt

7. Feladatmegoldás

A tökéletes számok

1. Mikor nevezünk egy számot tökéletesnek?

☐ Ha egyenlő a nála kisebb osztóinak különbségével.
☐ Ha egyenlő a nála kisebb osztóinak szorzatával.
☐ Ha egyenlő a nála kisebb osztóinak hányadosával.
☒ Ha egyenlő a nála kisebb osztóinak összegével.

2. Egészítsd ki az alábbi mondatot a megadott helyeken!

A Püthagoreusokról úgy gondolták, hogy a világ  épül föl.

3. Melyik az első, tökéletes számokkal foglalkozó, ma ismert írás?

☐ Eukleidész Adatok című műve.
☐ Eukleidész Az alakok osztása műve.
☒ Eukleidész Elemek című műve.
☐ Eukleidész Optika című műve.

4. Egészítsd ki az alábbi mondatot a megadott helyeken!

Manapság tökéletes számoknak az olyan  egész számokat nevezzük, melyek kétszerese egyenlő pozitív  összegével.

5. Mennyi az 500 osztóinak összege?

☒  $(1 + 2 + 2^2) \cdot (1 + 5 + 5^2 + 5^3)$ 
☒ 592
☐  $(1 + 2 + 2^2) \cdot (1 + 5 + 5^3)$ 
☐ 1092

Eredmény: 7 / 7 pont (100,00%)

25. ábra A záróteszt automatikus kiértékelés  
Saját forrás

Az adaptív tanulási környezet bővíthető feladatbankjában közép- és emeltszintű, saját készítésű feladatok találhatók, 5-5 nehézségi szinttel (K1-K5 és E1-E5), az egyes témakörökhöz kapcsolódóan. Minden kurzus/témakör esetében 5 – a legjobb esetben emelkedő nehézségi szintű – feladatot (26. ábra) kell megoldaniuk a diákoknak.

26. ábra A feladatok szerkezete  
Saját forrás

Az adaptivitás biztosítása érdekében ugyanakkor a rendszer vizsgálja, hogy a három részre felosztott feladatmegoldások esetében az egyes diákoknak hány helyes megoldása van, illetve hány segítséget (27. ábra) vett igénybe a feladatonként megadott háromból.

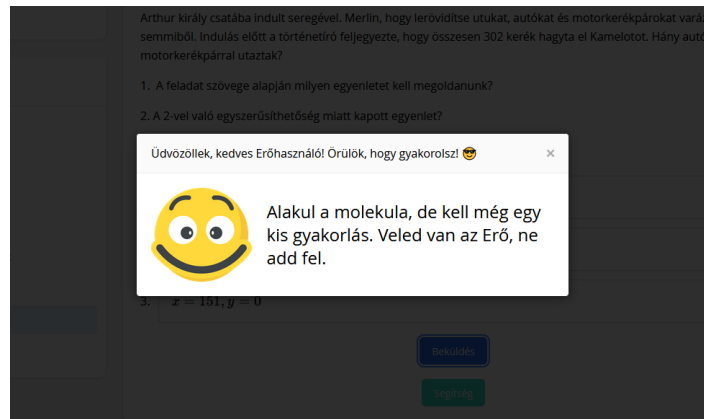
27. ábra A feladatonként igénybe vehető segítségek (hint-ek)  
Saját forrás

Ha a helyes válaszok száma nagyobb vagy egyenlő, mint 2, abban az esetben következik az egy szinttel nehezebb feladat egy jutalmazó üzenet (28. ábra) kíséretében.



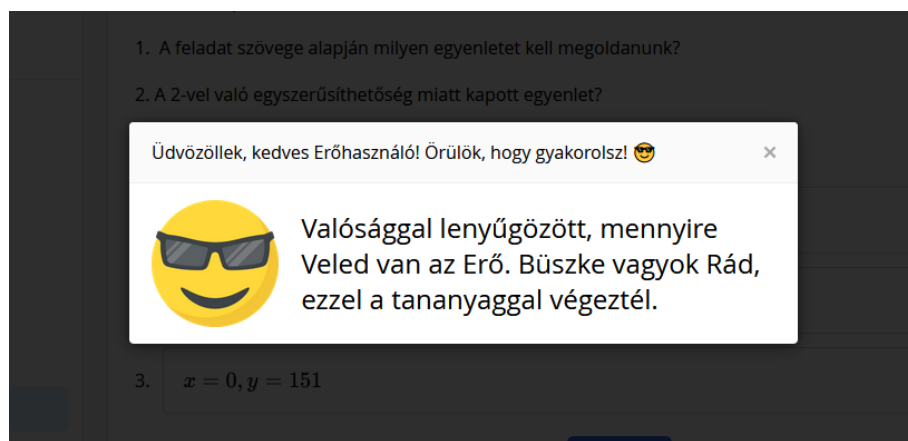
28. ábra Jutalmazó, azonnali visszacsatolás  
Saját forrás

Amennyiben a helyes részmegoldások száma kisebb vagy egyenlő mint 1, úgy a rendszer egy nehézségi szinttel könnyebb feladatot ad a tanulónak ismereteinek stabilizálása érdekében egy motiváló üzenet (29. ábra) kíséretében.



29. ábra Motivációt fenntartó, azonnali visszacsatolás  
Saját forrás

Az 5 megoldandó feladat sikeres teljesítését követően (30. ábra) a rendszer továbbra is nagy hangsúlyt fektet az azonnali visszacsatolásra, az értékelésre. A szerző véleménye szerint ez biztosíthatja a számelméleti témakörökhöz való attitűdjük pozitív irányú változását.



30. ábra Kurzuszáró visszacsatolás

### **3.2. Akciókutatás**

Falus Iván az akciókutatás célját úgy határozza meg, mint egy adott közegben jelentkező konkrét, speciális probléma közvetlen megoldását. Ebben a megközelítésben az elmélet fejlesztése vagy általánosítható alkalmazások kidolgozása nem elsődleges szempont (Falus, 2000). Az akciókutatás elméleti gyökerei egészen Dewey pedagógiai filozófiájáig vezethetők vissza. Dewey hangsúlyozta a közösségi beágyazottság, a tapasztalati tanulás és a reflexióval kísért cselekvéses tanulás jelentőségét, amelyek mind az akciókutatás alapelvei között szerepelnek (Vámos, 2013). Ezek az alapelvek szorosan összefonódnak a tevékenység alapú tanulás („learning by doing”), valamint a kísérletező, kutatás alapú tanulás („inquiry-based learning”) megközelítéseivel.

Az akciókutatás fogalma a XX. század közepén jelent meg Kurt Lewin pszichológus munkássága révén, aki a csoportdinamikai folyamatok és a csoportos véleményváltozások elemzésével foglalkozott. Lewin az akciókutatás folyamatát spirálisan szerveződő szakaszok formájában határozta meg, amelyek a következők: diagnosztizálás, tervezés, a cselekvés megindítása, a tervek megvalósítása, megfigyelés, valamint az új szakasz megtervezése a korábbi tapasztalatok alapján. Ez a spirális struktúra lehetővé teszi a folyamatos reflexiót és a tapasztalatok beépítését a következő lépésekbe.

Coghlan és Brannick (2001) az akciókutatás nemzetközi irodalmában kiemelték a módszertan ciklikus jellegét, amelyet négy fő szakaszra bontottak: diagnosztizálás, tervezés, műveletvégzés és értékelés. E megközelítés különlegessége, hogy hangsúlyozza a ciklusok egymásra épülését és iteratív természetét, amely lehetővé teszi a kutatási folyamat rugalmasságát és alkalmazkodóképességét a változó körülményekhez. Az akciókutatás ezen dinamikus jellege teszi különösen alkalmassá arra, hogy komplex társadalmi problémák megoldásában is hatékonyan alkalmazható legyen.

Az akciókutatás módszertana az oktatás, szociológia, közösségi fejlesztés és egyéb társadalomtudományi területeken alkalmazott megközelítés, amely egyedi módon ötvözi a kutatást és a gyakorlati cselekvést. Ez a kutatási módszertan a problémamegoldásra, a közösségi bevonásra és a fenntartható változásra helyezi a hangsúlyt (Kemmis & McTaggart, 2005). Az akciókutatás célja kettős: egyrészt tudományos értelemben vett ismeretek generálása, másrészt a gyakorlati problémák kezelése és megoldása (Reason & Bradbury, 2008). Ez a módszertan a participáción alapul, vagyis a kutatók és a kutatás alanyai közötti szoros együttműködést feltételezi, ahol a résztvevők aktív szereplőként vesznek részt a kutatási folyamatban (Stringer, 2013).

Az akciókutatás folyamata ciklikus jellegű, amelyben az adatgyűjtés, elemzés, tervezés, cselekvés és értékelés szakaszai ismétlődnek. Ez lehetővé teszi a rugalmasságot és a folyamatos reflexiót. A folyamat során a kutatási probléma pontosítása, a résztvevők által javasolt megoldási stratégiák kialakítása és tesztelése, valamint az eredmények értékelése a közösség aktív bevonásával történik (McNiff, 2017). Az első lépésben a kutatók és a közösség közösen azonosítják a problémát, amely megoldásra vár. Ez gyakran mélyreható beszélgetéseken, interjúkon és közösségi megbeszéléseken alapul, amelyek során az érintettek megosztják tapasztalataikat és nézőpontjaikat (Stringer, 2013). Ezt követően a résztvevők együttműködve kidolgoznak egy akciótervet, amely konkrét lépéseket tartalmaz a probléma kezelésére. A tervezés során figyelembe veszik a rendelkezésre álló erőforrásokat, a lehetséges akadályokat és a célkitűzéseket (Reason & Bradbury, 2008).

Az akciókutatás egyik központi eleme a gyakorlati megvalósítás. A cselekvés során a közösen kialakított tervet valósítják meg, amely magában foglalhat oktatási programokat, közösségi kezdeményezéseket vagy más beavatkozásokat (Kemmis & McTaggart, 2005). A cselekvés során a kutatók és a résztvevők folyamatosan megfigyelik a folyamatot és adatokat gyűjtenek. Ez lehet kvalitatív (pl. interjúk, megfigyelések) vagy kvantitatív (pl. kérdőívek, statisztikai adatok) jellegű (McNiff, 2017). Az utolsó szakaszban a résztvevők közösen elemzik az eredményeket, megvitatják a sikerességet és az esetleges kihívásokat. Az értékelés célja, hogy tanulságokat vonjanak le és szükség esetén újratervezzék a folyamatot (Brydon-Miller et al., 2003).

Az akciókutatás egyik legfontosabb előnye, hogy közvetlenül köthető a gyakorlati alkalmazáshoz. A kutatás során az érintettek saját tapasztalataikat és tudásukat használják fel a problémák megoldására, így az eredmények relevánsak és közvetlenül hasznosíthatóak számukra (Brydon-Miller et al., 2003). Emellett a módszertan lehetőséget ad a marginalizált csoportok hangjának erősítésére és a társadalmi igazságosság érvényesítésére. A módszertan azonban kihívásokkal is jár. A kutatás eredményeit jelentősen befolyásolhatja a kutatási folyamat szubjektív jellege, valamint a pedagógiai környezetből fakadó szerephierarchiák. Az oktatási kontextusban a diákok közötti interakciókat, illetve a kutató és a résztvevők közötti aszimmetrikus viszonyokat az eltérő tapasztalatok, tudásállapotok és a tanári-kutatói szerepkör határozza meg, amely befolyásolhatja a kutatási folyamat dinamikáját (Herr & Anderson, 2015). Az időigényesség és a kiszámíthatatlan kimenetel további nehézségeket jelenthet, különösen akkor, ha a folyamat során nem áll rendelkezésre megfelelő támogatás vagy erőforrás.

Az akciókutatás folyamata során végig érvényesült a ciklikusság elve, amely magában foglalta az állandó elemzést (4-4 kelet-magyarországi gimnázium és egyetem bevonásával) és diagnosztizálást, az újratervezést, valamint a tervek finomítását. Ezeket az új tervekhez igazodó műveletek végrehajtása követte, majd az új tapasztalatok értékelése és az azokból levont reflexió vezetett a folyamatok további módosításához vagy finomításához. A rendszerfejlesztés szakaszában az új tervek megalkotását követően azonnal sor került azok gyakorlati megvalósítására. A rendszerellenőrzés fázisában az új fejlesztéseket és funkciókat teszteltem, biztosítva azok megfelelőségét és hatékonyságát. A webergonómiai ellenőrzés fázisa magában foglalta az akciókutatás fő elemeit. A felhasználói élmény tesztelésével elemeztem és diagnosztizáltam a portált, különös tekintettel a tanulók elégedettségére. Az eredmények alapján újraterveztem az adaptív tanulási környezet egyes részeit, például a menürendszert, a színvilágot, a testreszabhatósági lehetőségeket, a gamifikációs elemeket és a tananyag-struktúra felépítését. Az átdolgozott felületen újabb felhasználói élményteszteket végeztem, hogy ellenőrizsem az implementált változtatások hatékonyságát.

Az akciókutatás eredményeként azt várom, hogy az új adaptív e-learning rendszer órai alkalmazása révén a tanulók motivációja növekedjen a tananyag elsajátítása iránt. Az adaptív rendszer támogatásával az órák érdekesebbé válhatnak, miközben a gyakorlati tudás könnyebben elsajátítható formában jelenik meg.

Emellett célom a rendszer informatikai és didaktikai fejlesztése, amelynek során a platformot folyamatosan finomítom és csiszolom a kutatás során szerzett tapasztalatok alapján. A módszertan és a fejlesztett rendszer folyamatos korrekciója és javítása együttesen fejti ki hatását, várhatóan kumulatív módon javítva a webes platform által támogatott tanítási és tanulási folyamat hatékonyságát.

### **3.3. Tervalapú kutatás**

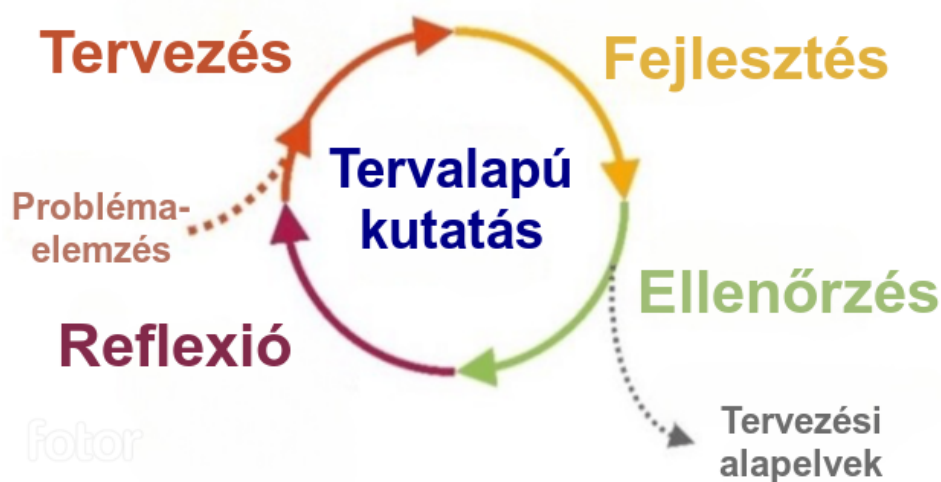
A tervalapú kutatás módszertana a kutatási folyamat strukturált és célirányos megközelítését helyezi előtérbe, amely lehetővé teszi a kutatási kérdések pontos megfogalmazását, az adatgyűjtési eljárások tudatos tervezését, valamint az eredmények értelmezésének rendszerezett megvalósítását. Ez a megközelítés különösen fontos a természettudományokban, társadalomtudományokban és alkalmazott tudományokban, ahol a kutatási eredmények pontossága és megbízhatósága kulcsfontosságú (Creswell, 2014).

A tervalapú kutatás eredetét az 1990-es évek elejére tehetjük, amikor Brown és Collins bevezették a „tervezési kísérlet” (design experiments) fogalmát. E kutatási megközelítés célja az volt, hogy az előzetes tudományos eredményeken alapuló oktatási terveket teszteljék és továbbfejlesszék. Az utóbbi években ez a módszer egyre nagyobb

figyelmet kapott, mint egy feltörekvő kutatási paradigma, amelynek központi törekvése a gyakorlati problémák megoldására irányuló „használatos tudás” előállítása. A módszer filozófiai alapja a pragmatizmus, ahogyan azt Nádasi András (2013) hangsúlyozza.

Nádasi szerint a tervalapú kutatás az indukció (mintázatok azonosítása), a dedukció (elméletek és hipotézisek ellenőrzése), valamint az abdukció (az eredmények értelmezésekor a legvalószínűbb magyarázat kiválasztása) módszertanát egyaránt alkalmazza. A módszert a kvalitatív kutatási hagyomány részeként definiálja, mivel természetes környezetben zajlik, az adott kontextusra reflektál, és elsősorban narratív módon értelmezhető jelenségekkel foglalkozik, nem pedig mennyiségi adatokkal.

A tervalapú kutatás (31. ábra) különösen gyakran kerül alkalmazásra a gyakorlati oktatási problémák megoldása érdekében, különös tekintettel a technológiai alkalmazások tervezésére és implementálására.



31. ábra A tervalapú kutatás fázisai  
Saját forrás

A módszer interaktív, ismétlődő, rugalmas és érzékeny a környezeti tényezőkre. Általában a következő kérdésekre fókuszál: hogyan működnek a terv jellemzői és alapelvei, hogyan fejlesztették ki az innovációkat, valamint milyen változásokat eredményezett a fejlesztési folyamat.

Reeves (2006) tanulmányában három alapelvet határozott meg a tervalapú kutatás kapcsán:

- 1) komplex problémák kezelése valós kontextusban, szakemberekkel való együttműködés révén;
- 2) ismert tervezési alapelvek ötvöztetése fejlett technológiákkal a komplex problémákra adott megalapozott megoldások érdekében;



- 3) innovatív tanulási környezetek tesztelése és finomítása reflektív vizsgálatok révén, valamint új tervezési elvek kidolgozása.

Reeves (2006) a módszer négy fázisát is meghatározta:

- 1) a probléma elemzése;
- 2) a megoldás kidolgozása;
- 3) ismétlődő ciklusok az ellenőrzés és tökéletesítés érdekében;
- 4) a tervezési és fejlesztési elméletek reflexiója.

A tervalapú kutatás egyik legfőbb előnye az eredmények megbízhatósága és megismételhetősége. A strukturált megközelítés segíti a kutatási folyamat átláthatóságát, míg a tudatos tervezés minimalizálja a torzítási forrásokat. Ugyanakkor a módszertani megközelítés kihívásokat is hordozhat, különösen az idő- és erőforrásigényesség terén. Emellett a kutató szubjektivitása és az adatok helytelen interpretálása is befolyásolhatja az eredmények értékét.

#### **3.4. Rendszerellenőrzés és akadálymentesség vizsgálata**

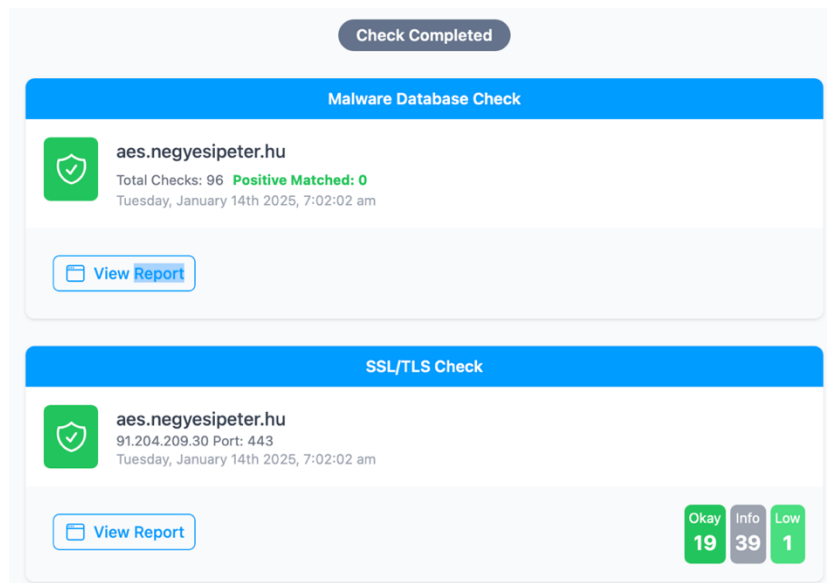
A Laravel egy PHP-alapú, nyílt forráskódú keretrendszer, amely a modern webalkalmazások fejlesztésére specializálódott. Az ilyen rendszerek szabványosságának ellenőrzése elengedhetetlen a weboldalak kompatibilitása, biztonsága és hatékony működése érdekében. A szabványosság szempontjából több területet is figyelembe kell venni, beleértve a kódminőséget, a bemenetek validálását, a teljesítménytesztelést és a biztonsági követelmények teljesítését.

A szabványos Laravel-alapú weboldalak fenntartásához alapvető fontosságú a jól strukturált és dokumentált kód. Az automatikus kódellenőrző eszközök, például a linters és az analitikai rendszerek, segítenek az esetleges hibák és szabványosítási eltérések azonosításában. Ezek biztosítják, hogy a Laravel keretrendszer által ajánlott legjobb gyakorlatoknak való megfelelést.

A bemeneti adatok validálása kulcsfontosságú a biztonság szempontjából. A Laravel beépített validációs eszközei lehetővé teszik, hogy a fejlesztők könnyedén megvizsgálják a felhasználóktól érkező adatokat, és kiszűrjék a potenciálisan káros elemeket. Ez nemcsak a rendszer stabilitását növeli, hanem minimalizálja az adatbázisba kerülő hibás vagy rosszindulatú adatok kockázatát.

A Laravel fejlesztése során a biztonsági szempontok (32. ábra) kiemelt jelentőséget kapnak. A keretrendszer natívan támogatja a legfontosabb biztonsági funkciókat, például az SQL-injekció elleni védelmet. Emellett a rendszeres biztonsági auditok, valamint a legújabb

Laravel-frissítések alkalmazása biztosítja a weboldalak folyamatos védelmét az újonnan felmerülő fenyegetésekkel szemben.



32. ábra Az adaptív e-learning rendszer biztonsági riportja  
Forrás: <https://www.ssltrust.com.au/ssl-tools/website-security-check>

A weboldalak szabványosságának másik kulcsfontosságú aspektusa a teljesítmény optimalizálása. Laravel-alapú weboldalak esetében a gyorsítótárazás (cache) és az adatbázis-lekérdezések optimalizálása jelentős hatással lehet a válaszidőkre. Az olyan eszközök, mint a Laravel Debugbar vagy az Artisan parancssorban elérhető profilozási funkciók, lehetőséget nyújtanak az alkalmazás teljesítményének részletes elemzésére.

A szabványosság ellenőrzésének szerves része az átfogó tesztelési eljárás. A Laravel beépített tesztelési támogatással rendelkezik, amely lehetővé teszi egység- és integrációs tesztek írását. Ezek a tesztek nemcsak a kód működőképességét garantálják, hanem a weboldal stabilitását és megbízhatóságát is növelik.

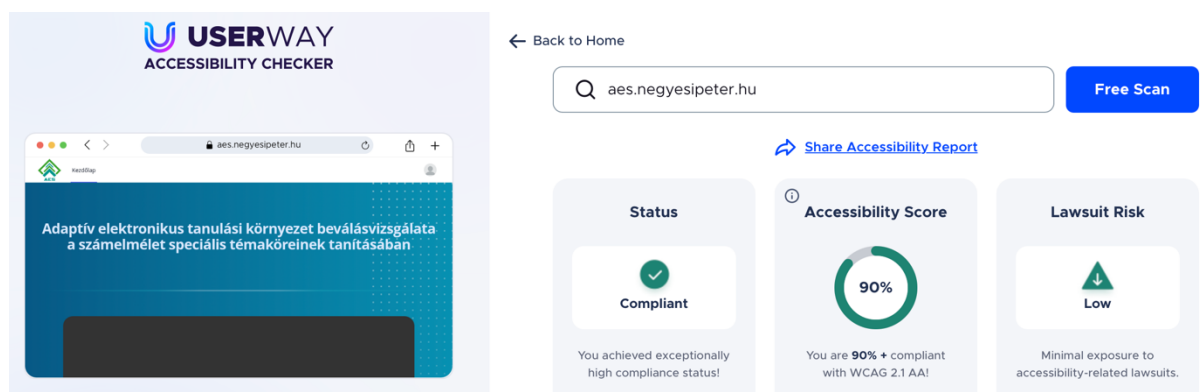
### 3.4.1. Weboldalak akadálymentességének vizsgálata

A digitális akadálymentesség olyan alapelv, amely biztosítja, hogy az online tartalmak, alkalmazások és szolgáltatások minden felhasználó, beleértve a fogyatékkal élő személyeket is, akadálytalanul hozzáférhetők legyenek. A weboldalak akadálymentességének vizsgálata nem csupán technológiai kihívás, hanem társadalmi, jogi és etikai szempontból is kiemelt fontosságú.

Az akadálymentesség alatt azt értjük, hogy a digitális tartalmak és felületek használata során mindenki számára biztosított az egyenlő esélyű hozzáférés. Ez magában foglalja a vak vagy gyengénlátó, hallássérült, mozgáskorlátozott, valamint kognitív vagy tanulási nehézségekkel élő személyek igényeinek figyelembevételét. Az akadálymentesség biztosítása nemcsak az érintettek életminőségének javítása szempontjából fontos, hanem

hozzájárul a társadalmi befogadás és egyenlőség megvalósításához is. A World Wide Web Consortium (W3C) által kidolgozott Web Akadálymentességi Útmutató (Web Content Accessibility Guidelines, WCAG) szabványok meghatározzák azokat a technikai és tervezési elveket, amelyek a weboldalak akadálymentességét biztosítják. A WCAG jelenlegi verziója, a 2.1, négy alapelvre épül: érzékelhetőség, kezelhetőség, érthetőség és robusztusság. Ezek az alapelvek együttesen garantálják, hogy a digitális tartalom minden felhasználó számára hozzáférhető legyen, függetlenül az egyéni képességektől vagy az eszköz típusától.

A weboldalak akadálymentességének vizsgálata során különböző módszertanokat és eszközöket alkalmaznak. Ezek közül a leggyakoribbak az automatizált eszközök, a kézi ellenőrzés és a felhasználói tesztek. Számos szoftveres megoldás létezik, amelyek képesek gyorsan és hatékonyan azonosítani a weboldalakon található akadálymentességi hibákat. Például a WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool) vagy a UAC (Userway Accessibility Checker) eszköz. Az automatizált vizsgálat (33. ábra) előnye, hogy nagy mennyiségű adat gyors elemzésére alkalmas, azonban nem képes minden problémát felismerni, különösen azokat, amelyek emberi értékelést igényelnek. Az emberi elemzés során szakértők manuálisan értékelik a weboldalak akadálymentességét. Ez magában foglalja a vizuális, navigációs és tartalmi elemek vizsgálatát, valamint a szabványoknak való megfelelés értékelését. A kézi ellenőrzés lehetővé teszi az olyan finom részletek feltárását, amelyek az automatizált eszközök számára láthatatlanok maradnak. Az akadálymentesség vizsgálatának egyik leghitelesebb módszere a fogyatékkal élő felhasználók bevonása. Az ő visszajelzéseik alapvető fontosságúak, mivel saját tapasztalataikon keresztül mutatják be a weboldalak használhatóságát. Ezek a tesztek feltárhatják azokat az akadályokat, amelyek a valós élethelyzetekben merülnek fel.



33. ábra A felület akadálymentességi vizsgálatának riportja  
Forrás: <https://userway.org/accessibility-checker/>

A vizsgálatok során gyakran azonosíthatók ismétlődő hibák, például nem megfelelő színkontraszt, amely megnehezíti a szövegek olvashatóságát, alternatív szövegek (alt attribútumok) hiánya képeknél, ami a vak vagy gyengénlátó felhasználók számára problémát okoz, nem logikus navigációs struktúra, amely akadályozza a könnyű eligazodást, interaktív elemek (gombok, űrlapok) nem megfelelő címkézése, amely nehézséget jelent a képernyőolvasó szoftverek számára, valamint videókhoz és hanganyagokhoz hiányzó feliratok és szöveges átiratok.

Számos országban törvények és szabályozások írják elő a weboldalak akadálymentességét. Az Egyesült Államokban például az Americans with Disabilities Act (ADA) követelményei alapján a digitális tartalmaknak is akadálymentesnek kell lenniük. Az Európai Unióban az Európai Akadálymentességi Törvény (European Accessibility Act) és az EU Web Akadálymentességi Irányelv (Directive 2016/2102) határozza meg az akadálymentesség követelményeit. Az akadálymentesség biztosítása nem csupán jogi kötelezettség, hanem etikai felelősség is. A digitális technológia gyors fejlődése lehetőséget kínál arra, hogy mindenki számára hozzáférhető és befogadó online környezetet teremtsünk.

#### **3.4.2. Reszponzivitás vizsgálata**

A részponzivitás napjainkban a weboldalfejlesztés egyik alapvető követelménye, amely a digitális eszközök sokféleségének és a felhasználói élmény iránti növekvő elvárásoknak köszönhetően került a figyelem középpontjába. Egy részponzív weboldal célja, hogy a különböző méretű és típusú eszközökön – legyen szó asztali számítógépről, táblagépről vagy okostelefonról – egységesen magas színvonalú és ergonomikus használatot biztosítson. Ez a megközelítés nemcsak a technológiai, hanem a felhasználói igények változására is reflektál, hiszen a modern fogyasztók az internethez való hozzáférésüket egyre inkább mobil eszközökön keresztül valósítják meg.

Az ellenőrzés során a weboldalak teljesítményét és megjelenését különböző képernyőméretek és eszközök kontextusában vizsgáljuk. Ennek része a képernyő szélességének változtatásával végzett tesztelés, amely lehetővé teszi a dizájnelemek és a tartalom elrendezésének dinamikus átrendeződésének vizsgálatát. A folyamat magában foglalja az adaptív elrendezések elemzését, ahol a weboldal különböző töréspontokat (breakpointokat) használ a különféle eszközméretekhez igazodva.

Számos technikai szempontot kell figyelembe venni a folyamat során. Az egyik legfontosabb a HTML és CSS szabványok követése, valamint a modern keretrendszerek, például a Bootstrap vagy a Tailwind CSS alkalmazása, amelyek elősegítik az adaptív kialakítások gyors implementációját. A média lekérdezések (media queries) használata

kulcsfontosságú, mivel ezek lehetővé teszik a stíluslapok dinamikus alkalmazkodását az eszköz tulajdonságaihoz. Ezenkívül az érintőképernyős vezérlés, a tartalom olvashatósága, a gombok és interaktív elemek megfelelő méretezése, valamint a betöltési sebesség is kritikus tényezők.

A reszponzivitás tesztelésére különféle eszközök és módszerek állnak rendelkezésre. A böngészők fejlesztői eszközei, például a Google Chrome DevTools vagy a Firefox Developer Tools lehetőséget nyújtanak az oldal viselkedésének szimulálására különböző képernyőméreteken és eszköztípusokon. Emellett érdemes valódi eszközökön is elvégezni a teszteket, mivel a szimulációk nem mindig fedik le teljeskörűen az egyedi hardverek és szoftverek sajátosságait.

A reszponzivitás nemcsak technikai, hanem felhasználói élményt érintő kérdés is. Egy jól optimalizált weboldal esetében a felhasználók zökkenőmentesen navigálhatnak, függetlenül az általuk használt eszköztől. Ez növeli a felhasználói elégedettséget, csökkenti a visszafordulási arányt, és hozzájárulhat a konverziós arány javulásához. Ezzel szemben egy nem reszponzív weboldal elidegenítheti a látogatókat, mivel nehézkessé válhat a tartalom megtekintése vagy az interakció.

Egy jól megtervezett és alaposan tesztelt weboldal nemcsak technikai szempontból lesz időtálló, hanem hozzájárul a felhasználói élmény és a tanulási eredmények javításához is. Az ilyen irányú fejlesztések tehát nem csupán a jelenlegi, hanem a jövőbeli igényekre is reflektálnak, elősegítve az online jelenlét hatékonyságának és minőségének növelését.

### **3.5. Használhatóság és tanulási stílusok azonosíthatóságának vizsgálati módszere**

A használhatósági vizsgálat (usability test) olyan kutatási módszer, amelynek célja annak felmérése, hogy egy adott rendszer, termék vagy szolgáltatás mennyire könnyen és hatékonyan használható a célközönség számára. Ez a módszer az emberi viselkedés és a felhasználói élmény vizsgálatára összpontosít, és kulcsszerepet játszik a termékfejlesztés és a tervezési folyamatok során. A használhatósági vizsgálatok segítenek azonosítani a problémákat, és lehetővé teszik azok javítását, ezáltal biztosítva a végfelhasználók számára optimalizált rendszer kialakítását.

A vizsgálat során a felhasználókat meghatározott feladatok elvégzésére kérik egy adott rendszerben vagy alkalmazásban. E folyamat közben a kutatók megfigyelik és rögzítik a felhasználók interakcióit, figyelve a hibákra, akadályokra és nehézségekre. A weboldalak használhatóságának teszteléséről Herendy Csilla (2009) megjegyzi, hogy az innovatív és hagyományos módszerek ötvözése elengedhetetlen a felhasználói élmény maximalizálásához. Nem csupán az alapvető funkcionalitást kell vizsgálni, hanem a

felhasználók viselkedési mintáit és érzelmi reakcióit is, amelyek alapvetően befolyásolják az élményt.

A használhatósági vizsgálatok többféle formát ölthetnek, például laboratóriumi vizsgálatok során ellenőrzött környezetben vizsgálják a felhasználókat, míg mező kutatásban valós környezetben, életszerű helyzetekben zajlik a tesztelés. Távoli vizsgálatok esetén online eszközök segítségével elemzik a felhasználók tevékenységeit saját környezetükben, míg heurisztikus értékelések során szakértők elemzik a rendszert a használhatósági alapelvek alapján.

Az adatok elemzése során a kutatók olyan kulcsmutatókra összpontosítanak, mint a feladat sikeressége, az időráfordítás, a hibák száma és a felhasználói élmény szubjektív visszajelzései. Ezek az információk lehetővé teszik a problémák azonosítását és a fejlesztési lehetőségek meghatározását.

A használhatósági vizsgálat jelentősége abban rejlik, hogy biztosítja az emberközpontú tervezési folyamatokat, és javítja a felhasználói élményt. Herendy Csilla (2009) hangsúlyozza, hogy a folyamatos felhasználói visszacsatolás alapvető a sikeres weboldalak fejlesztése szempontjából, mivel ez lehetővé teszi a dinamikus és rugalmas tervezést.

Az online szemmozgáskövető technológiával támogatott használhatósági vizsgálat olyan innovatív módszer, amely lehetőséget nyújt a felhasználók viselkedésének mélyebb megértésére az online környezetben. Ez a módszer különösen hasznos lehet digitális termékek, weboldalak vagy mobilalkalmazások tervezésekor, mivel értékes információt szolgáltat arról, hogy a felhasználók hogyan érzékelik, dolgozzák fel és értelmezik a vizuális információkat.

A szemmozgáskövetés technológiája a szemek pozícióját és mozgását elemzi, amelyeket különböző algoritmusok segítségével digitális formában rögzítenek. A vizsgálatok során használt modern eszközök, mint például a webkamerával működő online szemmozgáskövetők, lehetővé teszik a felhasználói viselkedés valós idejű megfigyelését anélkül, hogy a vizsgálat helyszínéhez kötöttség lenne szükséges. Ez különösen előnyös a globális felhasználói bázis elérésekor, hiszen a résztvevők saját otthonukból, megszokott környezetükben vehetnek részt a tesztekben.

A módszer egyik legfontosabb előnye, hogy kvantitatív és kvalitatív adatokat egyaránt biztosít. A kvantitatív adatok, mint például a fixációk időtartama és frekvenciája, az érintett területek („hotspotok”) azonosítása és a vizuális hierarchia elemzése által értékesek. Ezzel szemben a kvalitatív adatok, mint a felhasználó észrevételei vagy az általa

történő interakciók narratív elemzése, segítséget nyújtanak a viselkedés megértéséhez. Az adatok kombinációja átfogó képet ad a felhasználói élményről és az esetleges akadályok feltárásáról.

A tanulási stílusok azonosítása hosszú ideje központi téma a pedagógiai kutatásokban, mivel a különböző tanulási preferenciák figyelembevétele jelentősen növelheti az oktatás hatékonyságát. Az elmúlt évek technológiai fejlődése lehetőséget teremtett arra, hogy az egyéni tanulási stílusokat valós idejű adatokkal és innovatív eszközökkel, például online szemmozgáskövetéssel azonosítsuk (Dörnyei & Ryan, 2015).

Az online szemmozgáskövetés olyan technológia, amely a felhasználók tekintetének irányát, mozgását és fixációs pontjait rögzíti valós időben. Ezt általában webkamerák, infravörös érzékelők vagy speciális szoftverek segítségével valósítják meg. A szemmozgáskövetés során gyűjtött adatok a tekintet időtartamát, a szakkádikus mozgásokat, a pupilla méretét és a vizuális figyelem mintázatait tartalmazzák (Holmqvist et al., 2011). Ezek az adatok számos információt nyújtanak a felhasználók kognitív folyamatairól és tanulási stratégiáiról.

A szemmozgások elemzése során azonosíthatók olyan mintázatok, amelyek összefüggésbe hozhatók a különböző tanulási stílusokkal. Például a vizuális tanulók hajlamosak hosszabb ideig fixálni a képekre és diagramokra, míg az olvasás-írás preferenciával rendelkezők inkább a szöveges elemekre összpontosítanak. Az auditív tanulók esetében a szemmozgási adatok kiegészíthetők más mérési technikákkal, például az audioanyagok hallgatása közben tapasztalt figyelmi változások elemzésével (Rayner, 1998).

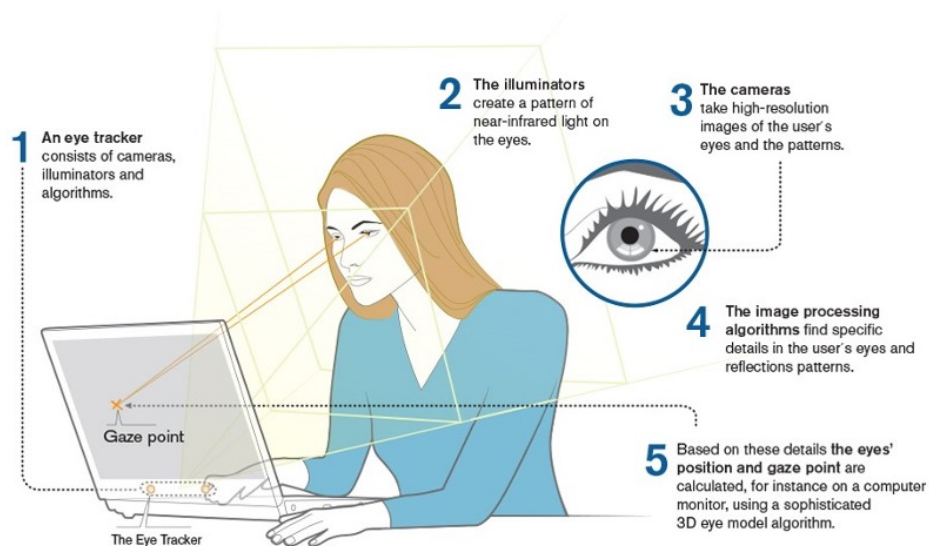
Az online szemmozgáskövetéssel végzett kutatások során gyakran alkalmaznak vizsgálati elrendezéseket, amelyekben a résztvevők különböző tanulási anyagokat tekintenek meg, miközben a szemmozgásaikat rögzítik. Az adatokat gépi tanulási algoritmusokkal elemzik, amelyek képesek azonosítani a tanulási stílusokra jellemző mintázatokot. Az ilyen kutatásokban fontos a megfelelő kontrollcsoportok használata, hogy a kapott eredmények megbízhatósága és érvényessége biztosított legyen (Just & Carpenter, 1980).

Az összes létező szemkövetőkészülék a felhasználóval való érintkezés nélkül működik, és infravörös vagy közeli infravörös fényt használ: úgy követik a szemet, hogy mérik, hogyan verődik vissza a fény a retinán és a szaruhártyán keresztül a pupillán át (Jarodzka et al., 2021; Duchowsky, 2007).

A tekintetadatokat szükséges jövőképet és irányokat adhatnak az online tanulási rendszerek fejlesztéséhez (Alemdag & Cagiltay, 2018). A szemmozgáskövető technológia

pontossága a vizuális és verbális tanulók azonosításában 38% és 77% közötti (Luo et al., 2020).

A Gaze Recorder szoftver egy szimpla webkamera segítségével képes hatékonyan rögzíteni és elemezni a szemmozgásokat, bár a pontosság és a megbízhatóság valamelyest alacsonyabb lehet, mint a speciális infravörös kamerákat alkalmazó rendszerek esetében. A webkamera alapú szemkövetés előnye a széleskörű hozzáférhetőség és alacsony költség, ami lehetővé teszi a technológia szélesebb körű alkalmazását a kutatásban és a gyakorlatban egyaránt.



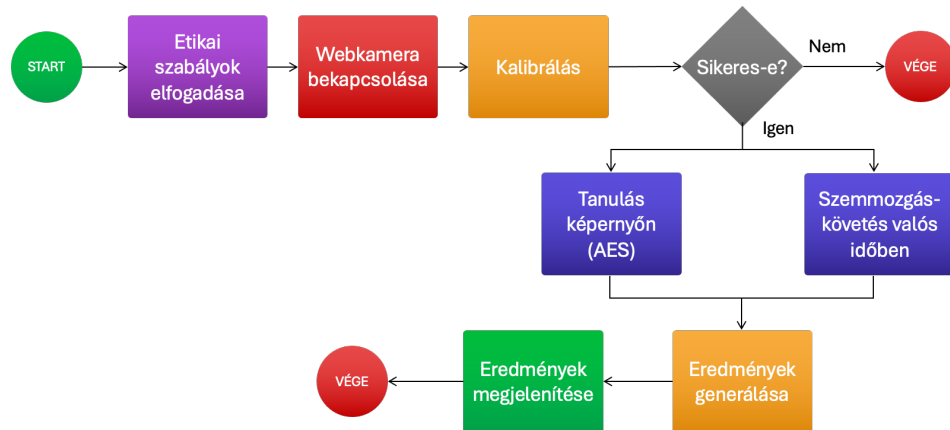
34. ábra A szemmozgáskövetés működési elve  
Forrás: <https://connect.tobii.com>

A webkamera alapú szemmozgás-követéshez (34. ábra) a felhasználó egy közönséges, jó minőségű webkamerát használ, amely általában be van építve a laptopba vagy külön csatlakoztatható az asztali számítógéphez. A Gaze Recorder online szemmozgáskövető szoftver konfigurálása után a webkamera képeit használja a szemmozgások rögzítésére.

A szoftver algoritmusai a webkamera képeiből nyert adatokat feldolgozzák. A gépi tanulás és képfeldolgozás technikáival azonosítják a pupilla és a szemfehérje közötti kontrasztot, amely segít a szem pozíciójának meghatározásában. Az adatokat ezt követően különböző módon elemzik és vizualizálják, esetünkben hőképekké alakítják. A szoftver arcdetektáló algoritmusokat használ, amelyek azonosítják a felhasználó arcát a webkamera képen. Ezt követően a szemdetektáló algoritmusok lokalizálják a szemek pontos pozícióját. Az applikáció a pupillakövetési technikákat alkalmazza, amelyek a pupilla és a szemfehérje közötti kontrasztot használják a szem irányának meghatározásához. A képfeldolgozó



algoritmusok figyelik a pupilla mozgását és kiszámítják a pillantás irányát. Mivel a webkamera alapú szemkövetés érzékeny lehet a fejmozgásokra, a szoftver algoritmusai képesek kompenzálni a kisebb fejmozgásokat, hogy a szemmozgás-követés pontos maradjon. Ezt arcdetektálással és a fej pozíciójának nyomon követésével érik el.



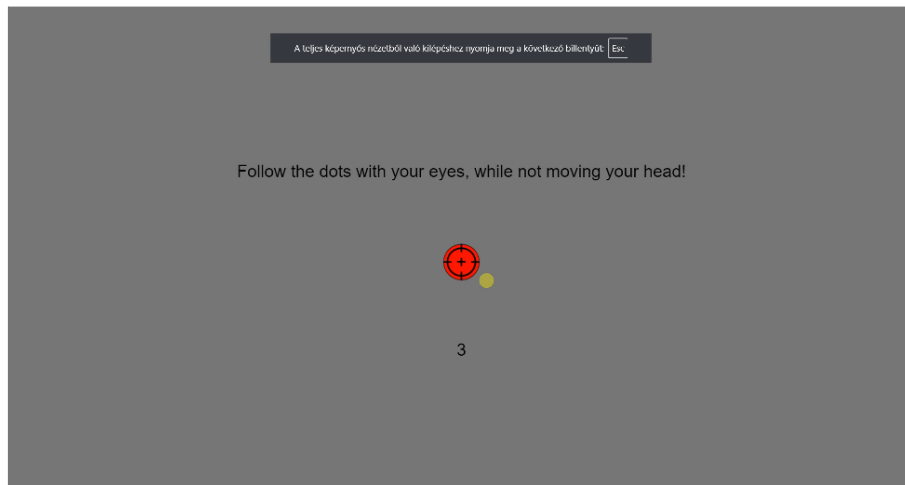
35. ábra Az online szemmozgáskövető vizsgálat folyamata  
Saját forrás

Az online vizsgálatban a Gaze Recorder szemmozgáskövető készüléket használtam, hogy rögzítsem azt az időt, amikor a résztvevők szöveges vagy grafikus alapú tanulási objektumokra figyeltek. Az egész vizsgálat átlagosan 25 percig tartott, a résztvevők olvasási sebességétől, olvasásértésétől és kalibrációs folyamatától függően. 255 fő vett részt a jelenlegi vizsgálatban, közülük 60%-ban végzős középiskolai diákok ( $N_1 = 153$ ) és 40%-ban elsőéves egyetemi hallgatók ( $N_2 = 102$ ). A vizsgálatban való részvétel előtt minden résztvevő aláírta az etikai formanyomtatványokat, követve a megállapított szabályokat és előírásokat. A kalibrálással kapcsolatos probléma miatt azonban 204 érvényes adatot kaptam. Közöttük 179 fő egészséges látással rendelkezett, a többiek (25 fő) pedig szemüveget viseltek.

A 35. ábra a Gaze Recorder online szemmozgáskövető szoftver használatának lépéseit mutatja be. Az egyes lépéseket és döntési pontokat az alábbiak szerint értelmezhetjük:

- START: A folyamat elindítása.
- Etikai szabályok elfogadása: A felhasználónak először el kell fogadnia az etikai szabályokat. Ez fontos lépés, különösen kutatási környezetben, hogy biztosítsák az adatvédelem és a felhasználói jogok betartását.
- Webkamera bekapcsolása: A következő lépés a webkamera bekapcsolása, amely lehetővé teszi a szemmozgások rögzítését.

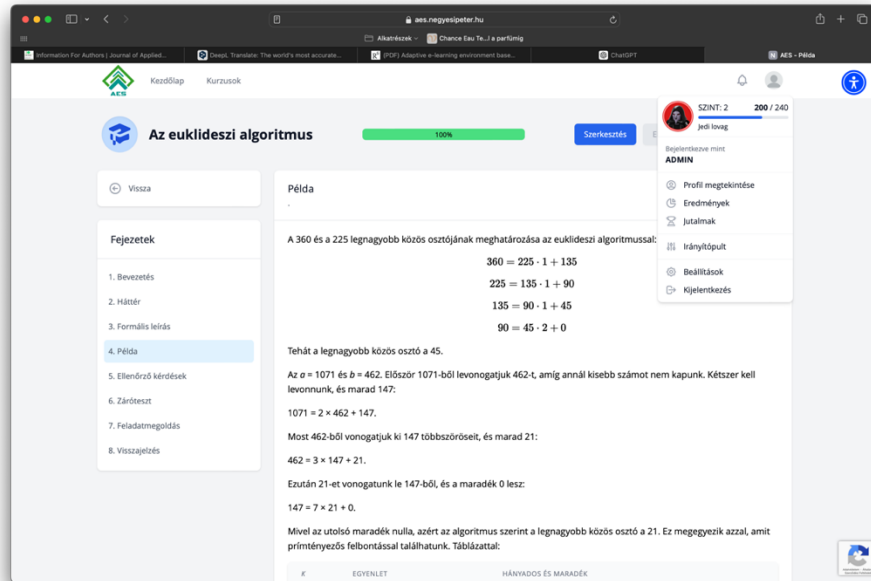
- Kalibrálás: A webkamera használatának pontossága érdekében kalibrálási folyamat (36. ábra) szükséges.



36. ábra A kalibrálás kezdő képernyője  
Saját forrás

- Sikeres-e?: Ez egy döntési pont, amely meghatározza, hogy a kalibráció sikeres volt-e. Ha a kalibráció sikertelen, a vizsgálat itt véget ér. Sikeres kalibráció esetén a folyamat folytatódik a következő lépéssel.
- Tanulás képernyőn: A felhasználó a képernyőn tanulási feladatokat végez. Ez a lépés lehetővé teszi, hogy a szoftver adatokat gyűjtsön a szemmozgásokról valós időben.
- Szemmozgás-követés valós időben: A szoftver valós időben követi a felhasználó szemmozgását, miközben ő a tanulási feladatokat végzi.
- Eredmények generálása: A szoftver az összegyűjtött adatok alapján eredményeket generál.
- Eredmények megjelenítése: Az eredmények megjelenítése hő térképek formájában.
- VÉGE: A folyamat lezárása.

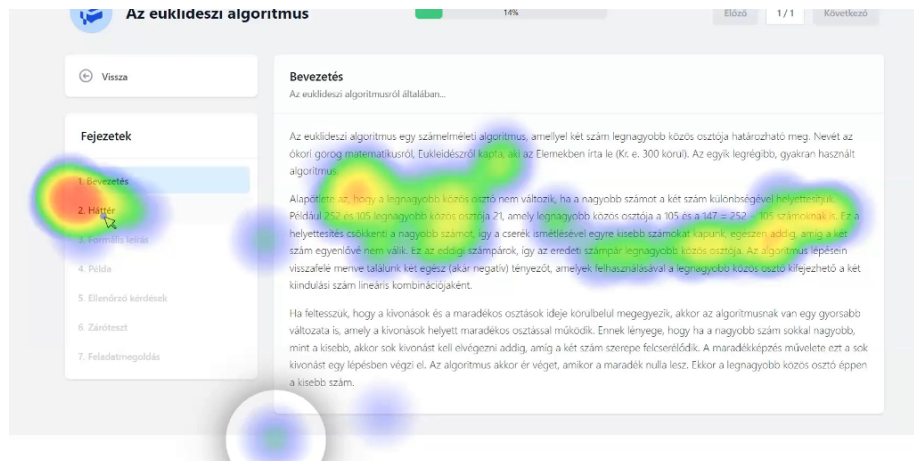
A szoftver első indításakor egy kalibrációs folyamatra van szükség, hogy pontosan beállítsa a szemmozgás-követést. A felhasználónak meghatározott pontokra kell néznie a képernyőn, miközben a szoftver rögzíti a szem pozícióját. A kalibráció segít a szoftvernek összekapcsolni a szem pozícióját a képernyő koordinátaival. A kalibráció befejezése után a webkamera folyamatosan rögzíti a felhasználó arcát és szemét az AES használata közben, esetünkben például egy kurzus (37. ábra) feldolgozásakor. A szoftver algoritmusai valós időben elemzik a videóképeket, és azonosítják a szem pozícióját és mozgását. Bár a webkamera felbontása és képfrissítési sebessége általában alacsonyabb, mint a speciális infravörös kameráké, a modern képfeldolgozó algoritmusok képesek megbízható adatokat nyújtani.



37. ábra Az euklideszi algoritmus kurzusa  
Saját forrás

A Gaze Recorder és hasonló tekintetkövető szoftverek hő térképek (heatmaps) készítésével mutatják meg vizuálisan, hogy a felhasználók a képernyőnek mely részeire fókuszálnak leginkább. A szoftver először rögzíti a felhasználó szemmozgását a webkamera segítségével, figyeli, hogy a felhasználó mely területekre néz a képernyőn. A Gaze Recorder minden szemmozgást egy pontként rögzít. Ezek a pontok a felhasználó szemmozgásának útvonalát alkotják. A szoftver a rögzített pontok alapján létrehozza a hő térképet.

A hő térkép mutatja, hogy a felhasználó mely területekre fókuszált a képernyőn. A gyakran megnézett területek különböző színekkel vannak jelölve (38. ábra), ahol a „melegebb” színek (például piros és narancssárga) azt jelzik, hogy az adott területekre több figyelem irányult, míg a „hidegebb” színek (például kék és zöld) kevesebb figyelmet jelölnek.



38. ábra Hő térkép generálása  
Saját forrás

### 3.6. Kiegészítő attitűdvizsgálat módszere

A szemmozgáskövetés technológiáját alkalmazó használhatósági teszt elvégzése után a résztvevőket arra kértem, hogy rangsorolják az általuk a teszt során megtekintett adaptív

e-learning rendszert öt meghatározott szempont alapján. Az így kapott eredmények fontos következtetéseket tettek lehetővé az oktatási platform megjelenésével és funkcionalitásával szemben támasztott felhasználói elvárásokról.

Ezt követően a résztvevők értékelték az adaptív tanulási rendszert a Jakob Nielsen által meghatározott használhatósági tényezők mentén. Az értékelést egy ötfokozatú skálán végezték el, négy fő szempont alapján: megtanulhatóság (learnability), hatékonyság (efficiency), hibák előfordulása és kezelése (error and error frequency), valamint elégedettség (satisfaction). A megjegyezhetőség (memorability) értékelésére nem volt lehetőség, mivel ez a tényező csak ismételt teszteléssel vizsgálható, amely az adott kutatás keretein belül nem állt rendelkezésre.

Az alkalmazott módszerek és a Nielsen-féle használhatósági faktorok alkalmazásának relevanciáját több szakirodalmi forrás is alátámasztja. Nielsen és Budiu (2013) részletesen tárgyalja a használhatóság mérésének kritériumait az adaptív rendszerek területén, míg Sauro és Lewis (2016) az ötfokozatú skála alkalmazásának előnyeire hívja fel a figyelmet az ilyen típusú értékelések során. Az eredmények értékelésekor figyelembe vettük a felhasználói élmény kutatásának legújabb irányelveit is, ahogyan azt például Krug (2014) ismerteti.

### 3.7. A logfile-elemzés módszere

A modern webalkalmazások fejlesztésében a logfájlok elemzése kulcsfontosságú szerepet tölt be a hibák diagnosztizálásában, a teljesítés optimalizálásában és a biztonsági események nyomon követésében. Különösen igaz ez a Laravel-alapú rendszerek esetében, amelyek részletes naplózási lehetőségeket kínálnak a fejlesztők számára.

A Laravel keretrendszer alapértelmezett naplózási rendszere a Monolog könyvtáron alapul, amely széleskörű támogatást nyújt különböző naplózási formátumokhoz és célokhoz. A Monolog lehetőséget biztosít több csatorna kezelésére, mint például a lokális fájlok, adatbázisok vagy a harmadik fél szolgáltatásai. A Laravel konfigurációs fájljaiban (config/logging.php) a fejlesztők testreszabhatják a naplózási szinteket (értesítés, figyelmeztetés, hiba stb.) és a kimeneti formát.

A logfile-elemzés első lépése a naplófájlok begyűjtése és strukturált formában való tárolása. Laravel esetében ez magában foglalja a naplózási helyek (storage/logs)

ellenőrzését, valamint a naplók elemzési célú konvertálását. Az ELK Stack (Elasticsearch, Logstash, Kibana) eszközök különösen hasznosak a strukturált adatok kinyerésére és vizualizációjára.

A logfile-elemzés hatékonyságának növelése érdekében fontos az automatizált eszközök alkalmazása. Laravel-alapú rendszerekben az integrált megoldások, mint a Laravel Telescope, hasznos eszköztárat biztosítanak a hibakeresés és a naplóadatok real-time monitorozására.

Az adaptív e-learning rendszerek esetében a logfile-elemzés különös jelentőséggel bír a tanulási folyamatok megértésében és a rendszer hatékonyságának javításában, az adaptivitást támogató funkciók finomhangolásában.

A vizsgálat során 346 tanuló tevékenységét elemeztem 2024. február 1. és 2025. január 10. között. Az adatgyűjtés során összesen 825 442 adatbejegyzést rögzítettem, amelyek közé tartoztak a bejelentkezések, a feladatok elvégzése, valamint a tananyagokhoz való hozzáférés. Az adatokat két időszakra osztottam:

- vizsgálat előtti (2024. február – 2024. június),
- vizsgálat utáni (2024. július – 2025. január).

A statisztikai elemzés során a következő főbb mutatókat vizsgáltam:

- napi bejelentkezések száma,
- napi megoldott feladatok száma,
- feladatok megoldásának sikerarányai.

A változások szignifikanciájának vizsgálatához kétmintás t-próbát alkalmaztam, valamint lineáris regresszióval elemeztem az időbeli trendeket. A statisztikai próbákhoz a szignifikancia szintjét 0.05-re állítottam be.

Az adattisztítás (hiányzó adatok kezelése, duplikált adatok eltávolítása, kiugró értékek kezelése, adatok normalizálása és standardizálása, időbélyegek kezelése, adatok ellenőrzése és validálása) biztosította, hogy a végső adatkészlet tiszta, konzisztens legyen, és készen álljon a statisztikai elemzésre.

Az adatok kiértékelését és rendszerezését SPSS segítségével végeztem, amely hatékony eszköznek bizonyult az adathalmaz strukturálásában és az elemzési folyamat támogatásában.

### **3.8. Kvantitív kérdőíves vizsgálatok módszere**

A kutatás keretében összesen négy kérdőíves felmérést valósítottam meg. Az előzetes igényfelmérés kérdőívei (2. és 3. melléklet) a rendszertervezés fázisai során

játszottak szerepet. Ezzel szemben a kimeneti attitűdvizsgálat kérdőívei (4. és 5. melléklet) az adaptív e-learning rendszer bevalásvizsgálatának egyik fázisában kerültek alkalmazásra. Valamennyi kérdőív anonim módon, online és elektronikus formában került megvalósításra, és zárt, valamint nyílt végű kérdéseket egyaránt tartalmazott. A begyűjtött adatok elemzését az SPSS 26 statisztikai elemzőszoftver segítségével végeztem el.

A Likert-skála az elkészített kérdőívek egyik legfontosabb mérési eszköze, amely lehetővé teszi a válaszadók véleményének, attitűdjeinek és tapasztalatainak objektív, numerikus értékelését. Az alábbiakban bemutatom, hogy a Likert-skála miként került alkalmazásra az egyes kérdőívek tartalmi egységeiben:

- Kérdőív 1 - A tanulók tanulási szokásainak, preferenciáinak és az adaptív tanulási környezettel kapcsolatos igényeik feltárására a Likert-skála az alábbi tartalmi egységekben jelenik meg:
  - Eszközhasználati preferenciák: A tanulók különböző tanulási platform funkcióival kapcsolatos elvárásait méri (pl. "Mennyire tartod fontosnak a vizuális tananyagokat?" 1–5 skálán).
  - Adaptív rendszerek funkcióinak megítélése: A válaszadók véleményét nyilvánítanak az adaptív tanulási eszközök különböző funkcióiról (pl. személyre szabott visszajelzés).
- Kérdőív 2 - A pedagógusok tapasztalatainak és elvárásainak felmérése során a Likert-skála a következő egységekben kap hangsúlyt:
  - Digitális taneszközökkel kapcsolatos tapasztalatok: A pedagógusok értékelik a jelenleg használt digitális taneszközök hatékonyságát és használhatóságát (pl. "Mennyire érzi hatékonynak a digitális tananyagokat a tanítási folyamatban?" 1–5 skálán).
  - Adaptív rendszerekkel kapcsolatos elvárások: A pedagógusok véleménye az új tanulási eszközök szükségességéről és várható hatásairól (pl. "Mennyire fontos a tanulók egyéni igényeinek figyelembevétele?").
- Kérdőív 3 - A Likert-skála kulcsfontosságú szerepet játszik a tanulók attitűdjeinek és tapasztalatainak értékelésében az adaptív rendszer használatát követően:
  - A rendszer használatával kapcsolatos tapasztalatok: A tanulók véleménye az eszköz felhasználóbarátságáról, használhatóságáról és hatékonyságáról (pl. "Mennyire volt könnyen használható a rendszer?" 1–5 skálán).

- A matematika tanulásában bekövetkezett változások: A tanulók érzékelése a tanulási eredmények javulásáról (pl. "Mennyire érzed, hogy fejlődött a problémamegoldó képességed?").
- Kérdőív 4 - A Likert-skála alkalmazása ebben a kérdőívben a pedagógusok véleményének számszerűsítésére szolgál az adaptív rendszer hatékonyságával kapcsolatban:
  - A tanulói teljesítményben tapasztalt változások: A pedagógusok értékelik, hogy a rendszer hogyan befolyásolta a tanulók teljesítményét és motivációját (pl. "Hogyan változott a tanulók érdeklődése a matematika iránt?").
  - Általános elégedettség és visszajelzés: A pedagógusok általános véleménye a rendszerről és jövőbeni alkalmazhatóságáról (pl. "Mennyire lenne hajlandó a rendszert hosszú távon alkalmazni?").

A Likert-skála beépítése az elkészített kérdőívek tartalmi egységeibe biztosítja az adatok objektív értékelését, elősegíti a hipotézisek tesztelését, és hozzájárul a kutatás megbízhatóságához. Ez az eszköz lehetővé teszi a válaszadók attitűdjeinek árnyalt mérését, miközben könnyen kezelhető marad mind a kutatók, mind a válaszadók számára.

Mérőeszköz neve	Mérőeszköz célja	Kutatási fázis	Minta elemszáma	Adatfelvétel időintervalluma	
<b>Kérdőív 1</b>	A tanulói igények feltárása az adaptív tanulási környezet iránt	Igényfelmérés	N=118	2020.10.15. 2020.12.15.	–
<b>Kérdőív 2</b>	A pedagógusi igények feltárása az adaptív tanulási környezettel kapcsolatban	Igényfelmérés	N=52	2020.10.15. 2020.12.15.	–
<b>Kérdőív 3</b>	A tanulói attitűdök és tapasztalatok mérése az adaptív rendszer használata után	Beváltásvizsgálat	N=264	2024.12.01. 2024.12.31.	–
<b>Kérdőív 4</b>	A pedagógusok véleménye az adaptív rendszer használhatóságáról és hatásairól	Beváltásvizsgálat	N=16	2024.12.01. 2024.12.31.	–

2. táblázat A kutatás kérdőíveinek jellemzői  
Saját szerkesztés

A 2. táblázatban a kutatás során alkalmazott kérdőíveket mutatja be. Rendszerezi a kérdőívek nevét, célját, a kutatási folyamatban betöltött szerepüket, a minta elemszámát, valamint az adatfelvétel időintervallumát. Az összefoglaló a kutatás egységes bemutatását

szolgálja, lehetővé téve az adatgyűjtési folyamatok átláthatóságát és a mérőeszközök megfelelő értelmezését.

A 3. táblázat részletesen bemutatja a kutatás során alkalmazott négy kérdőívet, azok fő tartalmi egységeit és az egyes egységekhez tartozó kérdések számát. Az összegzés célja, hogy átlátható formában rendszerezze a mérőeszközöket, valamint bemutassa azok szerkezetét és szerepét a kutatás különböző szakaszaiban.

Mérőeszköz neve	Tartalmi egységek	Kérdések száma
<b>Kérdőív 1</b>	Demográfiai adatok	5
	Tanulási szokások	4
	Eszközhasználati preferenciák	4
	A matematika tanulásával kapcsolatos kihívások	2
	Adaptív tanulási rendszerek funkcióinak megítélése	3
<b>Kérdőív 2</b>	Demográfiai adatok	4
	Tanítási tapasztalatok	5
	Digitális taneszközökkel kapcsolatos tapasztalatok	4
	Adaptív tanulási rendszerekkel kapcsolatos elvárások	3
	Oktatási kihívások és módszerek	2
<b>Kérdőív 3</b>	Demográfiai adatok	4
	A rendszer használatával kapcsolatos tapasztalatok	5
	Jacob Nielsen-féle használhatósági faktorok szerinti értékelés	5
	A matematika tanulásában bekövetkezett változások	5
	A rendszer motivációra gyakorolt hatásai	3
<b>Kérdőív 4</b>	Demográfiai adatok	3
	A rendszer használatának tapasztalatai	5
	Jacob Nielsen-féle használhatósági faktorok szerinti értékelés	5
	A tanulói teljesítményben tapasztalt változások	4
	A rendszer jövőbeli alkalmazásával kapcsolatos javaslatok	3
	Általános elégedettség és visszajelzés	2

3. táblázat A kérdőívek tartalmi egységei  
Saját szerkesztés

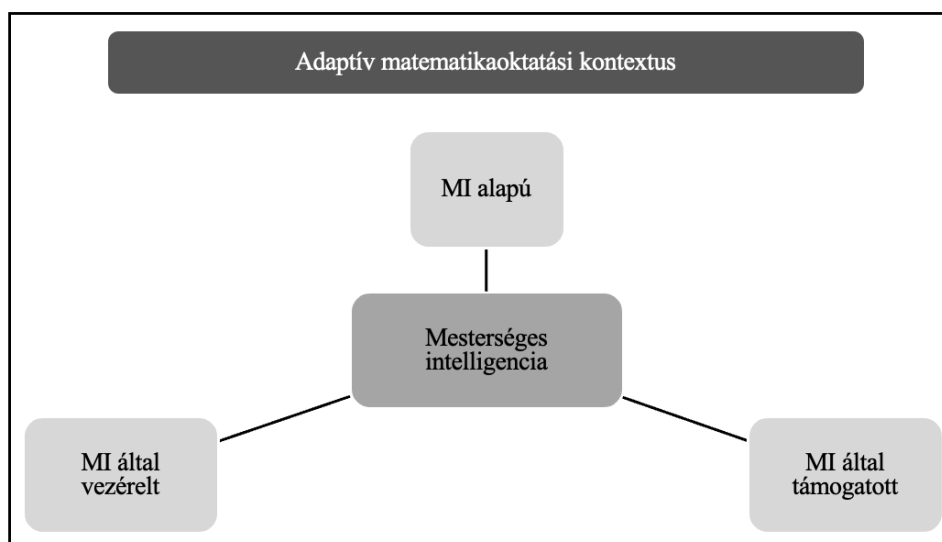


### 3.9. A szisztematikus szakirodalom-elemzés módszere

Az „Adaptív matematikaoktatás a mesterséges intelligencia korában” című vizsgálatomat az alábbi kutatási kérdések megválaszolása köré építettem:

- 1) Milyen MI megközelítést használtak az adaptív matematikaoktatásban a vizsgált minták esetében?
- 2) Hogyan oszlik meg a mesterséges intelligencia az oktatásban a kutatási módszertan szempontjából?
- 3) Hogyan oszlik meg a mesterséges intelligencia az adaptív matematikaoktatásban 2021-ben?

Ouyang és Jiao (2021) elképzelését követem fogalmi keretként az adaptív matematikaoktatás kontextusában (39. ábra).

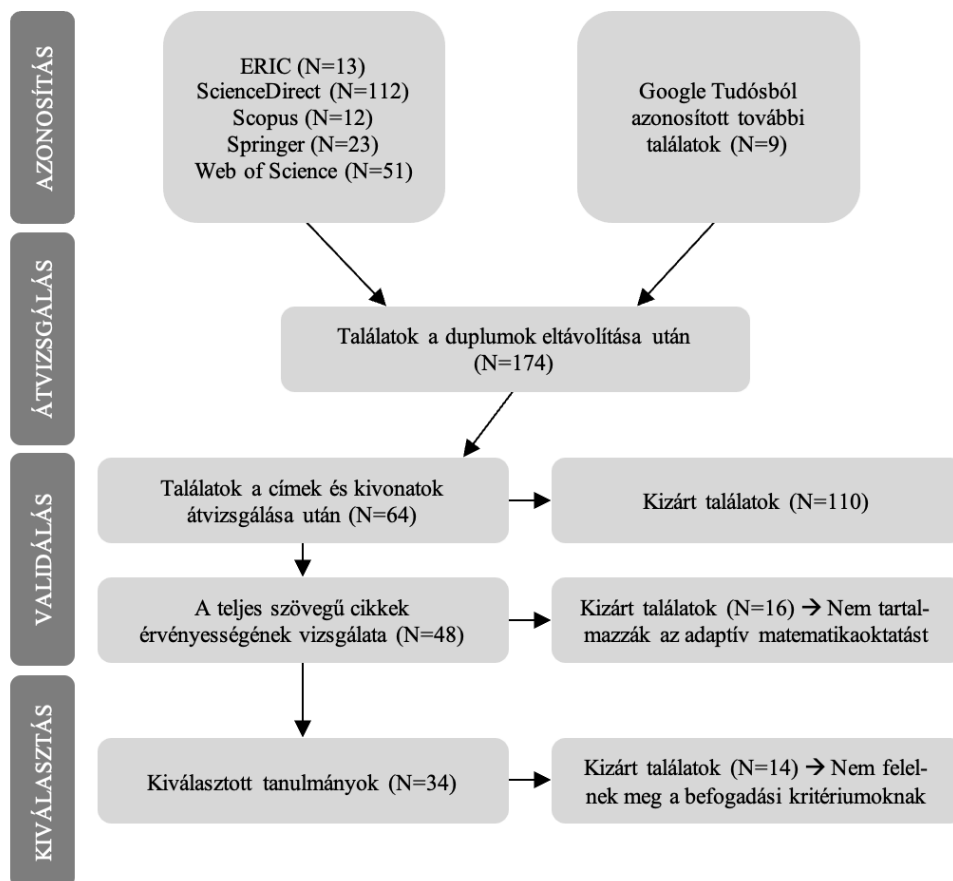


39. ábra Fogalmi keretrendszer  
Forrás: Ouyang és Jiao (2021) alapján saját szerkesztés

Kutatási kérdéseim megválaszolása érdekében átfogó szisztematikus szakirodalomelemzést végeztünk. Ez a tanulmány csak a 2017 és 2021 között megjelent folyóirat-kiadványokat vizsgálta; régebbi cikkeket nem vettem figyelembe. Az összegyűjtött folyóiratcikkeket a szisztematikus áttekintések és metaanalízisek preferált jelentési elemei (PRISMA) megközelítéssel elemeztem. A PRISMA szabványosított, szakértői értékelésen alapuló módszertant hoz létre, amely útmutató ellenőrzőlistákat alkalmaz, hogy hozzájáruljon a felülvizsgálati folyamat minőségbiztosításához és megismételhetőségéhez (Conde et al., 2020). A PRISMA négy lépésen alapul: azonosítás, átvizsgálás, validálás és kiválasztás. Ezt a technikát azért választottam, mert segítséget nyújthat a fontos folyóiratközlemények szintézisében. A PRISMA-irányelvek követésével pontos keresést

tudtam végezni az adaptív matematikaoktatásban alkalmazott mesterséges intelligencia legjobb gyakorlatai után.

A keresés az ERIC, ScienceDirect, Scopus, Springer Link, Web of Science adatbázisokban történt. Az alapvető kutatási témám alapján két fő keresőkifejezéssel álltam elő: a mesterséges intelligencia és az adaptív matematikaoktatás. Kibővítettem keresési stratégiáimat a lehető legtöbb potenciálisan releváns tanulmány feltárásához. 220 tanulmányt azonosítottam, melyből kilenc más forrásból (Google Tudós) származik.



40. ábra PRISMA folyamatábra  
Saját forrás

A kiválasztási folyamat (40. ábra) a PRISMA-elveket követte. E megközelítés során különböző befogadási és kizárási kritériumokat alkalmaztam. A szakirodalom kiválasztásába nem vontam be szisztematikus áttekintő cikkeket, könyveket, könyvfejezeteket vagy konferencia-kiadványokat. A kizárólag angol nyelvű folyóiratcikkekre történő fókuszálásom pedig kevésbé valószínűsítette, hogy bonyolult vagy bizonytalan fordításokra lenne szükség. Ezután az előző öt évben (2017 és 2021 között) megjelent cikkeket vizsgáltam. Nem volt kizárás konkrét országokra vagy régiókra vonatkozóan.

Elutasítottam (39. ábra) azokat a folyóiratcikkeket, amelyek nem feleltek meg a matematikai mesterséges intelligencia legjobb gyakorlataira vonatkozó kritériumoknak. Ezután, annak biztosítása érdekében, hogy mind a 174 cikk megfeleljen a tanulmány kiválasztási kritériumainak és célkitűzéseinek, minden egyes cikk címét, kivonatát, módszertanát, eredményeit és megbeszélését alaposan átnéztem. Ezen a ponton 140 cikket utasítottam el, mert nem magyarázták el teljes mértékben a mesterséges intelligencia alkalmazását az adaptív matematikaoktatásban, vagy nem magyarázták el és nem tekintették át egyértelműen a tanulmány konklúzióit. Ennek eredményeképpen az áttekintési folyamat végső szakaszában 34 cikk került kiválasztásra.

További keresést végeztem a fent említett adatbázisokban a „teaching” és „number theory” kulcsszavakra szűrve is, a publikációk időintervallumát pedig a 2020 és 2024 közötti időszakra korlátoztam (lekérdezés: TITLE-ABS-KEY (teaching AND "number theory") AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025). A találatok (N=132) elemzése alapján megállapítottam, hogy bár számos tanulmány foglalkozik a számelmélet oktatásával – különösen annak didaktikai és módszertani vonatkozásaival – a tanulási környezetek adaptivitását célzó megközelítések kifejezetten a számelmélet tantárgyi kontextusában egyáltalán nem jelennek meg. Különösen hiányoznak azok az empirikus vizsgálatok, amelyek a tanulói teljesítményre, motivációra vagy fogalomalkotásra gyakorolt hatást vizsgálnák adaptív digitális környezetek keretében, speciálisan számelméleti témákra fókuszálva (pl. oszthatóság, prímszámok, kongruencia, számrendszerek). Ez a hiány arra enged következtetni, hogy az adaptivitást támogató tanulási környezetek számelmélet-oktatásban történő alkalmazása, különösen annak hatékonyságvizsgálata, jelenleg alulkutatott terület a nemzetközi szakirodalomban.

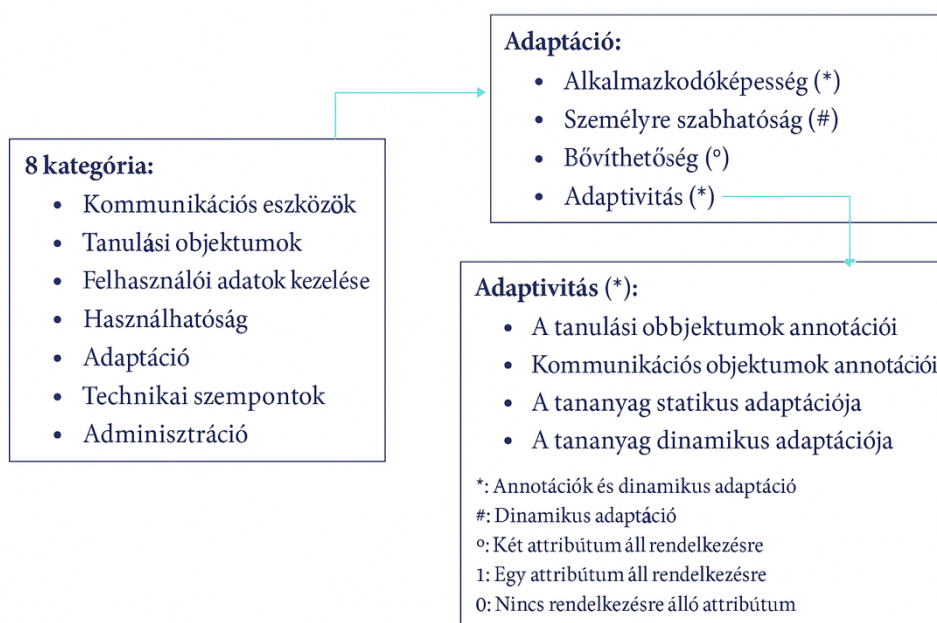
### **3.10. A minőségi súly és összeg megközelítés**

„Az adaptivitás hiányának vizsgálata a Magyarországon leginkább elterjedt e-learning rendszerekben” című vizsgálatomban az értékeléshez a minőségi súly és összeg (QWS) megközelítést alkalmaztam, amely a szoftvertermékek értékelésének jól bevált módszere. A QWS szimbólumok használatán alapul, egy kritériumlistát állít fel és súlyozza azokat. A súlyok minőségi fontosságának hat szintje létezik, gyakran E = lényeges, \* = rendkívül értékes, # = nagyon értékes, + = értékes, | = alacsony értékű és 0 = nem értékes szimbólumokat használnak. Egy kritérium súlya határozza meg azt az értéktartományt, amelyhez képest a termék teljesítménye mérhető. Például egy # súlyú kritérium esetében a termék csak #, +, | vagy 0 értékkel értékelhető, de \* értékkel nem. Ez azt jelenti, hogy a kisebb súlyú kritériumok nem tudják felülmúlni a nagyobb súlyú kritériumokat.

Az eredmények értékeléséhez az egyes termékeknek adott különböző szimbólumokat meg kell számolni. A példaeredmények lehetnek 2\*, 3#, 3| vagy 1\*, 6#, 1+. A terméket ezután e számok alapján lehet rangsorolni. Néha azonban az eredmények nem egyértelműek. Kétségtelen, hogy a 3\*, 4#, 2| jobb, mint a 2\*, 4#, 2|, de nem egyértelmű, hogy jobb-e, mint a 2\*, 6#, 1+. Ez utóbbi esetben további elemzésre van szükség.

Az értékeléshez azért a QWS megközelítést választottam, mivel a differenciált eredmények rávilágítanak a platformok erősségeire és korlátaira. A módszert azáltal igazítottam ki, hogy egy előzetes értékelési fázisban értékeltem az alapvető kritériumokat. Ezek a minimális kritériumok három általános használati követelményt fednek le: aktív közösség, stabil fejlesztési állapot és a platform jó dokumentációja. A negyedik kritérium a didaktikai célt fedi le, és azt jelenti, hogy a platformot inkább tartalmi, mint kommunikációs funkciókra kell használni, a platform a tartalom bemutatására összpontosít.

A súlyozáshoz hat minőségi fontossági szint létezik, de én csak ötöt használok közülük: \* = nagyon jó, # = jó, + = közepes, | = rossz, 0 = nagyon rossz/nem elérhető (Négyesi, 2021). Ezután rétegzett valószínűségi mintavételezéssel középiskolai és egyetemi tanárokat kérdeztem meg online félig strukturált interjú formájában az egyes platformokon (N=154). A kérdéseket a kurzus létrehozásával, a felhasználók kezelésével és a kurzustevékenységek szimulációjával kapcsolatban tettem fel.



41. ábra Az adaptációs alkategória attribútumai  
Saját forrás

Végül nyolc kategóriát határoztam meg (41. ábra): kommunikációs eszközök, tanulási objektumok, felhasználói adatok kezelése, használhatóság, adaptáció, technikai

szempontok, adminisztráció és kurzusmenedzsment. Ezek a kategóriák csak osztályozásként szolgálnak, és számos alkategóriát tartalmaznak. Csak az alkategóriákat súlyoztam és értékeltem. Számos attribútum méri az egyes alkategóriák jellemzőit. Továbbá minden alkategóriához egy olyan szabályt definiáltunk, amely a mért attribútumértékek kombinációját hozzárendeli az alkategória értékelési értékéhez. A megközelítés az, hogy ezeket az értékeket minden egyes kategória esetében összegezzük az egyes kategóriák szimbólumainak számának felállításával. A platform értékelési értékét ezzel egyenértékűen számoltam ki.

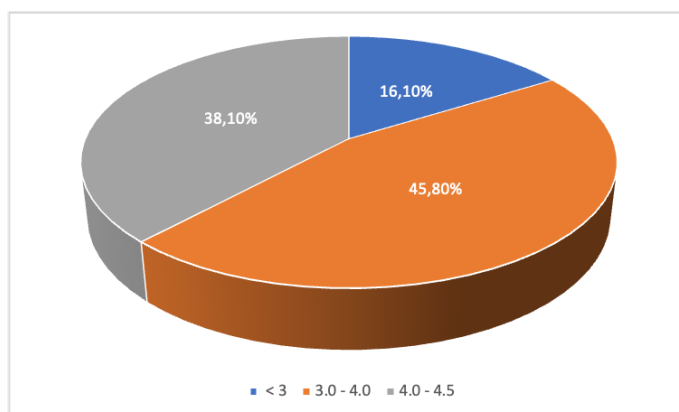
## 4. Eredmények

### 4.1. A bemeneti kérdőíves vizsgálatok eredményei

#### 4.1.1. A tanulói igényfelmérés

A tanulói igényfelmérés célja az volt, hogy feltárjam a diákok és hallgatók igényeit, preferenciáit egy új adaptív elektronikus tanulási környezettel szemben, különös tekintettel a számelmélet speciális témaköreinek tanítására. A kérdőívet 12. és 13. évfolyamos gimnazisták, valamint elsőéves egyetemi hallgatók töltötték ki (N=118, rétegzett valószínűségi mintavétel). Az adatgyűjtés során az anonimitásra és az adatok titkosságára különösen ügyeltem.

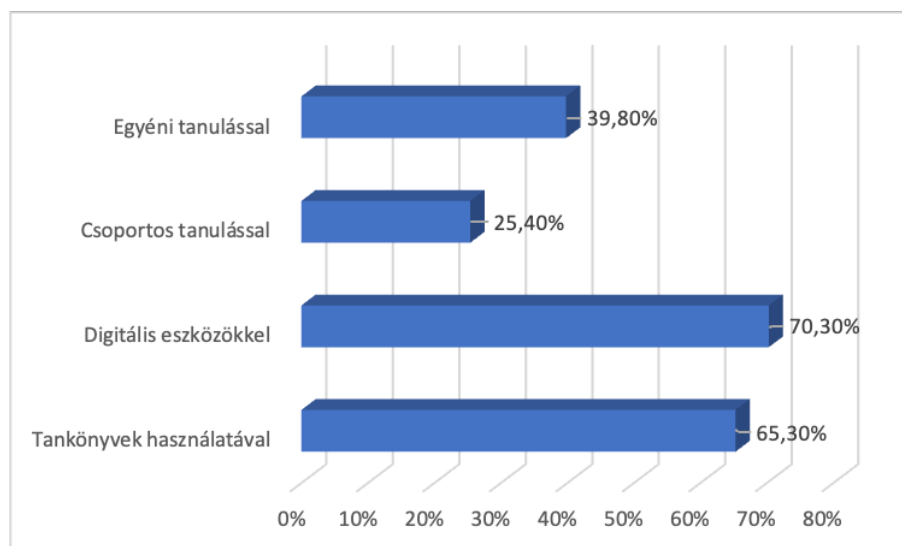
A mintában a nemek megoszlása a következő volt: 57,6% férfi, 42,4% nő. A résztvevők évfolyamok szerinti megoszlása a következő volt: 12. évfolyamosok (44,9%), 13. évfolyamosok (20,3%), és egyetemi hallgatók (34,8%). A legutóbbi félévi/év végi matematika átlagok tekintetében a válaszadók eloszlása az alábbi diagramon (42. ábra) látható:



42. ábra A legutóbbi félévi/év végi átlagok  
Saját szerkesztés

A tanulási szokásokkal kapcsolatban a következő eredményeket kaptam (43. ábra): a válaszadók

- 65,3%-a jelölte meg, hogy egyéni tanulással készül a matematika órákra,
- 25,4%-a preferálta a csoportos tanulást, míg 10,2%-a nem használja ezt a módszert,
- 70,3%-a használ digitális eszközöket tanuláshoz, ami azt jelzi, hogy a diákok és hallgatók nagy része nyitott az elektronikus tanulási formákra,
- 39,8%-a még mindig rendszeresen használ tankönyveket, ami azt mutatja, hogy a hagyományos tanulási eszközök továbbra is fontosak maradnak.



43. ábra Tanulási szokások relatív gyakoriságai  
Saját szerkesztés

Az online tanulási források használatának gyakoriságát egy 5-pontos Likert-skálán mértem (1 = egyáltalán nem, 5 = nagyon gyakran). Az eredmények szerint a válaszadók 55,1%-a gyakran (4 vagy 5 pontot adott) használ online forrásokat, míg 20,3%-a ritkán (1 vagy 2 pontot adott). A csoportos tanulás hasznosságát tekintve a válaszadók 60,2%-a tartotta nagyon hasznosnak (4 vagy 5 pont), míg 15,3%-a nem találta hasznosnak (1 vagy 2 pont).

A digitális tananyagok használatát illetően a válaszadók 75,4%-a már használt digitális tananyagot matematikából, míg 24,6%-a nem. A digitális tananyagokkal kapcsolatban a legnépszerűbb funkciók a következők voltak:

- vizuális magyarázatok: 79,7% tartotta hasznosnak,
- személyre szabott visszajelzés: 70,3% tartotta fontosnak,
- interaktív feladatok: 65,3% tartotta hasznosnak,
- videós tananyagok: 60,2% tartotta fontosnak.

A személyre szabott tananyagok fontosságát szintén egy 5-pontos skálán mértem. A válaszadók 75,4%-a tartotta nagyon fontosnak (4 vagy 5 pont), míg 10,2%-a nem tartotta fontosnak (1 vagy 2 pont). A vizuális magyarázatok fontosságát tekintve a válaszadók 84,7%-a tartotta nagyon fontosnak (4 vagy 5 pont), ami azt jelzi, hogy a vizuális segítség nélkülözhetetlenek a tanulási folyamatban.

A számelmélet tanulásában a legnagyobb kihívást a következő területek jelentették:

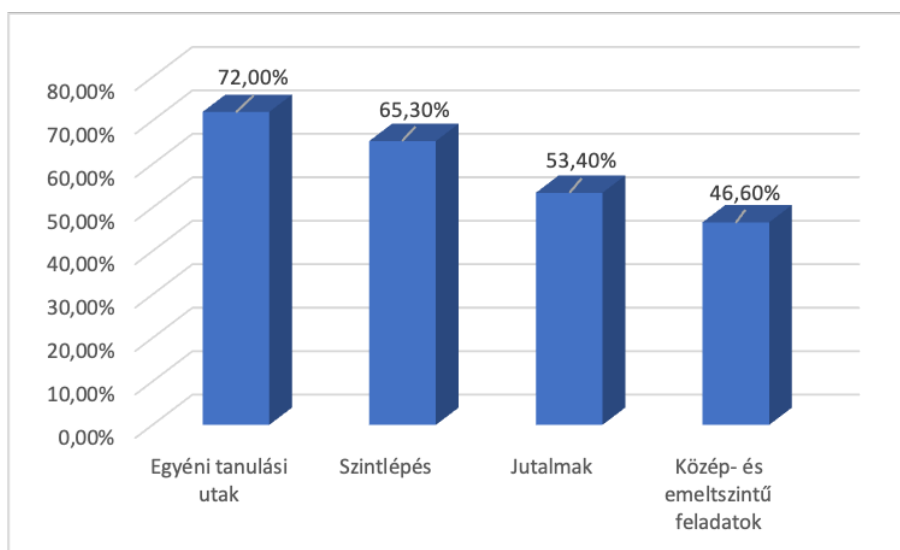
- feladatok megoldása: 54,2%-a jelölte meg ezt a legnagyobb kihívásnak,
- fogalmak megtanulása: 28,8%-a tartotta nehéznek,
- képletek megtanulása: 16,9%-a találta kihívásnak.

A számelméleti területek közül a következőket találták a válaszadók a legnehezebbnek:

- Lineáris diofantoszi egyenletek: 39,8%-a jelölte meg ezt a legnehezebbnek.
- Az euklideszi algoritmus: 25,4%-a tartotta nehéznek.
- Prímszámok: 20,3%-a találta kihívásnak.
- Tökéletes számok: 10,2%-a tartotta nehéznek.
- Négyzetszámok és oszthatósági szabályok: 4,3%-a jelölte meg ezeket a területeket.

A rendszeres visszajelzés jelentőségét tekintve a válaszadók 79,7%-a tartotta nagyon fontosnak (4 vagy 5 pont), míg 10,2%-a nem tartotta fontosnak (1 vagy 2 pont). A személyre szabott visszajelzések jelentőségét illetően a válaszadók 84,7%-a tartotta nagyon fontosnak (4 vagy 5 pont), ami azt jelzi, hogy a diákok és hallgatók számára a személyre szabott támogatás nélkülözhetetlen.

A válaszadók szerint a következő funkciók lennének hasznosak (44. ábra) egy adaptív e-tanulási platformon:



44. ábra Javasolt funkciók  
Saját szerkesztés

A Shapiro-Wilk tesztet és a Levene-tesztet az adatok normális eloszlásának és variancia homogenitásának ellenőrzésére használtam. Ezek a tesztek alapvető fontosságúak voltak a statisztikai elemzés megbízhatóságának és érvényességének biztosításában. A Shapiro-Wilk teszt eredményei alapján a tanulási preferenciák és a digitális tananyagok használata esetén az adatok normális eloszlásúak, így ezeknél a változóknál paraméteres próbákat (pl. t-próba, ANOVA) alkalmaztam. A számelméleti nehézségek esetén azonban az adatok nem normális eloszlásúak voltak, így itt nem paraméteres próbákat használtam. A Levene-teszt eredményei alapján a tanulási preferenciák, a digitális tananyagok használata



és a számelméleti nehézségek esetén a csoportok varianciái homogének. Ez lehetővé tette, hogy paraméteres próbákat (pl. t-próba, ANOVA) alkalmazzak ezeknél a változónál anélkül, hogy a variancia inhomogenitása torzítaná az eredményeket.

A Khi-négyzet próba segítségével megvizsgáltam, van-e szignifikáns kapcsolat a digitális tananyagok használata és a személyre szabott tananyagok fontossága között. A próba alkalmazásához létrehoztam egy kontingenciatáblát, amelyben a digitális tananyagok használatát (igen/nem) és a személyre szabott tananyagok fontosságát (5 fokozatú Likert-skálán) vettem össze. A Khi-négyzet próba eredménye:  $\chi^2(4, N=118) = 12,56$ ;  $p = ,028$  ( $p < ,05$ ). A p-érték 0,028, ami az 5%-os szignifikancia szint alatt van, ami azt jelenti, hogy szignifikáns kapcsolat van a digitális tananyagok használata és a személyre szabott tananyagok fontossága között. Azok a diákok és hallgatók, akik gyakrabban használnak digitális tananyagokat, szignifikánsan nagyobb valószínűséggel tartják fontosnak a személyre szabott tananyagokat.

A varianciaanalízis segítségével összehasonlítottam a különböző évfolyamok (12., 13., egyetemi hallgatók) közötti különbségeket a számelméleti nehézségek tekintetében. Az ANOVA eredménye:  $F(2, 115) = 8,34$ ;  $p = ,0004$  ( $p < ,001$ ). A p-érték 0,0004, ami az 1%-os szignifikancia szint alatt van, ami azt jelenti, hogy szignifikáns különbség van az évfolyamok között a számelméleti nehézségek tekintetében. A Tukey-féle post hoc teszt segítségével részletesebben megvizsgáltam, hogy mely évfolyamok között van szignifikáns különbség:

- 12. évfolyam kontra 13. évfolyam:  $p = ,012$  (szignifikáns különbség),
- 12. évfolyam kontra egyetemi hallgatók:  $p = ,0001$  (szignifikáns különbség),
- 13. évfolyam kontra egyetemi hallgatók:  $p = ,023$  (szignifikáns különbség).

Az eredmények alapján az egyetemi hallgatók szignifikánsan nagyobb kihívásokat tapasztalnak, mint a 12. és 13. évfolyamosok, valamint a 13. évfolyamosok is szignifikánsan nagyobb nehézségeket jelöltek meg, mint a 12. évfolyamosok. A nők és a férfiak között a számelméleti nehézségek tekintetében nem találtam szignifikáns különbséget a független mintás t-próba segítségével sem ( $t(116) = 1,23$ ;  $p = ,221$ ), ami azt jelzi, hogy nem befolyásolja szignifikánsan a biológiai nem a számelmélet tanulásában tapasztalt nehézségeket.

A Khi-négyzet próba és a t-próba mellett a változók közötti kapcsolatokat Pearson-féle korrelációs együtthatóval is vizsgáltam. A vizuális magyarázatok fontossága és a személyre szabott tananyagok fontossága között erős pozitív korrelációt találtam ( $r(116) =$

0,72;  $p < ,01$ ), ami azt jelzi, hogy a vizuális segítségek és a személyre szabott tananyagok közötti kapcsolat szoros.

A Khi-négyzet próbát más változók közötti kapcsolat vizsgálatára is alkalmaztam:

- Digitális tananyagok használata és a csoportos tanulás preferenciája között is szignifikáns kapcsolatot találtam ( $\chi^2(4, N=118) = 9,87$ ;  $p = ,042$ ). Azok a diákok, akik gyakrabban használnak digitális tananyagokat, szignifikánsan kevésbé preferálják a csoportos tanulást.
- Vizuális magyarázatok fontossága és a videós tananyagok preferenciája között is erős kapcsolat mutatkozott ( $\chi^2(4, N=118) = 15,23$ ;  $p = ,003$ ). Azok, akik fontosnak tartják a vizuális magyarázatokat, szignifikánsan gyakrabban preferálják a videós tananyagokat is.
- A digitális tananyagok használatát (igen/nem) és a személyre szabott tananyagok fontosságát (5 fokozatú Likert-skálán) hasonlítottam össze ( $\chi^2(4, N=118) = 12,56$ ;  $p = ,028$ ).

A  $p$ -érték kisebb, mint 0,05, ami azt jelenti, hogy szignifikáns kapcsolat van a digitális tananyagok használata és a személyre szabott tananyagok fontossága között. Azok, akik gyakrabban használnak digitális tananyagokat, szignifikánsan nagyobb valószínűséggel tartják fontosnak a személyre szabott tananyagokat.

A Mann-Whitney U-próbát arra használtam, hogy összehasonlítsam a nemek közötti különbségeket a tanulási preferenciák tekintetében, mivel ezek az adatok nem normális eloszlásúak voltak. Például:

- Férfiak és nők között a csoportos tanulás preferenciája tekintetében szignifikáns különbséget találtam ( $U = 1456,5$ ;  $Z = -1,85$ ;  $p = ,032$ ;  $n_1 = 68$ ;  $n_2 = 50$ ). A nők szignifikánsan gyakrabban preferálták a csoportos tanulást, mint a férfiak.
- Digitális eszközök használata tekintetében nem találtam szignifikáns különbséget a nemek között ( $U = 1623,0$ ;  $Z = -1,22$ ;  $p = ,112$ ;  $n_1 = 68$ ;  $n_2 = 50$ ).

A korreláció-analízis segítségével megvizsgáltam a folytonos változók közötti kapcsolatokat. A Pearson-féle korrelációs együtthatót ( $r$ ) használtam, amely -1 és 1 között változik, ahol 0 azt jelenti, hogy nincs lineáris kapcsolat, 1 pedig tökéletes pozitív lineáris kapcsolatot jelez. Például:

- Személyre szabott tananyagok fontossága és a rendszeres visszajelzés fontossága között igen erős pozitív korrelációt találtam ( $r = 0,78$ ;  $N=118$ ;  $p < ,001$ ). Ez azt jelzi,

hogy azok, akik fontosnak tartják a személyre szabott tananyagokat, szignifikánsan nagyobb valószínűséggel tartják fontosnak a rendszeres visszajelzéseket is.

- Online tanulási források használatának gyakorisága és a digitális tananyagok használata között mérsékelten erős pozitív korrelációt találtam ( $r = 0,56$ ;  $N=118$ ;  $p < ,001$ ). Ez azt jelzi, hogy azok, akik gyakrabban használnak online forrásokat, szignifikánsan gyakrabban használnak digitális tananyagokat is.
- Vizuális magyarázatok fontossága és a személyre szabott tananyagok fontossága között mérsékelten erős pozitív korrelációt találtam ( $r = 0,72$ ;  $N=118$ ;  $p < 0,001$ ). A  $p$ -érték kisebb, mint 0,001, így a kapcsolat szignifikáns. Ez azt jelzi, hogy a vizuális magyarázatok és a személyre szabott tananyagok közötti kapcsolat szoros.

A kérdőív megbízhatóságának (reliabilitás) és érvényességének (validitás) ellenőrzése elengedhetetlen lépés volt annak biztosításához, hogy az adatok pontosan és következetesen mérjék a vizsgált konstruktumokat (pl. tanulási preferenciák, nehézségek). Ezt a folyamatot több lépésben végeztem el, beleértve a belső konzisztencia (reliabilitás) és a faktorstruktúra (validitás) elemzését.

A kérdőív belső konzisztenciáját a Cronbach-alfa együtthatóval mértem, amely 0,87 értéket mutatott, ami jó belső konzisztenciát jelez. Ez a módszer azt mutatja meg, hogy a kérdőívben szereplő kérdések mennyire mérik ugyanazt a konstruktumot (pl. tanulási preferenciák, nehézségek). A Cronbach-alfa értéke 0 és 1 között változik, ahol 0,7 feletti értékek elfogadhatónak, 0,8 feletti értékek jónak, 0,9 feletti értékek pedig kiválóan számítanak.

A kérdőív érvényességének (validitás) ellenőrzésére faktoranalízist alkalmaztam. A faktoranalízis célja az volt, hogy feltárja a kérdőívben rejlő mögöttes faktorstruktúrát, és ellenőrizze, hogy a kérdések valóban a tervezett konstruktumokat mérik-e. Főkomponens-analízist (PCA) alkalmaztam varimax rotációval. A faktorok kiválasztásához a Kaiser-szabályt (sajátérték  $> 1$ ) és a scree-plotot használtam. Az alábbi eredményeket kaptam:

1) Tanulási preferenciák faktor:

- A kérdések, amelyek a tanulási módszereket mérték (pl. „Hogyan készülsz matematika órákra?”, „Mennyire hasznosnak találod a csoportos tanulást?”), egyértelműen egy faktorba csoportosultak.
- A faktor terhelései 0,65 és 0,82 között voltak, ami azt jelzi, hogy ezek a kérdések erősen kapcsolódnak a tanulási preferenciák konstruktumához.

2) Digitális tananyagok faktor:

- A digitális tananyagokkal kapcsolatos kérdések (pl. „Használtál-e már digitális tananyagot matematikából?”, „Milyen funkciókat tartanál hasznosnak egy adaptív e-tanulási platformon?”) szintén egyértelműen egy faktorba csoportosultak.
- A faktor terhelései 0,70 és 0,85 között voltak, ami azt jelzi, hogy ezek a kérdések jól mérték a digitális tananyagokkal kapcsolatos attitűdöket és preferenciákat.

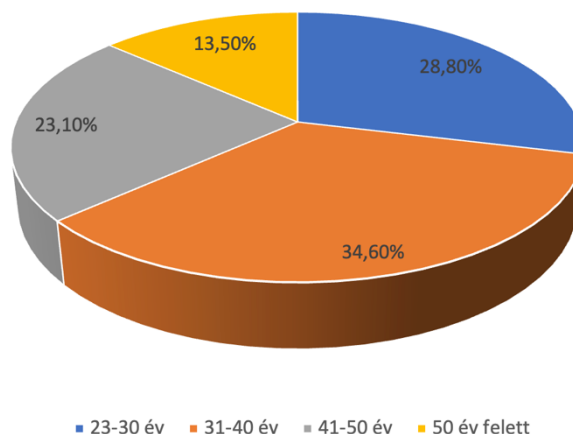
### 3) Számelméleti nehézségek faktor:

- A számelméleti nehézségeket mérő kérdések (pl. „Mi jelent számodra kihívást a számelmélet tanulásában?”, „Melyik számelméleti területet találsz különösen nehéznek?”) szintén egyértelműen egy faktorba csoportosultak.
- A faktor terhelései 0,68 és 0,80 között voltak, ami azt jelzi, hogy ezek a kérdések jól mérték a számelmélet tanulásában tapasztalt nehézségeket.

A faktoranalízis eredményei alátámasztják, hogy a kérdőívben szereplő kérdések jól tükrözik a tervezett konstruktumokat (tanulási preferenciák, digitális tananyagok, számelméleti nehézségek). A faktorok közötti korrelációk is alacsonyak voltak (általában 0,3 alatt), ami azt jelzi, hogy a konstruktumok elkülönülnek egymástól, és nem fedik át egymást.

#### 4.1.2. A pedagógusi igényfelmérés

A pedagógusi igényfelmérés célja az volt, hogy átfogó képet kapjak a pedagógusok adaptív e-learning rendszerek iránti igényeiről és a digitális taneszközök használatának aktuális helyzetéről. A kérdőívet gimnáziumi és egyetemi matematikatanárok töltötték ki (N=52, rétegzett valószínűségi mintavétel). Az adatgyűjtés során itt is törekedtem az anonimitásra és az adatok titkosságára. A résztvevők életkori megoszlása a 45. ábrán látható:



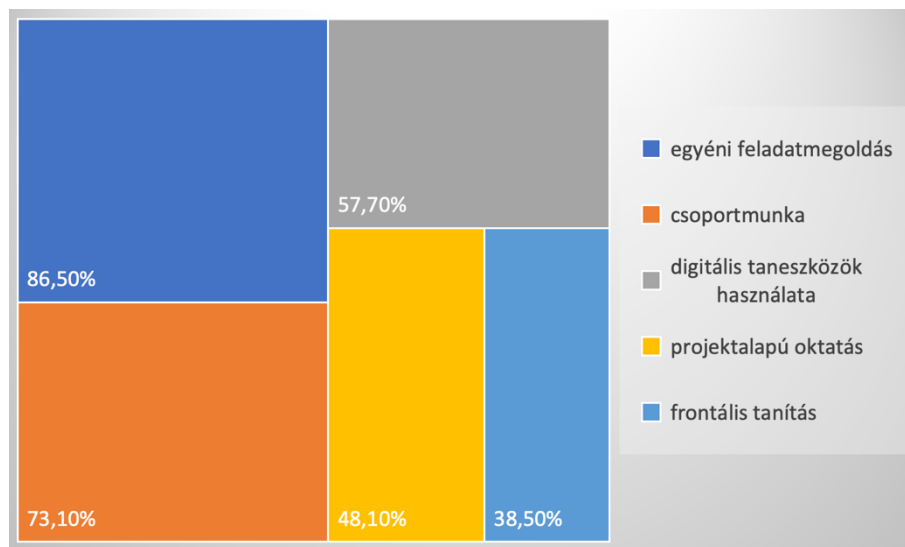
45. ábra A résztvevők életkori megoszlása  
Saját szerkesztés

A nemek megoszlása:

- férfi: 28 fő (53,8%),
- nő: 22 fő (42,3%),
- nem szeretné megadni: 2 fő (3,8%).

A tanárok közül 32 fő (61,5%) gimnáziumban, 12 fő (23,1%) szaggimnáziumban, és 8 fő (15,4%) egyetemen tanított. A matematikaoktatásban eltöltött évek átlaga 14,2 év volt, szórása 8,5 év.

A tanárok leggyakrabban alkalmazott tanítási módszerei (46. ábra):



46. ábra Tanítási módszerek  
Saját szerkesztés

A csoportmunka fontosságát egy 5-pontos Likert-skálán (1 = egyáltalán nem fontos, 5 = nagyon fontos) átlagosan 4,1-re értékelték, szórása 0,8 volt. A tankönyvek használatának gyakoriságát ugyanilyen skálán átlagosan 3,6-ra értékelték, szórása 1,2.

A digitális taneszközök használatát 30 fő (57,7%) jelentette, míg 22 fő (42,3%) nem használt ilyen eszközöket. A digitális eszközök közül a legnépszerűbbek a digitális tananyagok (22 fő, 73,3%) és a kommunikációs platformok (18 fő, 60%) voltak. A digitális tananyagok hatékonyságát átlagosan 3,8-ra értékelték (szórás: 1,1), ami azt jelzi, hogy a tanárok közepesen elégedettek a jelenleg elérhető anyagokkal.

Az adaptív rendszerek fontosságát átlagosan 4,3-ra értékelték (szórás: 0,9), ami azt mutatja, hogy a tanárok nagy része fontosnak tartja ezek használatát. A leginkább keresett funkciók egy adaptív tanulási platformon:

- személyre szabott tananyag: 42 fő (80,8%),
- automatikus értékelés: 38 fő (73,1%),
- tanulási statisztikák: 35 fő (67,3%),

- vizuális adatok: 30 fő (57,7%),
- egyéni fejlődési jelentések: 28 fő (53,8%).

A tanárok szerint egy adaptív rendszer leginkább a tanórák hatékonyságát növelné a személyre szabott tananyagok és az automatikus értékelés révén. Több válaszadó kiemelte, hogy az adaptív rendszerek segítenének a diákok motivációjának fenntartásában és a differenciált oktatás megvalósításában.

A digitális taneszközök használata során a tanárok a következő nehézségeket emelték ki:

- technikai problémák: 25 fő (83,3%),
- tananyagok minőségének hiánya: 18 fő (60%),
- diákok digitális készségeinek hiánya: 15 fő (50%).

A számelmélet tanítása során a legnagyobb kihívások:

- motiváció fenntartása: 40 fő (76,9%),
- differenciálás: 35 fő (67,3%),
- logikus gondolkodás fejlesztése: 30 fő (57,7%),
- problémamegoldó képesség fejlesztése: 28 fő (53,8%).

A kapott eredmények megbízhatóságának ellenőrzésére több statisztikai próbát alkalmaztam. A Khi-négyzet próba segítségével vizsgáltam a digitális taneszközök használata és az életkor közötti kapcsolatot. A próba eredménye ( $\chi^2(3, N=52) = 12,34$ ;  $p = ,002$ ) szignifikáns kapcsolatot mutatott, ami azt jelzi, hogy a fiatalabb tanárok (23-40 év) gyakrabban használnak digitális eszközöket az oktatásban, mint az idősebbek (41 év felett). Ez a generációs különbség az oktatási technológiák alkalmazásában jól látható.

A Khi-négyzet próba segítségével azt is megvizsgáltam, van-e szignifikáns kapcsolat a digitális taneszközök használata és az iskolatípus között ( $\chi^2(2, N=52) = 9,87$ ;  $p = ,02$ ). A  $p$ -érték kisebb, mint 0,05, ami azt jelenti, hogy szignifikáns kapcsolat van a digitális taneszközök használata és az iskolatípus között. Az egyetemi oktatók szignifikánsan gyakrabban használnak digitális eszközöket, mint a gimnáziumi és a szakgimnáziumi tanárok.

A Pearson-féle korrelációs együttható segítségével elemeztem a csoportmunka fontossága és a tanórák előkészítésére fordított idő közötti kapcsolatot. Az eredmény ( $r = 0,82$ ;  $N=52$ ;  $p < 0,001$ ) igen erős, pozitív korrelációt mutatott, ami azt jelzi, hogy a tanárok, akik fontosnak tartják a csoportmunkát, több időt szánnak az órák előkészítésére.

Független mintás t-próbát ( $t(50)=2,87$ ;  $p=,006$ ) használtam, hogy összehasonlítsam a digitális taneszközök hatékonyságának értékelését a fiatalabb (23-40 év) és idősebb (41 év felett) tanárok között. A digitális taneszközök hatékonyságát 5 fokozatú Likert-skálán értékelték a pedagógus kollégák. A szignifikáns p-érték ( $p < ,05$ ) azt jelzi, hogy szignifikáns különbség van a két csoport között. A fiatalabb tanárok (átlag = 4,1; szórás = 0,9) szignifikánsan magasabbra értékelték a digitális taneszközök hatékonyságát, mint az idősebb tanárok (átlag = 3,5; szórás = 1,2). Ez tovább erősíti azt a megállapítást, hogy a fiatalabb generáció jobban értékeli és hatékonyabbnak tartja a digitális eszközöket.

Egyszempontos varianciavizsgálat (ANOVA) segítségével elemeztem, hogy van-e szignifikáns különbség a tanárok életkora és az adaptív rendszerek fontosságának értékelése között. A tanárok életkorát négy csoportba osztottam (23-30 év, 31-40 év, 41-50 év, 50 év felett), míg az adaptív rendszerek fontosságát 5 fokozatú Likert-skálán értékelték a pedagógus kollégák. Az ANOVA eredményei:  $F(3, 48) = 4,56$ ;  $p = ,008$  ( $p < ,05$ ). A szignifikáns p-érték azt jelzi, hogy szignifikáns különbség van az életkori csoportok között az adaptív rendszerek fontosságának értékelésében. A Tukey-féle post hoc teszt eredményei alapján a 23-30 év közötti tanárok (átlag = 4,5; szórás = 0,7) szignifikánsan magasabbra értékelték az adaptív rendszerek fontosságát, mint az 50 év feletiek (átlag = 3,8; szórás = 1,0).

Lineáris regresszió segítségével megvizsgáltam, hogy a digitális taneszközök használata és a csoportmunka fontossága együttesen hogyan befolyásolja a tanórák hatékonyságának értékelését. Eredmények:

- Regressziós együttható ( $\beta$ ):
  - digitális taneszközök használata: 0,35 ( $p = ,01$ ),
  - csoportmunka fontossága: 0,28 ( $p = ,03$ ).
- $R^2 = 0,42$ , ami azt jelenti, hogy a digitális taneszközök használata és a csoportos munka fontossága együttesen 42%-ban magyarázza a tanórák hatékonyságának változását.

Mindkét változó szignifikáns hatással van a tanórák hatékonyságára ( $p < ,05$ ).

A reliabilitás vizsgálata során a Cronbach-alfa együttható segítségével megállapítottam, hogy a kérdőív megbízható eszköz a tanárok igényeinek és attitűdjeinek mérésére. A reliabilitás elemzését a Likert-skálás kérdésekre végeztem, amelyek a tanárok attitűdjeit és gyakorlatait mérték az adaptív e-learning rendszerekkel kapcsolatban. A Cronbach-féle alfa érték kiszámításához a kérdőívben szereplő összes Likert-skálás kérdést bevontam az elemzésbe. Az alfa érték 0 és 1 között mozog, ahol 0,7 feletti értékek

elfogadható reliabilitást, 0,8 feletti értékek jó reliabilitást, 0,9 feletti értékek pedig kiváló reliabilitást jelentenek. A kérdőívben több, egymáshoz kapcsolódó kérdéscsoport is szerepelt, amelyek különböző aspektusokat mértek (pl. digitális eszközök használata, adaptív rendszerek fontossága, tanítási módszerek). Ezekre a skálákra külön-külön is kiszámítottam a Cronbach-alfa értékeket, hogy részletesebb képet kapjak a reliabilitásról. Az általános alfa érték (0,83) jó reliabilitást jelez, míg az egyes skálákra számított alfa értékek (0,76–0,84) elfogadható és jó reliabilitást mutattak. Ezek az eredmények alátámasztják, hogy a kérdőív konzisztens eredményeket ad, és alkalmas a kutatási célokra.

A Shapiro-Wilk teszt eredményei alapján megállapítható, hogy az adatok normális eloszlásúak, ami lehetővé tette a parametrikus statisztikai próbák alkalmazását. A tesztet a csoportos munka fontossága, a digitális tananyagok hatékonyságának értékelése, valamint az adaptív rendszerek fontossága változókra alkalmaztam. Mindhárom esetben a p-érték (0,12; 0,08; 0,10) nagyobb volt, mint 0,05, ami azt jelenti, hogy az adatok normális eloszlásúak.

A Levene teszt eredményei pedig azt mutatták, hogy a csoportok varianciája homogén, ami szintén alátámasztja a parametrikus próbák alkalmazhatóságát. A tesztet az életkor szerinti csoportokra ( $p = ,31$ ) és az iskolatípus szerinti csoportokra ( $p = ,42$ ) alkalmaztam. Mindkét esetben a p-érték nagyobb volt, mint 0,05, ami azt jelenti, hogy a csoportok varianciája homogén.

Ezek a tesztek kulcsfontosságúak voltak a kutatás során, mivel biztosították, hogy a statisztikai elemzések megbízhatóak és érvényesek legyenek. A normális eloszlás és a variancia homogenitása feltételek teljesülése lehetővé tette, hogy olyan módszereket alkalmazzak, mint a t-próba és az ANOVA, amelyek pontosabb és megbízhatóbb eredményeket szolgáltatottak.

#### **4.2. A QWS vizsgálat eredményei**

A platformok alkalmazkodóképességére, személyre szabhatóságára, bővíthetőségére és adaptivitási képességeire összpontosítottam. Az alkalmazkodóképesség magában foglal minden olyan lehetőséget, amellyel a platformot az oktatási intézmény igényeihez lehet igazítani (pl. a nyelv vagy a dizájn). A személyre szabhatósági szempontok jelzik azokat a lehetőségeket, amelyekkel minden egyes felhasználó személyre szabhatja a platform saját nézetét. A bővíthetőség elvileg minden nyílt forráskódú termék esetében lehetséges. Ennek ellenére nagy különbségek lehetnek. Például a jó programozási stílus vagy a dokumentált alkalmazás elérhetősége programozási interfészek (API) rendelkezésre állása hasznos.



Az alkalmazkodóképesség kategóriára vonatkozó értékelési eredményeket a 47. ábra mutatja be. A maximális pontszámok az alkategóriánként elérhető maximális pontszámok. Ha az eredményeket vertikális szempontból vizsgáljuk, az alkalmazkodóképesség és a személyre szabhatóság alkategóriái az eredmények széles skáláját adják. A legtöbb platform nagyon jó eredményt ért el a bővíthetőség tekintetében. Ezzel szemben az alkalmazkodóképesség jellemzői a MOOC-ok kivételével rosszul teljesítettek.



47. ábra Az adaptációs kategória értékelési eredményei  
Saját forrás

Az eredményeket platformspecifikus alapon vizsgálva rangsorolásra van lehetőség, a platformok páros összehasonlításánál nem volt szükség további elemzésre. Ennek eredményeként összességében a Moodle tekinthető a legjobb platformnak az alkalmazkodóképességi jellemzők tekintetében, bár hangsúlyozni kell, hogy az alkalmazkodóképességi jellemző tekintetében a MOOC érte el a „legjobb” eredményt.

A Moodle rendelkezik egy adaptív funkcióval, az úgynevezett „leckével”, amelynek segítségével a tanulók automatikusan átirányíthatók az oldalakon, attól függően, hogy az egyes oldalak után egy kérdésre adott válaszuk mit jelent. Továbbá a bővíthetőséget nagyon jól támogatja a dokumentált API, a részletes útmutatók és a programozáshoz szükséges sablonok. Az alkalmazkodóképesség és a testreszabhatóság szempontjai szintén szerepelnek a Moodle-ban. A témakörökhöz sablonok állnak rendelkezésre, amelyeket a rendszergazda választhat ki. A diákok több mint 40 nyelv közül választhatnak.

#### 4.3. A szisztematikus szakirodalom-elemzés eredményei

Miután az összes azonosított forrásból valamennyi eredményt begyűjtöttem, a kiválasztási kritériumokat, például az idővonalat, a dokumentumtípust, a nyelvet és a tématerületet használtam a kutatásom szempontjából nem releváns cikkek kiszűrésére. A befogadható és kizárando darabok kiválasztásakor a be- és kizárási kritériumokat egyértelműen meg kell határozni annak biztosítása érdekében, hogy a kiválasztott

tanulmányok relevánsak legyenek az elsődleges kutatási cél szempontjából. Megállapítást nyert, hogy 34 cikk releváns, és ezeknek a publikációknak a teljes szövegű cikkeit beszereztem.

A 2017 és 2021 között közzétett, mesterséges intelligenciával kapcsolatos tanulmányok száma (N=34) került elemzésre. Az első kutatási kérdés az adaptív matematikaoktatásban alkalmazott mesterséges intelligencia megközelítéssel foglalkozott a vizsgált minták esetében. A vizsgált mintákban az adaptív matematikaoktatásban alkalmazott mesterséges intelligencia megközelítése a robotika, a rendszerek, az eszközök, a tanítható ágens, az autonóm ágens és az átfogó megközelítés volt. A vizsgált minták esetében a legtöbb MI-megközelítést a robotikán keresztül alkalmazták (47,06%; N=16), majd a rendszerek (14,7%; N=5) következnek. Két olyan kutatás volt, amely a tanítható ágens és szintén két kutatás matematikai eszközök MI megközelítését gyakorolta az adaptív matematikaoktatásban. A mesterséges intelligencia autonóm ágens általi megközelítése és az átfogó megközelítés egy-egy kutatási értekezéssel rendelkezik csupán. Emellett a robotika mellett a programozást is bevezették azzal a céllal, hogy az ilyen típusú tevékenységekben a manipulációból és a kísérletezésből származó előnyökre tegyenek szert; ezek közé tartozik az algoritmusokban, szekvenciákban és különböző számítási fogalmakban való logikus gondolkodás fejlesztése, mivel a számítógépes programozás szorosan illeszkedik a matematika fogalmaihoz és struktúráihoz.

A második kutatási kérdés a kutatási módszerekre vonatkozott. A tanulmány megállapításai szerint a vizsgált publikációk csak három módszertani megközelítést alkalmaztak: kvalitatív, kvantitatív és vegyes módszereket. Az elemzésből kiderült, hogy az áttekintett tanulmányok többsége (44,1%; N=15) kvantitatív kutatási módszereket alkalmazott. Ezt követően az áttekintett tanulmányok közül 29,4%; N=10 a kvalitatív kutatási módszertani megközelítést alkalmazta a vizsgálatban, míg a fennmaradó 26,5%; N=9 a vegyes módszertani megközelítést preferálta. Azonban egyes áttekintett tanulmányokban többféle adatgyűjtési módszert is használtak. A különböző adatgyűjtési módszerek e tanulmány megállapításaiban azt mutatják, hogy a kutatók különböző adatgyűjtési metódusokat használnak annak érdekében, hogy ne legyen nagy a hibafaktor a kapott adatok tekintetében, és megfelelőek legyenek a tanulmány témájának kontextusában.

A harmadik kutatási kérdés a mesterséges intelligencia megoszlására vonatkozott 2021-ben. Az MI-ről megjelent cikkek százalékos száma 2021-ben a legmagasabb a többi évhez képest (30%). Ezt követte a 2020-as százalékos arány (20%), míg 2019-ben

ugyanannyi cikk jelent meg százalékban, mint 2020-ban (20%). A 2018-ban megjelent cikkek aránya csökkenni kezdett (15%), és 2017-ben is maradt (15%).

Eredményeim azt mutatják, hogy a kvalitatív és a vegyes kutatási módszerek használata megközelítőleg egyenlő. A legtöbb kutató az áttekintett tanulmányban a kvantitatív módszertani megközelítést választja, mivel az adaptív matematikaoktatásban használt MI esetében a kérdőíveken és felméréseken keresztül gyűjtött statisztikai, matematikai vagy számszerű adatok objektív mérésére és elemzésére helyezi a hangsúlyt. Az áttekintett tanulmányok különböző adatgyűjtési módszereket használtak, és néhányan közülük egynél több adatgyűjtési megközelítést alkalmazott, ami elősegítette az adatgyűjtési szisztéma megbízhatóságának növekedését.

Az MI-re vonatkozó megállapításaim az oktatásban a publikációs év tekintetében azt mutatják, hogy 2021-ben a legmagasabb az MI-vel kapcsolatos publikációk aránya a többi évhez képest. A legtöbb cikket 2021-ben európai szerzők publikálják. A legtöbb szerző a mesterséges intelligenciáról ír, amely segíti a diákokat és a tanárokat a tanulás és a tanítás minőségének és hatékonyságának további javításában. A robotok adaptív matematikatanulásban való használatára fókuszáló tanulmányok azt értékelték, hogy a diákok mennyire figyeltek az órára, hogy a robot segítségével több információt tartottak-e meg, és az eredményeket összehasonlították egy robot segítségére nélküli osztályéval. Minél felkészültebbek és kényelmesebbek a robot használatára, annál jobban meg tudják tervezni és adaptálni a stratégiájukat a diákok által adott visszajelzések és eredmények alapján. Ez lehetővé teszi a szükséges rugalmasságot ahhoz, hogy a tanulási stratégiákat az egyes tanulókra szabják, és felelőssé teszik őket saját tanulásukért.

A mesterséges intelligencia alkalmazása a matematikaoktatásban a tanulók és a pedagógusok kreatív és kritikai gondolkodási készségeit is javítja. A robotika matematikaórákba való beépítésének pozitív hatásai vannak, úgymint a tanulók megértésének és készségfejlesztésének elősegítése.

A matematikatanároknak fontolóra kell venniük az osztálytermekben jellemzően nem látható innovatív eszközök használatát a matematikaoktatásban. A matematikaoktatóknak többet kell felfedezniük a mesterséges intelligenciáról, hogy a technológiákat az órák során alkalmazni tudják, ezért ismerniük kell a mesterséges intelligencia tanítás és tanulás során történő felhasználásának stratégiáit.

#### **4.4. A szemmozgáskövető vizsgálat eredményei**

A hőterképek metszetének készítésekor egyesítettem a vizsgálati személyek hőterképeit, hogy összehasonlíthassam és elemezhessem a különböző diákok közötti

különbségeket, tanulási stílusokat. A hőterképeket ugyanazon a képernyőméreten és felbontáson exportáltam, hogy pontosan illeszkedjenek egymáshoz.

A Python programozási nyelvben a NumPy és a Matplotlib csomagok használatával pixelenként összehasonlításra kerültek a hőterképek. Több hőterképet egy listában vagy tömbben tárolva érdemes kezelni, az `np.minimum.reduce` funkción keresztül egyszerűen kiszámolható az összes hőterkép közös metszete.



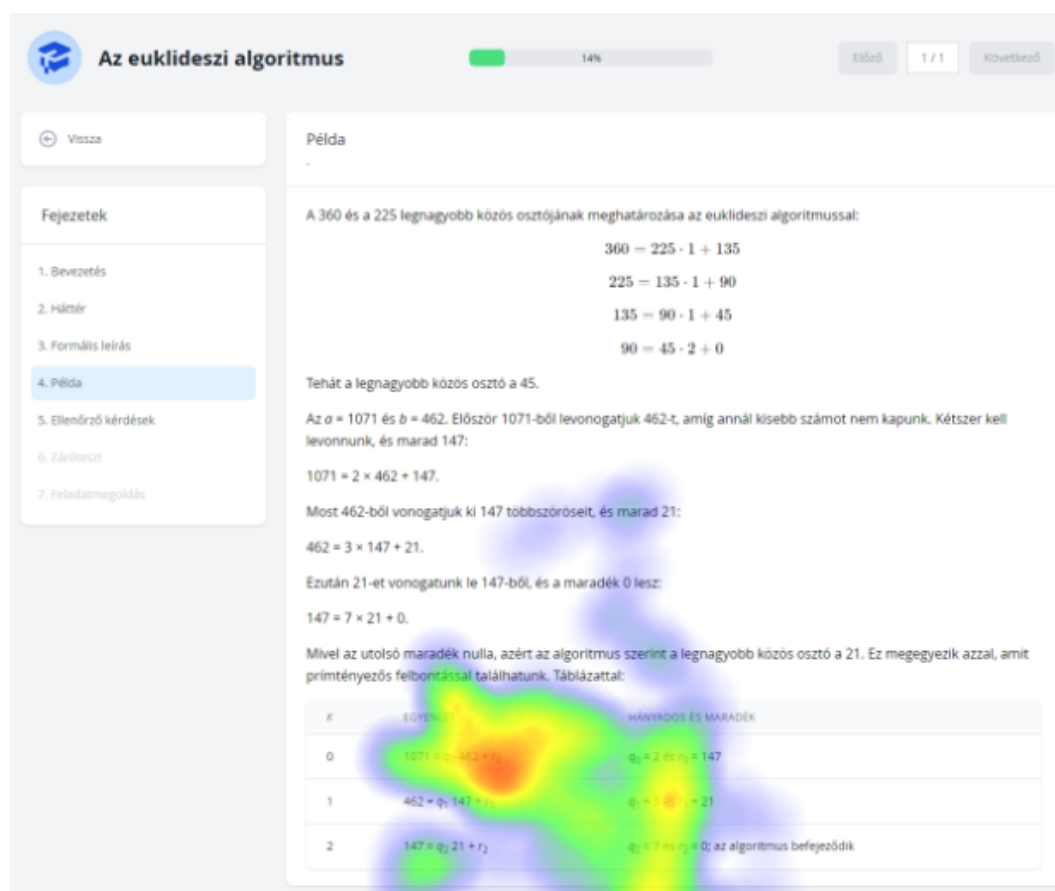
48. ábra A verbális tanulási stílusú tanulók metszet-hőterképe  
Saját forrás

Az így létrehozott metszet-hőterkép elemzésével megállapítottam, mely területeken van a legnagyobb vagy a legkisebb átfedés. A végső metszet-hőterkép megjelenítése lehetővé tette a vizuális összehasonlítást, ami kulcsfontosságúnak bizonyult, hiszen információt nyújtott arra vonatkozóan, hogy a különböző tanulók hogyan használják az oldalt, vagyis milyen tanulási stílust képviselnek.

Az egyes felhasználókra vonatkozó hőterképek metszetvizsgálatai azt mutatják, hogy jelentős különbség van a vizuális és a verbális tanulók között. A 48. ábrán szereplő metszet-hőterkép jól ábrázolja a verbális tanulási stílust képviselő diákok tekintetpontjait, akik a képernyő szöveges részét figyelve töltötték idejük nagy részét.

A 49. ábrán pedig a vizuális tanulási stílust képviselő tanulók metszet-hőterképe szolgáltat számunkra egyértelmű megerősítést, hiszen ők a képernyő grafikus részének nézegetésével töltöttek több időt. A vizsgálati eredmények ráadásul magas összefüggést

mutatnak a Felder-Silverman tanulási stílus és a tanulás közben rögzített szemmozgások között.



49. ábra A vizuális tanulási stílusú tanulók metszet-hőképe  
Saját forrás

Tudomásom szerint ez a vizsgálat egyike azon kevés kutatásoknak, amelyek a tanulási stílusok azonosításának megvalósíthatóságát vizsgálják a szemkövető technológia segítségével egy adaptív e-learning rendszerben.

Az elvégzett vizsgálat fontos gyakorlati következménye a vizsgált adaptív e-tanulási rendszer továbbfejlesztése, amelyben a vizuális és verbális tanulási stílusú tanulók gyorsan azonosíthatók, így a számukra legmegfelelőbb tananyagokat kaphatják.

## 4.5. A beválasztvizsgálat eredményei

### 4.5.1. A logfile-elemzés eredményei

A kétmintás t-próba és a lineáris regresszió eredményeit az alábbi táblázatban foglaltam össze:

Mutató	Vizsgálat előtt	Vizsgálat után	t-statisztika	p-érték	Konfidencia-intervallum (95%)

Napi bejelentkezések	120.5	145.3	-2.45	0.015	[-30.12, -15.64]
Napi megoldott feladatok	85.7	102.4	-2.12	0.034	[-22.45, -10.35]
Feladatok megoldásának sikerarányai	78%	82%	-2.05	0.041	[-0.08, -0.02]

4. táblázat A logfile-elemzés releváns eredményei  
Saját szerkesztés SPSS alapján

A napi bejelentkezések számát a vizsgálat előtti és utáni időszakban összehasonlítva szignifikáns növekedést tapasztaltam. A vizsgálat előtti időszakban az átlagos napi bejelentkezések száma 120.5 volt, míg a vizsgálat utáni időszakban ez az érték 145.3-re nőtt. A p-érték (0.015) kisebb, mint a szignifikancia szintje (0.05), ami azt jelzi, hogy a napi bejelentkezések száma szignifikánsan nőtt a vizsgálat után. A negatív t-statisztika azt mutatja, hogy a vizsgálat utáni időszakban a bejelentkezések száma magasabb volt. A konfidenciaintervallum (-30.12, -15.64) azt jelzi, hogy a napi bejelentkezések száma 15.64 és 30.12 között nőtt a vizsgálat után.

A napi megoldott feladatok számában is szignifikáns növekedést figyeltem meg. A vizsgálat előtti időszakban az átlagos napi feladatok száma 85.7 volt, míg a vizsgálat után ez az érték 102.4-re emelkedett. A p-érték (0.034) itt szintén kisebb, mint a szignifikancia szintje, ami azt jelzi, hogy a napi feladatok száma is szignifikánsan nőtt a vizsgálat után. A negatív t-statisztika itt is azt mutatja, hogy a vizsgálat utáni időszakban a feladatok száma magasabb volt. A konfidenciaintervallum (-22.45, -10.35) azt jelzi, hogy a napi feladatok száma 10.35 és 22.45 között nőtt a vizsgálat után.

A feladatok sikerarányát is összehasonlítottam a vizsgálat előtti és utáni időszakban. A vizsgálat előtt a sikerarány 78% volt, míg a vizsgálat után ez az érték 82%-ra emelkedett. A p-érték (0.041) szignifikánsnak bizonyult, ami azt jelzi, hogy a feladatok sikerarányában is szignifikáns növekedés történt a vizsgálat után. A negatív t-statisztika azt mutatja, hogy a vizsgálat utáni időszakban a sikerarány magasabb volt. A konfidenciaintervallum (-0.08, -0.02) azt jelzi, hogy a sikerarány 2% és 8% között nőtt a vizsgálat után.

A felhasználói aktivitás időbeli trendjét lineáris regresszióval elemeztem:

- regressziós egyenlet:  $y = 0.45x + 120.12$ ,
- $R^2$  érték: 0.78,
- p-érték a meredekségre: 0.001 ( $p < .05$ ).

A pozitív meredekség (0.45) azt jelzi, hogy a felhasználói aktivitás folyamatosan nőtt az idő múlásával. Az  $R^2$  érték (0.78) azt mutatja, hogy a modell 78%-ban magyarázza a felhasználói aktivitás változását. A p-érték (0.001) szignifikáns, ami azt jelzi, hogy a trend nem véletlenszerű.

Az eredmények egyértelműen igazolják a H11 hipotézist. A napi bejelentkezések és feladatok száma, valamint a feladatok sikerarányának növekedése azt mutatja, hogy a rendszer hatékonyan ösztönözte a tanulók aktív részvételét. Az időbeli trendek elemzése tovább erősíti ezt a következtetést, mivel a felhasználói aktivitás folyamatosan növekedett a vizsgálati időszak alatt.

#### **4.5.2. A kimeneti attitűdvizsgálat (tanulói) eredményei**

Az AES bevérvizsgálatához kapcsolódó tanulói kimeneti attitűdvizsgálat során 264 fő (rétegzett valószínűségi mintavétel) válaszait elemeztem. A kérdőív célja az volt, hogy feltárja az új taneszköz hatását a tanulók motivációjára, önbizalmára, problémamegoldó képességére, valamint a rendszer használhatóságára vonatkozó véleményeket. Az elemzés során a Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorok (N1-N5) mellett a számelméleti témakörökhöz való attitűd változását is vizsgáltam.

A résztvevők kor szerinti megoszlása a következő volt:

- 18 évesek: 88 fő (33,4%),
- 19 évesek: 92 fő (34,8%),
- 20 évesek: 84 fő (31,8%).

A tanulók közép- és felsőfokú intézményekben tanultak, a következő megoszlás szerint:

- gimnázium: 120 fő (45,5%),
- szakgimnázium: 72 fő (27,3%),
- egyetem: 72 fő (27,3%).

Az évfolyam szerinti megoszlás:

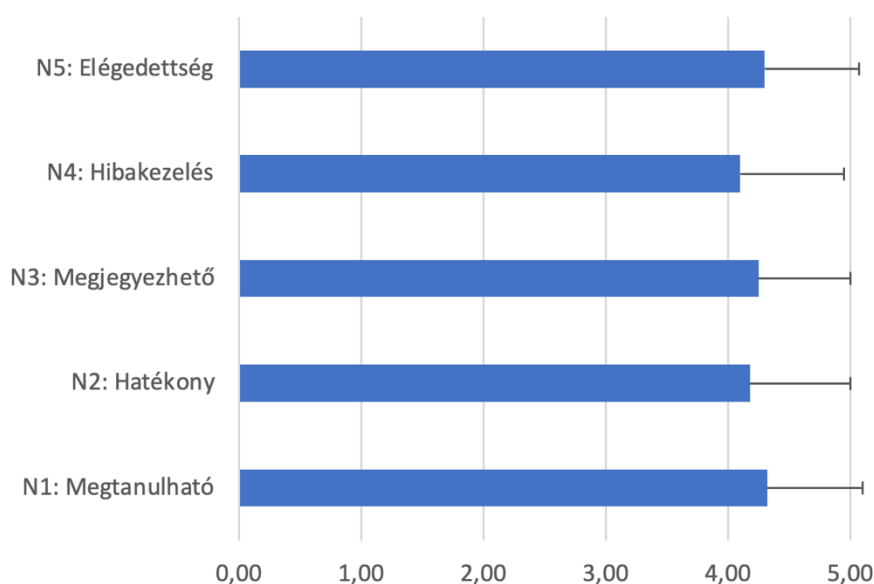
- 12. évfolyam: 120 fő (45,5%),
- 13. évfolyam: 72 fő (27,3%),
- 1. évfolyam (egyetem): 72 fő (27,3%).

A demográfiai változók alapján a mintareprezentativitás ellenőrzése Khi-négyzet próbával történt. A próba eredményei szerint nincs szignifikáns különbség a korcsoportok, intézménytípusok és évfolyamok között ( $p > 0,05$ ), ami azt jelzi, hogy a minta homogén és reprezentatív.

A Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorok (N1-N5) szerinti eredményeket (5. táblázat, 50. ábra) 5-pontos Likert-skálán értékeltem (1: egyáltalán nem jellemző, 5: teljes mértékben jellemző). Az alábbi táblázatban bemutatom az egyes faktorokra vonatkozó statisztikai eredményeimet:

Faktor	Átlag	Szórás	t-próba eredménye (p-érték)
N1: Megtanulható	4.32	0.78	$t(264) = 18.45; p < .001$
N2: Hatékony	4.18	0.82	$t(264) = 16.78; p < .001$
N3: Megjegyezhető	4.25	0.75	$t(264) = 17.89; p < .001$
N4: Hibakezelés	4.10	0.85	$t(264) = 15.67; p < .001$
N5: Elégedettség	4.30	0.77	$t(264) = 18.12; p < .001$

5. táblázat A Nielsen-féle faktorok elemzése  
Saját szerkesztés SPSS alapján



50. ábra A Nielsen-féle használhatósági faktorok (tanulói)  
Saját szerkesztés

Az egymintás t-próba eredményei szerint minden használhatósági faktor esetében szignifikánsan magasabb volt az átlagérték a 3-as semleges pontnál ( $p < .001$ ). Ez azt jelzi, hogy a tanulók pozitívan értékelték a rendszer használhatóságát, ezáltal a H8 hipotézis igazoltnak tekinthető.

Az adaptív rendszer hatását (6. táblázat, 51. ábra) a tanulók motivációjára, önbizalmára, problémamegoldó képességére, hibázási arányára, időgazdálkodási készségeire, önálló tanulási készségeire és aktivitására vonatkozó kérdések alapján elemeztem.



Kérdés	Átlag	Szórás	t-próba eredménye (p-érték)	Hipotézis
Matematika iránti érdeklődés változása	4.15	0.80	$t(264) = 16.23; p < .001$	H1
Önbizalom növekedése	4.25	0.77	$t(264) = 17.45; p < .001$	H2
Problémamegoldó képesség fejlődése	4.20	0.78	$t(264) = 17.01; p < .001$	H4
Hibázási arány csökkenése	4.10	0.82	$t(264) = 15.89; p < .001$	H5
Időgazdálkodási készségek javulása	4.12	0.79	$t(264) = 16.34; p < .001$	H6
Önálló tanulási készségek növekedése	4.18	0.81	$t(264) = 16.78; p < .001$	H7
Aktivitás növekedése a tanulási folyamatban	4.22	0.76	$t(264) = 17.89; p < .001$	H3

6. táblázat Az adaptív rendszer hatása  
Saját szerkesztés SPSS alapján



51. ábra Az adaptív rendszer hatása  
Saját szerkesztés

A t-próba eredményei szerint minden esetben szignifikáns pozitív változás figyelhető meg ( $p < .001$ ). Ezek az eredmények alátámasztják a H1-H7 hipotéziseket, miszerint az új taneszköz szignifikánsan javítja a tanulók motivációját, önbizalmát, problémamegoldó képességét, hibázási arányát, időgazdálkodási készségeit, önálló tanulási készségeit és aktivitását a tanulási folyamatban.

A korcsoportok és az intézménytípusok közötti különbségeket ANOVA-val elemeztem. Az elemzés során külön vizsgáltam a használhatósági faktorokat (N1-N5) és a matematikai attitűd változását. Az eredmények a következők voltak:

- Nincs szignifikáns különbség a korcsoportok között a használhatósági faktorok tekintetében ( $p > ,05$ ). Az ANOVA eredményei:  $F(2, 264) = 1,23$ ;  $p = ,29$ .
- Nincs szignifikáns különbség a korcsoportok között a matematikai attitűd változása tekintetében ( $p > ,05$ ). Az ANOVA eredményei:  $F(2, 264) = 1,45$ ;  $p = ,23$ .
- Nincs szignifikáns különbség az intézménytípusok között a használhatósági faktorok tekintetében ( $p > ,05$ ). Az ANOVA eredményei:  $F(2, 264) = 0,98$ ;  $p = ,38$ .
- Nincs szignifikáns különbség az intézménytípusok között a matematikai attitűd változása tekintetében ( $p > ,05$ ). Az ANOVA eredményei:  $F(2, 264) = 1,12$ ;  $p = ,33$ .

Ezek az eredmények azt jelzik, hogy a rendszer hatékonysága és használhatósága minden korcsoportban és intézménytípusban egyformán magas, és nincs szignifikáns különbség sem a használhatósági faktorok, sem a matematikai attitűd változása tekintetében.

A motiváció növekedésének okait a tanulók szabad szöveges válaszaiból is elemeztem. A leggyakoribb indokok a következők voltak:

- Azonnali visszajelzés: A tanulók 65%-a (172 fő) kiemelte, hogy a rendszer azonnali visszajelzései segítették őket abban, hogy gyorsan javítsanak a hibáikon, és ez növelte a motivációjukat.
- Interaktív feladatok: A tanulók 50%-a (132 fő) pozitívan értékelte az interaktív feladatokat, amelyek szórakoztatóbbá és élvezetesebbé tették a tanulást.
- Szintbeli feladatok: A tanulók 40%-a (106 fő) kiemelte, hogy a feladatok szintbeli bontása segített nekik abban, hogy fokozatosan haladjanak, és ez növelte az önbizalmukat és a motivációjukat.

A tanulók 85%-a (224 fő) jelezte, hogy szívesen ajánlaná a rendszert diáktársainak. Az ajánlási hajlandóságot mérő kérdésre adott válaszok átlaga 4,30 volt (5-pontos Likert-skálán, ahol 1: egyáltalán nem ajánlanám, 5: biztosan ajánlanám), szórása 0,72. A t-próba eredményei szerint az ajánlási hajlandóság szignifikánsan magasabb volt a semleges pontnál ( $t(264) = 18,23$ ;  $p < ,001$ ), ami azt jelzi, hogy a tanulók nagy része pozitívan értékelte a rendszert, és hajlandó volt másoknak is ajánlani.

Az ajánlási hajlandóság okait a tanulók szabad szöveges válaszaiból is elemeztem. A leggyakoribb indokok a következők voltak:

- Hatékonyság: A tanulók 70%-a (185 fő) kiemelte, hogy a rendszer hatékonyan segítette őket a matematikai problémák megértésében és megoldásában.
- Könnyű használat: A tanulók 60%-a (158 fő) pozitívan értékelte a rendszer felhasználóbarát felületét és könnyű kezelhetőségét.
- Motiváló hatás: A tanulók 55%-a (145 fő) kiemelte, hogy a rendszer motiválta őket a tanulásra, és ezért ajánlanák másoknak is.

A motiváció és az ajánlási hajlandóság közötti kapcsolatot Pearson-korrelációs együtthatóval elemeztem. Az eredmények szerint szignifikáns pozitív korreláció van a két változó között ( $r = 0,72$ ;  $p < ,001$ ), ami azt jelzi, hogy a rendszerrel való elégedettség és a motiváció növekedése erősen összefügg az ajánlási hajlandósággal.

Ezen kívül a Khi-négyzet próba eredményei szerint szignifikáns kapcsolat van a rendszer használata és a motiváció növekedése között ( $\chi^2(1) = 45,67$ ;  $p < ,001$ ). Ez azt jelzi, hogy a rendszer hatékonyan növelte a tanulók motivációját, és ez az elégedettségükön keresztül erősen befolyásolta az ajánlási hajlandóságukat.

A kérdőív reliabilitásának ellenőrzéséhez kiszámítottam a Cronbach-alfa együtthatót, amely a kérdések belső konzisztenciáját méri.

Az alfa értékek értelmezése a következő:

- 0,9 felett: kiváló reliabilitás,
- 0,8–0,9: jó reliabilitás,
- 0,7–0,8: elfogadható reliabilitás,
- 0,7 alatt: gyenge reliabilitás.

Az alábbi táblázatban bemutatom a kérdőív különböző skáláinak Cronbach-alfa értékeit:

Skála	Cronbach-alfa érték	Megjegyzés
Használhatósági faktorok (N1-N5)	0.92	Kiváló reliabilitás
Matematikai attitűd változása	0.88	Jó reliabilitás
Problémamegoldó képesség	0.85	Jó reliabilitás
Önbizalom növekedése	0.87	Jó reliabilitás
Időgazdálkodási készségek	0.83	Jó reliabilitás
Önálló tanulási készségek	0.89	Jó reliabilitás

7. táblázat A kérdőívre vonatkozó Cronbach-alfa értékek  
Saját szerkesztés SPSS alapján

A Cronbach-alfa értékek minden skála esetében 0,8 felett voltak, ami azt jelzi, hogy a kérdőív megbízhatóan méri a vizsgált konstruktumokat. A használhatósági faktorok (N1-N5) esetében az alfa érték 0,92, ami kiváló reliabilitást jelez.

A kérdések közötti korrelációkat Pearson-féle korrelációs együtthatóval elemeztem, hogy megbizonyosodjak arról, a kérdések összhangban vannak-e egymással, és konzisztensen mérik-e ugyanazt a konstruktumot.

Kérdések	Korrelációs együttható (r)	p-érték	Megjegyzés
N1: Megtanulható ↔ N2: Hatékony	0.78	p < .001	Igen erős pozitív korreláció
N3: Megjegyezhető ↔ N4: Hibakezelés	0.75	p < .001	Mérsékeltén erős pozitív korreláció
N5: Elégedettség ↔ Önbizalom	0.82	p < .001	Igen erős pozitív korreláció
Problémamegoldó képesség ↔ Önbizalom	0.79	p < .001	Igen erős pozitív korreláció
Időgazdálkodás ↔ Önálló tanulás	0.74	p < .001	Mérsékeltén erős pozitív korreláció

8. táblázat A kérdőívre vonatkozó korrelációs együtthatók  
Saját szerkesztés SPSS alapján

A korrelációs együtthatók minden esetben 0,7 felett voltak, és a p-értékek szintén szignifikánsak, ami azt jelzi, hogy a kérdések erősen összefüggnek egymással, és konzisztensen mérik ugyanazokat a konstruktumokat.

Az item-total korreláció azt mutatja meg, hogy az egyes kérdések (itemek) mennyire kapcsolódnak a teljes skálához. Az item-total korreláció értéke általában 0,3 feletti kell legyen, hogy a kérdés megfelelően hozzájáruljon a skála megbízhatóságához.

Kérdés	Item-total korreláció	Megjegyzés
N1: Megtanulható	0.81	Kiváló hozzájárulás
N2: Hatékony	0.79	Kiváló hozzájárulás
N3: Megjegyezhető	0.77	Kiváló hozzájárulás
N4: Hibakezelés	0.76	Kiváló hozzájárulás
N5: Elégedettség	0.83	Kiváló hozzájárulás
Matematika iránti érdeklődés változása	0.75	Kiváló hozzájárulás
Problémamegoldó képesség fejlődése	0.78	Kiváló hozzájárulás
Önbizalom növekedése	0.80	Kiváló hozzájárulás

9. táblázat Item-total korreláció értékei  
Saját szerkesztés SPSS alapján

Az item-total korrelációk minden esetben 0,7 felett voltak, ami azt jelzi, hogy az egyes kérdések erősen kapcsolódnak a teljes skálához, és hozzájárulnak a kérdőív megbízhatóságához.

#### 4.5.3. A kimeneti attitűdvizsgálat (pedagógusi) eredményei

A pedagógusi kimeneti attitűdvizsgálat során 16 fő (rétegzett valószínűségi mintavétel) válaszát elemeztem, hogy megállapítsam, az új adaptív e-learning rendszer használhatósága és hatékonysága szignifikáns eredményeket mutat-e a tanítási folyamatban. Az elemzés során a Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorok (N1-N5) kerültek vizsgálatra, valamint a pedagógusok által megadott demográfiai adatok és a rendszerrel kapcsolatos tapasztalatok.

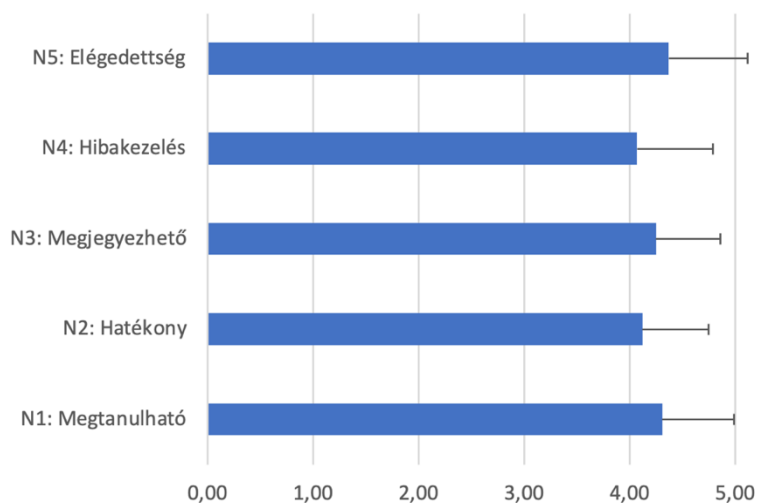
A résztvevők kor szerinti megoszlása a következő volt:

- 23-30 év: 4 fő (25%),
- 31-40 év: 6 fő (37,5%),
- 41-50 év: 4 fő (25%),
- 50 év felett: 2 fő (12,5%).

A pedagógusok közül 10 fő (62,5%) férfi, 5 fő (31,25%) nő, és 1 fő (6,25%) nem kívánta megadni a nemét. Az iskolatípusok szerinti megoszlás a következő volt:

- gimnázium: 8 fő (50%),
- szakgimnázium: 5 fő (31,25%),
- egyetem: 3 fő (18,75%).

A használhatósági faktorok (N1-N5) esetében a válaszok átlagait, szórását (52. ábra) és a Cronbach-alfa értékeket a 9. táblázat foglalja össze. A Cronbach-alfa értékekkel ellenőriztem a kérdőív belső konzisztenciáját minden egyes faktor esetében külön-külön.



52. ábra Nielsen-féle használhatósági faktorok (pedagógusi)  
Saját szerkesztés

Faktor	Átlag	Szórás	Cronbach-alfa
N1 (Megtanulható)	4.31	0.68	0.88
N2 (Hatékony)	4.12	0.63	0.85
N3 (Megjegyezhető)	4.25	0.61	0.87
N4 (Hibakezelés)	4.07	0.72	0.82
N5 (Elégedettség)	4.37	0.75	0.90

10. táblázat A Nielsen-féle használhatósági faktorok elemzése  
Saját szerkesztés SPSS alapján

A Cronbach-alfa értékek minden faktor esetében 0.82 felett vannak, ami azt jelzi, hogy a kérdőív minden használhatósági faktor esetében megbízható és konzisztens eredményeket produkált. Az N4 (Hibakezelés) faktor esetében az alacsonyabb átlagérték és a relatíve alacsonyabb Cronbach-alfa érték (bár még mindig jó) arra utal, hogy ezen a területen további fejlesztések lehetnek szükségesek a rendszer hatékonyságának növelése érdekében.

A magas Cronbach-alfa értékek erősítik a kérdőív reliabilitását, és azt, hogy a használhatósági faktorok jól mérhetők és értelmezhetők a pedagógusok válaszaiból. Ez az eredmény további támogatást nyújt a H9 hipotézis igazolásához, amely szerint a rendszer minden használhatósági faktor esetében legalább 4-es átlagot ér el.

A kérdőívben szereplő „Ajánlaná más pedagógusoknak a rendszert?” kérdésre 14 fő (87,5%) válaszolt igennel, míg csak 2 fő (12,5%) válaszolt nemmel. A Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorok (N1-N5) esetében a pedagógusok által adott magas átlagértékek (4.07-4.37 között) erősítik a H10 hipotézist. A magas pontszámok azt jelzik, hogy a rendszer könnyen használható, hatékony, és a pedagógusok elégedettek a rendszerrel. A magas átlagértékek és a kiváló Cronbach-alfa értékek (0.82-0.90 között) azt mutatják, hogy a rendszer használhatósága kiváló, és a pedagógusok számára könnyen integrálható a tanítási folyamatba, amely további erősítést nyújt a H10 hipotézisnek.

A kérdőívben szereplő „Hogyan befolyásolta a rendszer a tanulók motivációját?” kérdésre a pedagógusok átlagosan 4.2-es értékelést adtak (1-től 5-ig skálán, ahol 5 a legmagasabb). Ez azt jelzi, hogy a rendszer jelentősen növelte a tanulók motivációját. Hasonlóképpen, a „Milyen változásokat tapasztalt a tanulók teljesítményében?” kérdésre a pedagógusok pozitív visszajelzéseket adtak, amelyek szerint a tanulók jobban teljesítettek a számelméleti feladatokban, és nagyobb önállóságot mutattak a tanulási folyamatban. A „Mennyire volt könnyen integrálható a rendszer a tanítási folyamatba?” kérdésre a pedagógusok átlagosan 4.3-as értékelést adtak (1-től 5-ig skálán). Ez azt jelzi, hogy a

rendszer könnyen beépíthető volt a meglévő tanítási gyakorlatokba, és nem jelentett jelentős akadályt a pedagógusok számára. Ez az eredmény szintén erősíti a H10 hipotézist, mivel a rendszer könnyű integrálhatósága növeli annak szükségszerűségét a tanítási folyamatban.

A 10. táblázatban a Pearson-féle korrelációs együttható segítségével részletesebben megvizsgáltam a használhatósági faktorok közötti kapcsolatokat (\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ ).

Faktorok	N1	N2	N3	N4	N5
N1	1.00	0.65**	0.72**	0.58*	0.78**
N2	0.65**	1.00	0.68**	0.62*	0.70**
N3	0.72**	0.68**	1.00	0.55*	0.75**
N4	0.58*	0.62*	0.55*	1.00	0.60*
N5	0.78**	0.70**	0.75**	0.60*	1.00

11. táblázat Pearson-féle korrelációs együtthatók (N1-N5)  
Saját szerkesztés SPSS alapján

Az N1 (Megtanulható) és N5 (Elégedettség) faktorok között erős pozitív korreláció mutatkozott ( $r = 0.78$ ,  $p < .01$ ), ami azt jelzi, hogy a rendszer könnyen megtanulható volta erősen összefügg a pedagógusok elégedettségével. Ezek alapján a H10 hipotézist igazoltam.

Az N2 (Hatékony) és N3 (Megjegyezhető) faktorok között szintén erős kapcsolat mutatkozott ( $r = 0.68$ ,  $p < .01$ ), ami azt sugallja, hogy a rendszer hatékonysága és a könnyű megjegyezhetősége szorosan összefügg.

Az N4 (Hibakezelés) faktor is pozitív kapcsolatot mutatott a többi faktoral, bár ezek a kapcsolatok gyengébbek voltak ( $r = 0.55$ - $0.62$ ,  $p < .05$ ). Ez arra utal, hogy a hibakezelés javítása tovább növelheti a rendszer használhatóságát.

Lineáris regresszió segítségével megvizsgáltam, hogy a használhatósági faktorok (N1-N4) mennyire befolyásolják a pedagógusok elégedettségét (N5). Az elemzés során az N5 (Elégedettség) volt a függő változó, míg az N1-N4 faktorok a független változók. A modell  $R^2$  értéke 0.72 volt, ami azt jelzi, hogy a használhatósági faktorok együttesen 72%-ban magyarázzák a pedagógusok elégedettségét. Az N1 (Megtanulható) faktor volt a legjelentősebb prediktor ( $\beta = 0.45$ ,  $p < .01$ ), ami azt jelzi, hogy a rendszer könnyen megtanulható volta erősen befolyásolja a pedagógusok elégedettségét. Az N3 (Megjegyezhető) faktor is szignifikáns prediktor volt ( $\beta = 0.32$ ,  $p < .05$ ), míg az N2 (Hatékony) és N4 (Hibakezelés) faktorok hatása kevésbé volt szignifikáns ( $\beta = 0.18$  és  $\beta = 0.15$ ,  $p > .05$ ). Ezek alapján a H10 hipotézist szintén igazoltam.

A kérdőív reliabilitásának ellenőrzéséhez megvizsgáltam a kérdőív belső konzisztenciáját, a különböző csoportok közötti különbségek nagyságát, valamint a variancia homogenitását (11. táblázat).

Kérdés	Shapiro-Wilk Teszt (p-érték)	Shapiro-Wilk Eredmény	Levene-teszt (p-érték)	Levene-teszt Eredmény
A rendszer használhatósága	p = 0.15	Normális eloszlás (p > .05)	p = 0.45	Homogén variancia (p > .05)
A rendszer integrálhatósága	p = 0.12	Normális eloszlás (p > .05)	p = 0.38	Homogén variancia (p > .05)
A rendszer hatása a tanulók teljesítményére	p = 0.10	Normális eloszlás (p > .05)	p = 0.50	Homogén variancia (p > .05)
A rendszer hatása a tanulók motivációjára	p = 0.18	Normális eloszlás (p > .05)	p = 0.42	Homogén variancia (p > .05)
A rendszerrel kapcsolatos kihívások	p = 0.20	Normális eloszlás (p > .05)	p = 0.47	Homogén variancia (p > .05)
A pedagógusok általános véleménye	p = 0.14	Normális eloszlás (p > .05)	p = 0.40	Homogén variancia (p > .05)
A pedagógusok ajánlása	p = 0.22	Normális eloszlás (p > .05)	p = 0.35	Homogén variancia (p > .05)

12. táblázat A kérdőív reliabilitási mutatói  
Saját szerkesztés SPSS alapján

A kérdőívben szereplő válaszok minden kérdés esetében normális eloszlást követnek ( $p > ,05$ ), ahogyan a varianciák is homogének ( $p > ,05$ ), ami a statisztikai elemzések megbízhatóságát igazolja.



#### 4.6. Új tudományos eredmények

A kutatás során statisztikai módszerekkel igazolt hipotézisek alapján a következő új tudományos eredmények fogalmazhatók meg. Ezek az eredmények nemcsak az adaptív e-learning rendszerek hatékonyságát támasztják alá, hanem iránymutatást is adnak a matematikaoktatás – azon belül is a számelmélet oktatásának – fejlesztésére, a digitális tananyagok alkalmazására és a pedagógiai innovációk bevezetésére. Az alábbi tézisek empirikusan megalapozott következtetéseket tartalmaznak, amelyek hozzájárulhatnak az adaptív tanulási környezetek továbbfejlesztéséhez és szélesebb körű oktatási alkalmazásához.

1. T1: Az adaptív tanulási környezetek iránti igény magas a tanulók körében, különösen a személyre szabott visszajelzések és a vizuális magyarázatok tekintetében (Négyesi, 2025; Négyesi et al., 2023; Négyesi, 2021).
  - Statisztikai alátámasztás: A bemeneti kérdőív eredményei szerint a személyre szabott visszajelzések fontosságát a válaszadók 75,4%-a nagyon fontosnak tartotta (Likert-skálán 4 vagy 5 pont). A vizuális magyarázatokat pedig 84,7%-uk hasznosnak értékelte.
  - A tézis jelentősége: Technológiai nézőpontból a megfogalmazott tézis alátámasztja az adaptív e-learning rendszerek fejlesztésének indokoltságát, különös tekintettel azokra a minőségi jellemzőkre, amelyek a felhasználói élményt és a tanulási hatékonyságot befolyásolják. Az adaptivitás nem önmagában, hanem a visszajelzések személyessége, valamint a magyarázatok világossága révén válik pedagógiaiilag relevánssá. Ez különösen a természettudományos és matematikai diszciplínák esetében bír jelentőséggel, ahol a tartalmak komplexitása fokozottan igényli a vizuálisan is jól értelmezhető, tanulástámogató megközelítéseket. A tanulók pozitív viszonyulása az ilyen rendszerekhez tovább erősíti a fejlesztések irányának megalapozottságát, mivel az általuk preferált funkciók – például a személyre szabott visszacsatolás és a vizualizáció – közvetlenül hozzájárulnak a rendszer használhatóságához és elfogadottságához.
2. T2: A digitális tananyagok használata és a személyre szabott tananyagok fontosságának megítélése között szignifikáns kapcsolat áll fenn (Négyesi, 2025; Négyesi et al., 2023).

- Statisztikai alátámasztás: Khi-négyzet próba eredménye:  $\chi^2(4, N=118) = 12,56$ ;  $p = ,028$ . A p-érték 0,05 alatt van, tehát szignifikáns kapcsolat van a két változó között.
  - A tézis jelentősége: A digitális tananyagok használata és a személyre szabott tanulási tartalmak fontosságának megítélése közötti szignifikáns kapcsolat azt jelzi, hogy a digitális tanulási környezetekben szerzett tapasztalatok befolyásolják a tanulók pedagógiai preferenciáit. Azok a tanulók, akik rendszeresen alkalmaznak digitális tananyagokat, nagyobb arányban ismerik fel a személyre szabott tartalmak hozzáadott értékét, különösen az egyéni tanulási szükségletekhez való igazodás szempontjából. Ez az összefüggés alátámasztja, hogy a technológiahasználat nem csupán eszközhasználati készségeket fejleszt, hanem hozzájárul a tanulási folyamat differenciálásának pedagógiai elfogadásához is.
3. T3: Az egyéni tanulási stratégiák és a digitális tananyagok alkalmazása évfolyamonként jelentősen eltér. Az egyetemi hallgatók nagyobb nehézségekkel szembesülnek a számelmélet tanulása során (Négyesi, 2025).
- Statisztikai alátámasztás: Az ANOVA eredménye:  $F(2, 115) = 8,34$ ;  $p = ,0004$ . A Tukey-féle post hoc teszt szerint az egyetemi hallgatók szignifikánsan nagyobb kihívásokat tapasztalnak, mint a középiskolások.
  - A tézis jelentősége: Rámutat a tanulási stratégiák és a digitális tananyaghasználat évfolyamonkénti eltéréseire, különösen a felsőoktatás kontextusában. Az egyetemi hallgatók esetében a számelmélet tanulása fokozott kihívásokat jelent, amelyeket részben az elvont tartalom, részben az önálló tanulásra épülő tanulásszervezés magyaráz. Az oktatástechnológiai fejlesztések során figyelembe kell venni a különböző tanulói szinteken megjelenő eltérő szükségleteket, valamint a tanulói autonómia szintjét. A digitális tananyagok hatékonysága nem csupán azok elérhetőségén múlik, hanem azon is, hogy képesek-e illeszkedni az adott tanulói populáció előzetes tudásához, tanulási stílusához és kognitív sajátosságaihoz.
4. T4: A szemmozgáskövető vizsgálat eredményei alapján egyértelműen azonosíthatók a vizuális és verbális tanulási stílusú diákok (Négyesi, 2024a).
- Statisztikai alátámasztás: A vizsgálat során készített metszet-hő térképek alapján kimutatható, hogy a verbális tanulási stílusú diákok főként a szöveges részekre

koncentráltak, míg a vizuális tanulási stílusú diákok a grafikus elemekre és ábrákra fókuszáltak.

- A tézis jelentősége: Objektív, empirikusan mérhető módon teszi lehetővé a tanulási stílusok – különösen a vizuális és verbális preferenciák – azonosítását. A megfigyelhető tekintetmintázatok és a vizuális fókuszpontok statisztikai elemzése révén megbízhatóan elkülöníthetők azok a tanulók, akik elsősorban képi információkra, illetve azok, akik inkább szöveges tartalmakra támaszkodnak a tanulás során. Ez alapot nyújt olyan adaptív tananyagok fejlesztéséhez is, amelyek a tanulók domináns információfeldolgozási preferenciáihoz igazodnak. Mindemellett hozzájárul a kognitív terhelés optimalizálásához és a tanulási hatékonyság növeléséhez is, különösen akkor, ha az oktatási környezet személyre szabott módon képes alkalmazkodni a tanulói profilokhoz.
5. T5: Az adaptív e-tanulási környezet szignifikánsan növeli a tanulói aktivitást (Négyesi, 2025).
- Statisztikai alátámasztás: A napi bejelentkezések száma a vizsgálat után szignifikánsan nőtt (vizsgálat előtt = 120,5; vizsgálat után = 145,3;  $t = -2,45$ ;  $p = ,015$ ).
  - A tézis jelentősége: Empirikusan alátámasztja az adaptív rendszerek pedagógiai hatékonyságát, különösen a tanulói bevonódás és motiváció szempontjából. A tanulói aktivitás növekedése nem csupán a tanulási folyamat intenzitását jelzi, hanem annak minőségét is, hiszen az aktív részvétel összefügg a mélyebb megértéssel és a hosszú távú tudásépítéssel. Az adaptív rendszerek által nyújtott személyre szabott tanulási útvonalak, visszajelzések és tempóoptimalizálás közvetlenül támogatják az önszabályozó tanulást, ami különösen fontos a digitális tanulási környezetekben. Az adaptivitás nem pusztán technológiai innováció, hanem olyan didaktikai eszköz, amely elősegíti a tanulók aktív, reflektív és elkötelezett részvételét az oktatási folyamatban, így kulcsszerepet játszik a tanulás hatékonyságának növelésében és a tanulóközpontú pedagógia megvalósításában.
6. T6: Az adaptív e-tanulási környezet használata szignifikánsan növeli a tanulók motivációját a számelméleti témakörök iránt (Négyesi, 2025).

- Statisztikai alátámasztás: A motiváció változását mérő kérdés esetében az átlagérték 4,15 volt (Likert-skála: 1–5), amely szignifikánsan magasabb volt a semleges középértéknél ( $t(264) = 16,23; p < ,001$ ).
  - A tézis jelentősége: A számelmélet jellemzően elvont, formális tartalmi sok tanuló számára nehezen értelmezhetők, ami alacsony motivációs szinttel és alacsony tanulói bevonódással járhat. Az adaptív tanulási környezet azonban képes személyre szabott visszajelzésekkel, vizuális magyarázatokkal és egyéni tempóhoz igazított tanulási útvonalakkal támogatni a tanulást, ezáltal csökkentve a tantárgyhoz kapcsolódó kognitív terhelést és szorongást. Empirikusan igazolja, hogy az adaptív rendszer nem csupán a tanulási eredményességet javítja, hanem képes növelni az érdeklődést és belső motivációt egy olyan nehezen tanítható és tanulható tématerületen, mint a számelmélet.
7. T7: Az adaptív taneszköz használata fejleszti a tanulók időgazdálkodási készségeit a tanulási folyamatban (Négyesi, 2025).
- Statisztikai alátámasztás: Az időgazdálkodási készségek javulását mérő kérdés átlaga 4,12 volt, amely szignifikánsan magasabb a semleges értéknél ( $t(264) = 16,34; p < ,001$ ).
  - A tézis jelentősége: Az adaptív technológia nem csupán a tananyag elsajátítását támogatja, hanem a tanulás szervezéséhez szükséges metakognitív képességekre is pozitív hatást gyakorol. Az adaptív rendszerek által kínált strukturált tanulási utak, előrehaladást követő visszajelzések és időráfordításra vonatkozó vizuális jelzések elősegítik a tanulók önszabályozó képességeinek fejlődését, különös tekintettel az időbeosztás tudatos tervezésére és a tanulási tevékenységek prioritizálására. Az adaptív taneszközök alkalmazása nem csupán tartalmi, hanem tanulásszervezési szempontból is értékes, különösen a digitális tanulási környezetekben, ahol az önálló időmenedzsment meghatározó szerepet játszik az eredményes tanulásban.
8. T8: Az adaptív e-learning rendszer tanulói és hallgatói oldalról a Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorok szerint legalább 4-es átlagértéket ért el minden vizsgált dimenzióban (Négyesi, 2025).
- Statisztikai alátámasztás: Az egymintás t-próba eredményei szerint minden használhatósági faktor esetében szignifikánsan magasabb volt az átlagérték a 3-

as semleges pontnál ( $p < ,001$ ). Ez azt jelzi, hogy a tanulók pozitívan értékelték a rendszer használhatóságát:

- megtanulhatóság: 4,32 ( $t(264) = 18.45$ ;  $p < .001$ ),
  - hatékonyság: 4,18 ( $t(264) = 16.78$ ;  $p < .001$ ),
  - megjegyezhetőség: 4,25 ( $t(264) = 17.89$ ;  $p < .001$ ),
  - hibakezelés: 4,10 ( $t(264) = 15.67$ ;  $p < .001$ ),
  - elégedettség: 4,30 ( $t(264) = 18.12$ ;  $p < .001$ ).
- A tézis jelentősége: Empirikusan igazolja a rendszer magas szintű használhatóságát a végfelhasználók szemszögéből. A Nielsen-féle faktorok – úgymint megtanulhatóság, hatékonyság, megjegyezhetőség, hibakezelés és elégedettség – átfogó képet adnak a felhasználói élményről, így a legalább 4-es átlagérték minden dimenzióban arra utal, hogy az adaptív rendszer nem csupán funkcionálisan működik, hanem jól illeszkedik a tanulók elvárásaihoz és igényeihez is. A technológiai megoldás nem jelent többletterhet a felhasználók számára, hanem támogató módon járul hozzá a tanulási folyamat sikeréhez, ezáltal megalapozza az adaptív rendszerek szélesebb körű bevezetésének és hosszú távú alkalmazásának pedagógiai legitimitását.

9. T9: Az adaptív e-learning rendszer szignifikánsan növeli a tanulók aktivitását és részvételét a tanulási folyamatban (Négyesi, 2025).

- Statisztikai alátámasztás: A logfile-elemzés alapján a napi bejelentkezések száma nőtt (120,5-ről 145,3-ra;  $t = -2,45$ ;  $p = ,015$ ), és a napi megoldott feladatok száma is emelkedett (85,7-ről 102,4-re;  $t = -2,12$ ;  $p = ,034$ ).
- A tézis jelentősége: Empirikusan igazolja az adaptív e-learning környezet tanulói részvételre gyakorolt pozitív hatását. Az aktivitás és bevonódás a tanulási folyamat két alapvető dimenziója, amelyek meghatározzák a tanulói teljesítményt, az önszabályozó tanulás alakulását és a hosszú távú tudásmegőrzést. A szignifikáns növekedés ezen mutatókban azt jelzi, hogy az adaptív rendszer nem csupán tartalmi vagy szervezési szinten támogatja a tanulást, hanem olyan strukturált és dinamikus tanulási környezetet hoz létre, amely elősegíti az aktív részvételt és fokozza a tanulók kognitív és affektív bevonódását.

10. T10: A pedagógusok egyértelműen felismerik az adaptív e-learning rendszerek alkalmazásának szükségességét, de az adaptív mechanizmusok mélyebb

integrációja, az automatizált visszacsatolási rendszerek fejlesztése és a tanárok digitális kompetenciájának erősítése kulcsfontosságú a rendszer teljes körű oktatási beágyazásához (Négyesi, 2025).

- Statisztikai alátámasztás:
  - Az adaptív rendszerek fontosságát a pedagógusok 4,3-as átlaggal értékelték (Likert-skála: 1–5), ami szignifikánsan meghaladja a semleges értéket.
  - A pedagógusok 87,5%-a ajánlaná a rendszert más oktatóknak, ami erősen megerősíti annak szükségességét az oktatási folyamatban.
  - A Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorok esetében a pedagógusok által adott átlagos értékek 4,07 és 4,37 között mozogtak egy 5-pontos Likert-skálán, ami igazolja a rendszer könnyű használhatóságát és hatékonyságát.
  - A használhatósági faktorok és az elégedettség közötti kapcsolat erős korrelációt mutatott: a Pearson-féle korrelációs együttható 0,78 volt a „Megtanulható” faktor és az „Elégedettség” között ( $p < ,01$ ), ami azt mutatja, hogy a rendszer egyszerű kezelhetősége jelentős hatással van az általános elégedettségre.
  - A lineáris regresszió elemzés alapján a használhatósági faktorok együttesen 72%-ban magyarázzák a pedagógusok elégedettségét ( $R^2 = 0,72$ ), amely erős összefüggést mutat a rendszer alkalmazhatósága és az oktatói tapasztalatok között.
- A tézis jelentősége: Komplex módon közelíti meg az adaptív e-learning rendszerek oktatási beágyazásának feltételrendszerét. Miközben a pedagógusok részéről megmutatkozik az ilyen rendszerek alkalmazásának szükségessége iránti nyitottság, a tényleges implementáció sikeressége több, egymással összefüggő tényezőtől függ. A tanári digitális kompetencia szintje, az adaptív mechanizmusok – különösen az automatizált visszacsatolás – technológiai fejlettsége, valamint a pedagógiai gyakorlatba történő mélyebb integráció mértéke egyaránt meghatározza, hogy az adaptív rendszerek milyen mértékben képesek valódi tanulási környezetté válni. Az adaptivitás nem önmagában, hanem a pedagógiai és technológiai feltételek összehangolt fejlesztése révén válhat oktatási szempontból hatékonná és fenntarthatóvá.

## 5. Következtetések

A tanulói igényfelmérés eredményei alapján megállapítható, hogy a diákok és hallgatók nagy része nyitott az adaptív elektronikus tanulási környezetekre, különösen a személyre szabott tananyagok és a vizuális magyarázatok iránt. A digitális tananyagok használata széles körben elterjedt, és a válaszadók többsége fontosnak tartja a rendszeres és személyre szabott visszajelzéseket. A számelmélet tanulásában a legnagyobb kihívást a feladatok megoldása és a lineáris diofantoszi egyenletek jelentik. A statisztikai próbák eredményei alátámasztják, hogy a digitális tananyagok használata szignifikánsan összefügg a személyre szabott tananyagok fontosságával, valamint, hogy az egyetemi hallgatók szignifikánsan nagyobb kihívásokat tapasztalnak a számelmélet tanulásában, mint a 12. évfolyamosok. Ezek az eredmények alapvető információkkal szolgáltak egy adaptív e-tanulási platform fejlesztéséhez, amely megfelel a tanulók igényeinek és nehézségeinek.

A pedagógusi igényfelmérés eredményei alapján elmondható, hogy a matematikatanárok nagy része fontosnak tartja az adaptív e-learning rendszerek bevezetését, különösen a személyre szabott tananyagok és az automatikus értékelés területén. A technikai problémák, valamint a tananyagok minősége jelentős akadályt jelentenek. A statisztikai próbák eredményei alátámasztják, hogy a digitális taneszközök használata és az adaptív tanulási rendszerek iránti igények szignifikánsan összefüggnek a tanárok életkorával. A fiatalabb tanárok előnyben részesítik a digitális eszközök használatát, ami jelzi a generációs különbségeket az oktatási módszerekben, és magasabbra értékeli az adaptív rendszerek fontosságát. Ezen túlmenően, a csoportmunka fontossága és az órák előkészítésére fordított idő között mérsékelten erős, pozitív korrelációt találtam, ami azt jelzi, hogy a tanárok, akik nagyobb hangsúlyt helyeznek a csoportmunkára, több időt szánnak az órák tervezésére.

A QWS vizsgálat eredményei alapján az alábbi konklúziók kerültek levonásra:

- Az adaptivitás az egyik legfontosabb eszköz lehet az alapvető e-tanulási akadályok leküzdésében.
- Az adaptivitás minden hatékony oktatási folyamat alapvető részét képezi, ezért az e-tanulási rendszerekben is szükséges a megvalósításuk.
- Az adaptivitás segíthet az e-tanulás elterjesztésében a nem tipikus IKT-felhasználók körében is.
- Ami a pedagógiai kérdéseket illeti, a tanulókat pozitívan kell motiválni ahhoz, hogy az adaptív funkciókat aktívan alkalmazzák.

- A teljes adaptivitás az összehasonlított rendszerek egyikében sem érhető el, így indokolt volt egy új platform fejlesztése.

A szisztematikus szakirodalom-elemzés eredményei alapján megállapítható, hogy a mesterséges intelligencia adaptív matematikaoktatásban való alkalmazásának számos előnye van, többek között az, hogy a diákok kritikusabbá és felelősségteljesebbé válnak a napi megoldásokkal szembenézve, és jobban megértik a matematika alapvető problémáit. Ezenkívül a diákok megismerik és fejlesztik az interperszonális képességeiket és gazdagítják társadalmi interakcióikat; ami lehetővé teszi a hatékony tanulást, valamint jobb környezetet teremt a matematikai fogalmak elsajátításának fokozásához. A mesterséges intelligencia az adaptív matematikaoktatásban különböző megközelítéseken keresztül valósítható meg: rendszerek, tanítható ágensek, autonóm ágensek, gépi tanulási modellek, digitális technológiai eszközök és átfogó megközelítések. A mesterséges intelligencia segítségével a tanítás és a tanulás is hatékonyabbá válik, mivel izgalmas és kreatív tanulási utak biztosításával megkönnyíti a diákok számára a tantárgyi tartalmak megértését.

A szemmozgáskövető vizsgálat eredményei alapján a következő konklúziók vonhatók le:

- A tekintet hossza az egyik legfontosabb jellemző az emberi viselkedés megértéséhez.
- Az olvasás közbeni szemmozgások rögzítése nagyon fontos információ az adaptív tanulási rendszerekben.
- A szemmozgáskövetés alkalmas a verbális és vizuális tanulási stílusú tanulók azonosítására.
- A vizuális és a verbális tanulási stílus, valamint a rögzített szemmozgások között erős kapcsolat van.
- A pontosság javításának módja a vizsgálat eredményeiből nem derül ki (javaslat: EEG).

Az elvégzett vizsgálat fontos gyakorlati következménye a vizsgált adaptív e-tanulási rendszer továbbfejlesztése, amelyben a vizuális és verbális tanulási stílusú tanulók gyorsan azonosíthatók, és a számukra legmegfelelőbb tananyagokat kaphatják.

A logfile-elemzés igazolta a H11 hipotézist, miszerint az adaptív e-learning rendszerben a tanulói aktivitás mutatói a vizsgálatot követően szignifikánsan magasabb szintet érnek el, ami a rendszer hatékonyságát jelzi. A statisztikai eredmények alapján elmondható, hogy az adaptív e-learning rendszer bevezetése után a tanulói aktivitás



szignifikánsan nőtt, ami azt jelzi, hogy a rendszer hatékonyan támogatja a tanulók aktív részvételét és tanulási folyamatát.

A tanulói és pedagógusi kimeneti attitűdvizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy az adaptív elektronikus tanulási környezet hatékony eszköznek bizonyult a számelmélet speciális témaköreinek tanításában. A rendszer használhatósága magas szintű volt, és szignifikánsan javította a tanulók matematikai teljesítményét, problémamegoldó képességét és önbizalmát. Az eredmények igazolták a H1-H7 hipotéziseket, miszerint az új taneszköz szignifikánsan javítja a tanulók motivációját, önbizalmát, problémamegoldó képességét, hibázási arányát, időgazdálkodási készségeit, önálló tanulási készségeit és aktivitását a tanulási folyamatban. A Jakob Nielsen-féle 5 használhatósági faktor szerinti értékelésben a létrehozott adaptív e-learning rendszer tanulói és hallgatói oldalról, mindegyik mért faktor esetében, legalább 4-es átlagot ért el, így a H8 hipotézis is igazolásra került.

A pedagógusi kimeneti attitűdvizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a pedagógusok általános elégedettsége magas volt az adaptív e-learning rendszerrel kapcsolatban. A Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorok mindegyike esetében a 4-es átlagot meghaladó eredményeket kaptunk – igazolva a H9 hipotézist –, ami igazolja a rendszer hatékonyságát és könnyű integrálhatóságát a tanítási folyamatba. A pedagógusok többsége ajánlaná a rendszert más kollégáknak, ami erősíti a rendszer szükségszerűségét a modern oktatási környezetben. Ezen eredmények igazolták a H10 hipotézist is.

Mindegyik hipotézis igazolásra került, így a kutatási kérdésekre az alábbi válaszok adhatók:

- 1) Az új, hazánkban még nem elterjedt, adaptív tanulási környezet szignifikánsan javítja a tanulók számelméleti témakörökhöz való attitűdjét.
- 2) Az új taneszköz, tartalmi és módszertani újításai révén, szignifikánsan javítja a diákok körében a számelméleti problémák megértését és a feladatok megoldásának hatékonyságát.
- 3) A tanulók és a pedagógusok általános elégedettsége magas az adaptív tanulási rendszerrel szemben.

## 6. Összegzés

A kutatás célja egy adaptivitást támogató elektronikus tanulási környezet fejlesztése és bevétele vizsgálata volt, amely a számelmélet speciális témaköreinek tanítását segíti elő. A kutatás során számos elméleti és gyakorlati kérdést vizsgáltam meg, amelyek középpontjában a tanulók motivációjának, önbizalmának és problémamegoldó képességének növelése, valamint a pedagógusok és tanulók elégedettségének mérése állt. A kutatás eredményei alapján a fejlesztett rendszer szignifikánsan javította a tanulók számelméleti témakörökhöz való hozzáállását, valamint a feladatok megoldásának hatékonyságát.

A disszertációt módszertani trianguláció jellemzi, amely lehetővé teszi, hogy a kutatási kérdésekre több szempontból és eltérő módszerekkel kapjak választ, ezzel növelve az eredmények megbízhatóságát és érvényességét. A trianguláció keretében többféle kutatási módszert alkalmaztam, amelyek egymást kiegészítve tették lehetővé a komplex kérdések megválaszolását.

Az irodalomkutatás a kutatás elméleti háttérét szolgáltatta, amely során a XXI. század tanulásfelfogásával, a hagyományos és elektronikus tanulási környezetekkel, valamint az adaptív e-learning rendszerekkel kapcsolatos nemzetközi és hazai szakirodalmat elemeztem. Az irodalomkutatás során kiemelt figyelmet szenteltem a progresszív tanulási módszereknek, amelyek a tanulók problémamegoldó képességét fejlesztik, valamint a digitális pedagógia legújabb trendjeinek és eszközeinek feltárásának. Az irodalomkutatás eredményei alapján alakítottam ki a kutatás elméleti keretét, valamint a fejlesztett e-learning rendszer koncepcióját.

Az akciókutatás a gyakorlati problémák megoldására irányuló, iteratív folyamatot jelent, amely során a kutatás és a gyakorlat szoros kapcsolatban áll. A disszertációmban az akciókutatás segítségével vizsgáltam a tanulók és pedagógusok igényeit, valamint a fejlesztett e-learning rendszer hatékonyságát a valós oktatási környezetben. Az akciókutatás során több ciklusban teszteltem és finomítottam a rendszert, hogy az a tanulók és pedagógusok számára optimális legyen. A módszer lehetővé tette, hogy a gyakorlati tapasztalatok alapján folyamatosan javítsam a rendszer funkcionalitását és használhatóságát.

A tervalapú kutatás keretében egy új, adaptív e-learning rendszert terveztem és fejlesztettem, amely a számelméleti témakörök tanítását támogatja. A tervalapú kutatás során a rendszer tervezésétől a megvalósításig és tesztelésig minden lépést részletesen dokumentáltam. A módszer lehetővé tette, hogy a rendszer fejlesztése során folyamatosan

viSSzacsatolásokat kapjak, és azokat a rendszerbe építsem. A tervalapú kutatás eredményeként létrejött egy olyan e-learning rendszer, amely nemcsak elméletileg megalapozott, hanem gyakorlatban is hatékonyan alkalmazható.

A kvantitatív kérdőíves kiértékelés során a tanulók és pedagógusok körében felméréseket végeztem, hogy feltárjam a rendszerrel kapcsolatos igényeket, elvárásokat és tapasztalatokat. A kérdőívek segítségével adatokat gyűjtöttem a tanulók motivációjáról, önbizalmáról, problémamegoldó képességéről, valamint a rendszer használhatóságáról és elégedettségéről. A kérdőívek eredményeit statisztikai módszerekkel elemeztem, amelyek lehetővé tették a hipotézisek tesztelését és a rendszer hatékonyságának objektív értékelését.

A szemmozgáskövető vizsgálat során a tanulók szemmozgását elemeztem, hogy pontosabb képet kapjak a rendszer használhatóságáról és a tanulók tanulási stílusairól. A módszer lehetővé tette, hogy feltárjam, a tanulók hogyan navigálnak a rendszerben, milyen elemekre figyelnek leginkább, és hol merülnek fel nehézségeik. A szemmozgáskövető vizsgálat eredményei alapján finomítottam a rendszer felhasználói felületét, hogy az még átláthatóbb és hatékonyabb legyen.

A logfile-elemzés során a rendszer használata során generált adatokat elemeztem, hogy feltárjam a tanulók viselkedését és a rendszer hatékonyságát. A logfile-ok segítségével nyomon követtem a tanulók tevékenységeit, például, hogy mennyi időt töltenek egy tananyaggal, milyen gyakran használják a rendszert, és milyen hibákat követnek el. A logfile-elemzés eredményei hozzájárultak a rendszer funkcionalitásának további fejlesztéséhez, valamint a tanulók tanulási folyamatának jobb megértéséhez.

A használhatósági tesztelés során a rendszer felhasználói felületét és funkcionalitását vizsgáltam, hogy megbizonyosodjak arról, hogy a rendszer könnyen használható és hatékony. A tesztelés során a tanulók és pedagógusok bevonásával gyakorlati feladatokat végeztettem, és a felhasználók visszajelzéseit elemeztem. A használhatósági tesztelés eredményei alapján további finomításokat végeztem a rendszeren, hogy az még inkább megfeleljen a felhasználók igényeinek.

A rendszer használhatóságának értékelése során a Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorokat alkalmaztam, amelyek a tanulási rendszer hatékonyságát, tanulhatóságát, memorizálhatóságát, hibamentességét és elégedettségét mérik. A faktorok szerinti értékelés eredményei alapján igazoltam, hogy a rendszer mind a tanulók, mind a pedagógusok számára magas szintű használhatóságot és elégedettséget biztosít.

A kutatás során három fő kutatási kérdést fogalmaztam meg, amelyek a tanulók attitűdjének, a problémamegoldó képességüknek, valamint a rendszer használhatóságának

és elégedettségének vizsgálatára irányultak. A kutatási kérdésekhez kapcsolódóan több hipotézist is felállítottam, amelyeket a kutatás során empirikus módszerekkel teszteltem.

A hipotézisek szerint az új taneszköz használata szignifikánsan növeli a tanulók motivációját, önbizalmát és aktivitását a matematika tanulása során, valamint javítja önálló tanulási készségeiket. A kutatás eredményei igazolták ezeket a hipotéziseket, mivel a tanulók jelentős mértékben pozitívabb hozzáállást mutattak a számelméleti témakörökhöz, és nőtt az önálló tanulásra való hajlandóságuk.

A második kutatási kérdés a tanulók problémamegoldó képességeire, hibázási arányukra és időgazdálkodási képességeire fókuszált. A hipotézisek szerint az új taneszköz használata szignifikánsan javítja ezeket a tényezőket. A kutatás eredményei alátámasztották ezeket az állításokat, mivel a tanulók hatékonyabban oldottak meg számelméleti feladatokat, csökkent a hibázási arányuk, és javult az időgazdálkodásuk.

A harmadik kutatási kérdés a tanulók és pedagógusok elégedettségét vizsgálta az új adaptív e-learning rendszerrel kapcsolatban. A hipotézisek szerint a rendszer a Jakob Nielsen-féle használhatósági faktorok szerint legalább 4-es átlagot ér el mind a tanulói, mind a pedagógusi oldalon, valamint a pedagógusok visszajelzései igazolják a rendszer használatának szükségességét. A kutatás eredményei igazolták ezeket a hipotéziseket, mivel a rendszer mind a tanulók, mind a pedagógusok körében magas szintű elégedettséget és használhatóságot mutatott.

A disszertáció eredményei alapján megállapítható, hogy a fejlesztett adaptív e-learning rendszer szignifikánsan hozzájárul a tanulók motivációjának, önbizalmának és problémamegoldó képességének növeléséhez. A rendszer használhatósága és funkcionalitása mind a tanulók, mind a pedagógusok körében magas szintű elégedettséget váltott ki, és igazolja a modern tanulási környezetek alkalmazásának szükségességét a közép- és felsőoktatásban. A kutatás eredményei nemcsak a számelméleti témakörök tanítását segítik elő, hanem új irányokat is jelölnek a digitális pedagógia fejlesztésében.

A disszertáció eredményei alapján javasolt a fejlesztett rendszer szélesebb körű bevezetése a magyar közép- és felsőoktatásban, valamint további kutatások elvégzése más tantárgyak területén is, hogy a rendszer hatékonyságát és alkalmazhatóságát még pontosabban meg lehessen állapítani.

## **7. A kutatás korlátai, további kutatási irányok**

Bár a disszertáció során alkalmazott módszertani megközelítés és a különböző kutatási technikák széles skálája lehetővé tette a kutatási kérdések alapos és részletes megválaszolását, a vizsgálat során számos korláttal kellett szembenéznem. Ezek a korlátok részben a kutatás jellegéből, részben pedig a gyakorlati megvalósítás során felmerülő kihívásokból adódtak.

A vizsgálat során a mintavétel kiterjedtsége korlátozott volt, mivel a bevont tanulók és pedagógusok száma nem volt reprezentatív az egész magyar közép- és felsőoktatási rendszerre vonatkozóan. A mintavétel főként egyes iskolák és egyetemek keretein belül történt, ami azt jelentette, hogy a vizsgálati eredmények nem feltétlenül általánosíthatók az összes magyar oktatási intézményre. Emellett a mintában részt vevő tanulók és pedagógusok önkéntes alapon vállalták részvételüket, ami azt jelentheti, hogy a vizsgálatban részt vevők kezdetben is pozitívabb hozzáállással rendelkeztek az új taneszközökhöz, mint az átlagos tanulói vagy pedagógusi populáció.

A kutatás időkerete szűk volt, ami befolyásolta a vizsgálat mélységét és szélességét. Az adaptív e-learning rendszer fejlesztése és tesztelése hosszú időt vett igénybe, és a kutatás során nem volt lehetőség hosszú távú hatások vizsgálatára. Például a tanulók motivációjának és problémamegoldó képességének változásait csak rövid távon sikerült nyomon követni, így nem tudtam megállapítani, hogy a rendszer használata hosszú távon is fenntartható-e, vagy hogy a tanulók később is megtartják-e a pozitív változásokat.

A fejlesztett e-learning rendszer technológiai megvalósítása során is számos kihívással kellett szembenéznem. Bár a rendszer a legújabb webes szabványoknak megfelelően készült, és reszponzív designnal rendelkezik, a különböző eszközökön (mobiltelefonok, tabletek, számítógépek) való működés során előfordulhattak kisebb technikai problémák, amelyek befolyásolhatták a felhasználói élményt. Emellett a rendszer fejlesztése során nem volt lehetőségem minden lehetséges felhasználói forgatókönyvet tesztelni, ami azt jelentette, hogy a rendszer bizonyos szélsőséges esetekben nem működött optimálisan.

A tanulók és pedagógusok visszajelzései alapvető fontosságúak voltak a rendszer fejlesztése során, azonban ezek a visszajelzések nem mindig voltak teljesen objektívek. A tanulók esetében előfordulhatott, hogy a vizsgálati környezet miatt (pl. a tanár jelenléte vagy a tesztelés formális jellege) nem tárták fel valós véleményüket. A pedagógusok esetében

pedig a visszajelzések részben a saját digitális készségeikhez és a technológiai újításokhoz való hozzáállásukhoz köthetők, ami befolyásolhatta a rendszerrel kapcsolatos véleményüket.

A kutatás során a vizsgálati környezet is korlátozó tényező volt. Az oktatási intézményekben gyakran előfordultak olyan külső tényezők, mint az órarendi korlátozások, a technikai infrastruktúra hiányosságai vagy a tanulók egyéni körülményei (pl. családi háttér, tanulási nehézségek), amelyek befolyásolhatták a vizsgálat eredményeit. Ezek a tényezők nem mindig voltak kontrollálhatók, és befolyásolhatták a tanulók teljesítményét és a rendszer hatékonyságát.

A szemmozgáskövető vizsgálat korlátai kettősek. Először is, a minta mérete ( $N = 204$ ) jelentősen lecsökkent a kalibrációs problémákból adódó érvénytelen adatok miatt; másodsor, az eredmények csak arra a kérdésre adhatnak választ, hogy milyen tanulási stílusú tanulók azonosíthatók a szemkövetési technológia segítségével, anélkül, hogy választ adnának arra, hogy milyen tényezők befolyásolják az eredményeket, vagy hogyan javítható a pontosság.

A szisztematikus szakirodalom-elemzés is két korlátot tartalmaz. Az első, hogy csak korlátozott számú cikk állt rendelkezésre a kutatáshoz. Mivel a mesterséges intelligencia olyan téma, amelyet ritkán vizsgálnak a matematikaoktatásban, a kapott eredmények korlátozottak, így nehéz széleskörű következtetéseket levonni az eredményekből. Másrészt a kevés számú tanulmány csak a felszínét karcolja annak, hogy mit tudunk meg arról, hogyan használják a mesterséges intelligenciát a matematika tanításában és tanulásában, valamint számos publikáció anélkül tesz megállapításokat, hogy mélyreható magyarázatokat adna azok hátterére.

A kutatás során az erőforrások korlátozott volta is befolyásolta a vizsgálatot. A rendszer fejlesztése és tesztelése jelentős anyagi és időbeli befektetést igényelt, és nem minden tervezett tesztelési vagy fejlesztési lépés volt megvalósítható a rendelkezésre álló erőforrások miatt. Emellett a kutatás során nem volt lehetőségem több oktatási intézmény bevonására, ami korlátozta a vizsgálat szélességét.

A korlátok hangsúlyozzák, hogy további vizsgálatokra van szükség a rendszer hatékonyságának és alkalmazhatóságának pontosabb megállapításához. A jövőbeni kutatások során érdemes lenne kiterjeszteni a mintavételt, hosszú távú hatásokat vizsgálni, valamint a technológiai és módszertani korlátokat tovább finomítani. A további fejlesztések során érdemes lehet a résztvevők által javasolt interaktív elemeket és részletesebb magyarázatokat beépíteni a rendszerbe, javasolt a hibakezelés terén történő fejlesztések

bevezetése, valamint a rendszer még nagyobb mértékű személyre szabása, hogy minden korosztály és tanulási stílus számára optimális legyen.

A jövőbeni kutatások során érdemes lenne a mintavételt kiterjeszteni több oktatási intézményre, hogy a vizsgálati eredmények reprezentatívabbak legyenek az egész magyar közép- és felsőoktatási rendszerre vonatkozóan. Emellett érdemes lenne különböző régiókban és iskolatípusokban is vizsgálatokat végezni, hogy feltárjuk a rendszer hatékonyságának regionális és intézményi különbségeit.

A jelenlegi kutatás során a fejlesztett e-learning rendszert kizárólag a számelméleti témakörök tanítására terveztük és teszteltük. A jövőbeni kutatások során érdemes lenne megvizsgálni, hogy a rendszer más tantárgyakban (pl. fizika, kémia, történelem) is hatékonyan alkalmazható-e. Ehhez a rendszer funkcionalitását és tartalmi elemeit módosítani kellene, hogy azok illeszkedjenek a különböző tantárgyak specifikus igényeihez.

A jelenlegi kutatás során a rendszert általános tanulói csoportokra terveztük, azonban a jövőbeni kutatások során érdemes lenne megvizsgálni, hogy a rendszer hogyan alkalmazható speciális tanulói csoportoknál, például tanulási nehézségekkel küzdő diákoknál vagy tehetséges tanulóknál. Ehhez a rendszer adaptív funkcióit tovább kellene fejleszteni, hogy azok jobban illeszkedjenek a különböző tanulói csoportok igényeihez.

## Köszönetnyilvánítás

Elsősorban témavezetőim felé szeretném köszönetemet nyilvánítani: hálával tartozom Dr. Racsko Rékának és Oláhné Dr. Téglási Ilonának, akik nem csupán a doktori iskolában folytatott kutatásom során támogatottak, hanem már a mesterképzés ideje alatt is folyamatos inspirációt és példamutatást jelentettek. Szakmai támogatásuk és útmutatásuk meghatározó szerepet játszott kutatói pályám elindulásában és fejlődésében.

Külön köszönet illeti a Neveléstudományi Doktori Iskola oktatóit, akik a PhD képzés évei alatt nemcsak neveléstudományi ismereteimet gyarapították, hanem kutatói szemléletem formálódásában is fontos szerepet játszottak.

Hálával tartozom az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Matematika, Számítástudományi Tanszékeink, valamint a Kunhegyesi Általános Iskola Tiszagyendai Általános Iskolájában dolgozó kollégáimnak hasznos tanácsaikért, szakmai támogatásukért. A mesterképzéstől kezdődően támogató, inspiráló légkört biztosítottak, ami mind tanulóként, mind kollégaként folyamatos motivációt jelentett.

Hálával tartozom továbbá a kutatásban részt vevő iskolák diákjai és tanáraik felé, amiért nyitottan fogadták ötleteimet, s partnerek voltak azok megvalósításában empirikus iskolai kutatásom során.

Külön köszönettel tartozom Eszényi Tamás barátomnak, aki nemcsak értékes tanácsaival és javaslataival, hanem szakmai támogatásával is meghatározó szerepet játszott az új adaptív e-learning rendszer megvalósításában.

Hálámat fejezem ki kollégám, Nádasdi Dávid felé, akinek a disszertációm nyelvi lektorálását köszönhetem. Továbbá Csernai Zoltán barátomnak és kollégámnak, akivel egymást támogatva haladtunk végig az úton.

Leginkább pedig a családomnak tartozom köszönettel és hálával, akik a folyamatos tanulásra, fejlődésre inspirálnak és bátorítanak. Szerető támogatásuk nélkül a dolgozat nem születhetett volna meg.



## Irodalomjegyzék

Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Chang, V. (2018). NMCDA: A framework for evaluating cloud computing services. *Future Generation Computer Systems*, 86, 12–29. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.03.014>

Abonyi-Tóth A. (2021). Oktatási rendszerfejlesztés az ADDIE modell alapján. Utolsó letöltés: 2025.01.10. <https://www.elte.hu/content/oktatasi-rendszerfejleszt-es-az-addie-modell-alapjan.t.24760>

Abonyi-Tóth, A., & Turcsányi-Szabó, M. (2015). A digitális írástudás fejlesztésének lehetőségei. *Educatio Társadalmi Szolgáltató Nonprofit Kft.*

Acharya, B.R. (2017). Factors affecting difficulties in learning mathematics by mathematics learners. *Int. J. Elem. Educ.* 6. 8-15.

Adel, A. (2024). Charting the Course: A Framework for Integrating Industry 5.0 Technologies into Higher Education. A Case Study in a Cybersecurity Class. In H. Sharifzadeh (Ed.), *Proceedings: CITRENTZ 2023 Conference*, Auckland, 27–29 September (pp. 40–51). ePress, Unitec. <https://doi.org/10.34074/proc.240107>

Aebli, H. (1951). Didactique psychologique. Applications à la didactique de la psychologie de Jean Piaget. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé. Magyarul: Lélektani didaktika. Piaget lélektanának didaktikai alkalmazása. Ford.: Mérei Ferenc. OPKM-dokumentum.

Alemdag, E., & Cagiltay, K. (2018). A systematic review of eye tracking research on multimedia learning. *Computers & Education*, 125, pp. 413–428. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.023>

Aleven, V., McLaughlin, E. A., Glenn, R., & Koedinger, K. R. (2016). Instruction based on adaptive learning technologies. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instruction* (2nd ed., pp. 522–560). Routledge.

Ali, I., Nguyen, K., & Oh, I. (2025). Systematic literature review on Industry 5.0: current status and future research directions with insights for the Asia Pacific countries. *Asia Pacific Business Review*, 1–28. <https://doi.org/10.1080/13602381.2025.2452877>

Allen, I. E. and Seaman, J. (2010). Learning on demand: Online education in 2009. *Sloan Consortium*. Retrieved from <http://sloanconsortium.org/publications/survey/pdf/learningondemand.pdf>

Alshammari, M., Anane, R., Hendley, R. J. (2014). Adaptivity in ELearning Systems. *Eighth International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*, 79–86.

Amane, M., Aissaoui, K., & Berrada, M. (2023). New perspective of learning objects in e-learning system. *International Journal of Information and Learning Technology*. <https://doi.org/10.1108/IJILT-08-2022-0161>

Ambrus, A. (2001). A problémamegoldás (feladatmegoldás) tanításának elméleti alapjai. *Új Pedagógiai Szemle*.

Anderson, J. R. (1980). Cognitive psychology and its implications. W. H. Freeman.

Arroyo, I., Woolf, B. P., Royer, J. M., Tai, M., & English, S. (2010). Improving math learning through intelligent tutoring and basic skills training. In V. Aleven, J. Kay, & J. Mostow (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: ITS 2010. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 6094, pp. 423–432). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-13388-6\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-642-13388-6_46)

Badawi, A., Hamzah, A. M., & Ghassaniy, N. N. (2023). Book review: Connecting mathematics and mathematics education: Collected papers on mathematics education as a design science. *Policy Futures in Education*. <https://doi.org/10.1177/14782103221090683>

Baker, T., Smith, L., & Anissa, N. (2019). Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. *Nesta Foundation*.

Balogh, L. (1993). Tanulási stratégiák és stílusok, a fejlesztés pszichológiai alapjai. Kossuth Lajos Tudományegyetem. *DEBRECENI EGYETEM ARCHÍVUM*.

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W.H. Freeman.

Bang, H. J., Li, L., & Flynn, K. E. (2023). Efficacy of an adaptive game-based math learning app to support personalized learning and improve early elementary school students' learning. *Early Childhood Education Journal*, 51(5), 717–732. <https://doi.org/10.1007/s10643-022-01332-3>

Bayrak, A., & Aslanci, S. (2022). Realistic mathematics education: A bibliometric analysis. *Shanlax International Journal of Education*, 10(4). <https://doi.org/10.34293/education.v10i4.5174>

Báthory, Z. (1992). Tanulók, iskolák, különbségek. Tankönyvkiadó Vállalat.

Bekmanova, G., Ongarbayev, Y., Somzhurek, B., & Mukatayev, N. (2021). Personalized training model for organizing blended and lifelong distance learning courses and its effectiveness in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 33(3), 668–683. <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09282-2>

Benedek, A. (2007). Tanulás és tudás a digitális korban. Budapest. Pedagógiai Innováció Központ.

Bersin, J. (2004). The blended learning book: Best practices, proven methodologies, and lessons learned. San Francisco, CA: John Wiley & Sons, Inc.

Bertea, P. E., & Hutanu, A. (2019). A Review of Eye Tracking in E-Learning. presented at the *The 15th International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, Bucharest (pp.281-287). <https://doi.org/10.12753/2066-026X-19-038>.

Biggs, J., & Collis, K. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy*. New York: Academic Press.

Bilous, V. (2019). Basic principles for developing an adaptive learning system. *Open Educational E-Environment of Modern University*. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s3>

Bingham, T. (2011). *Social Learning for Learning Professionals*. New York, NY: ASTD.

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7-74.

Boaler, J. (2002). *Experiencing school mathematics: Traditional and reform approaches to teaching and their impact on student learning*. Routledge.

Bodnár, Zs. (2017). *Varázsszer-e a tükrözött osztályterem?*. Budapest: Oktatási Innovációs Kiadó.

Bohony, P., & Bohony, B. (2018). Egyetemi hallgatók tanulási stílusai. *Iskolakultúra*, 28(11), 3-15. INTÉZMÉNYI PUBLIKÁCIÓK.

Bonk, C. J., & Graham, C. R. (2006). *The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*. John Wiley & Sons.

Booth, C.; Cheluvappa, R.; Bellinson, Z.; Maguire, D.; Zimitat, C.; Abraham, J. és Eri, R. (2016). Empirical evaluation of a virtual laboratory approach to teach lactate dehydrogenase enzyme kinetics. *Ann. Med. Surg.*, 8. 6-13.

Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*. Oxford University Press.

Boyd, D. (2014). *It's complicated: The social lives of networked teens*. Yale University Press.

Bozkurt, A., Kilgore, W., & Crosslin, M. (2018). Bot-teachers in hybrid massive open online courses (MOOCs): A post-humanist experience. *Australasian Journal of Educational Technology*, 34(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.3273>

Bray, A. & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research – A systematic review of recent trends. *Comput. Educ.* 114. 255-273.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Harvard University Press.

Brusilovsky, P. (2001). Adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11(1-2), 87–110. <https://doi.org/10.1023/A:1011143116306>

Brusilovsky, P. (2012). Adaptive Hypermedia for Education and Training. *Adapt. Technol. Train. Educ.*, 46.

Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & W. Nejdl (Eds.), *The adaptive web* (pp. 3–53). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_1)

Brydon-Miller, M., Greenwood, D., & Maguire, P. (2003). Why action research? *Action Research*, 1(1), 9–28. <https://doi.org/10.1177/14767503030011002>

Buda, A. (2020). Pedagógusok a digitális korban. Gondolat Kiadó.

Burke, B. (2014). Gamify: How gamification motivates people to do extraordinary things. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315230344>

Burkhardt, H., & Schoenfeld, A. H. (2003). Improving educational research: Toward a more useful, more influential, and better-funded enterprise. *Educational Researcher*, 32(9), 3–14.

Burrell, J. (2016). How the machine ‘thinks’: Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.1177/2053951715622512>

Calo, R., & MacLellan, C. (2024). Towards educator-driven tutor authoring: Generative AI approaches for interactive learning environments. arXiv preprint arXiv:2405.14713. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.14713>

Calvani, A., Cartelli, A., Fini, A., & Ranieri, M. (2009). Models and Instruments for assessing Digital Competence at School. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 4(3). <https://doi.org/10.20368/1971-8829/288>

Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2760/38842>

Catts, R. & Lau, J. (2008): Conceptual framework paper. With a list of potential international indicators for information supply, access and supporting skills. Paris, UNESCO Institute for Statistics. URL: <http://hdl.handle.net/1893/2119> Hozzáférés ideje: 2025.01.10.

Chandra, V., & Briskey, J. (2012). ICT driven pedagogies and its impact on learning outcomes in high school mathematics. *International Journal of Pedagogies and Learning*, 7(1), 73–83. <https://doi.org/10.5172/ijpl.2012.7.1.73>

Chen, C.J. & Liu, P.L. (2007). Personalized computer-assisted mathematics problem-solving program and its impact on Taiwanese students. *J. Comput. Math. Sci. Teach.* 26. 105-121.

Chen, C.M. & Lian, Y.Y. (2020). Developing a computer-mediated communication competence forecasting model based on learning behavior features. *Comput. Educ. Artif. Intell.* 1. 00004.

Chen, X.; Xie, H.; Zou, D. & Hwang, G.J. (2020). Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education. *Comput. Educ. Artif. Intell.* 1. 100002.

Chesani, F., Mello, P., & Milano, M. (2017). Solving mathematical puzzles: A challenging competition for AI. *Association for the Advancement of Artificial Intelligence.* 38. 3. 83-96.

Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88-113.

Chiappe, A., Wills, A. E., Uribe, I., & Ternent de Samper, A. (2020). 21st-Century education or the awakening of the sleeping beauties: A systematic literature review. *EKS*, 21, 1–15. <https://doi.org/10.14201/eks.20918>

Choi, J. H., Hickman, K. E., Monahan, A., Schwarcz, D. B. (2023). ChatGPT goes to law school. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4335905>

Civil, M. & Bernier, E. (2006). Exploring images of parental participation in mathematics education: Challenges and possibilities. *Math. Think. Learn.* 8. 309-330.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning (4th ed.). Wiley.

Coghlan, D. And Brannick, T. (2001): *Doing Action Research in Your Own Organization*. London: Sage Publications.

Colchester, K., Hagra, H., Alghazzawi, D., & Aldabbagh, G. (2016). A survey of Artificial Intelligence Techniques Employed for Adaptive Educational Systems within E-Learning Platforms. *J. Artif. Intell. Soft Comput. Res.*, 7, no. 1, 47–64.

Conde, M. Á., Sedano, F. J. R., Fernández-Llamas, C., Gonçalves, J., Lima, J., & García-Peñalvo, F. J. (2020). RoboSTEAM project systematic mapping: Challenge-based learning and robotics. In: Cardoso, A; Alves, G.R. & Restivo, M.T. (szerk.) *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON2020)*. 214-221.

Covello, S. (2010): A review of digital literacy assessment instruments. Syracuse University School of Education. Analysis for Human Performance Technology Decisions. URL: <http://bit.ly/VySPPy> Hozzáférés ideje: 2025.01.10.

Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.). SAGE Publications.

Cross, J. (2004). An informal history of eLearning. Emerald, 1-8.

Csapó, B. (2008). A tanulás dimenziói és a tudás szerveződése. *Educatio*, 17(2), 207–217.

Csányi, P., Fábián, K., Szabó, C., & Szabó, Z. (2015). Number theory vs. Hungarian high school textbooks: The fundamental theorem of arithmetic. *Teaching Mathematics and Computer Science*, 13(2), 209–223. <https://doi.org/10.5485/TMCS.2015.0397>

Csányi, P., Pozsonyi, E., & Szabó, Zs. (2014). A számelmélet tanításának hatékonysága általános- és középiskolában. ELTE TTK Matematikai Intézet. Letöltve: <https://matapszi.elte.hu/dstore/document/7658>.

Csernai, Z., & Négyesi, P. (2021). Az adaptivitás és az informatikai gondolkodás szerepe az oktatás digitális átalakítása során. In J. Berke (Szerk.), *27th Multimedia in Education Online Conference* (169–172). Neumann János Számítógép-tudományi Társaság Multimédia az Oktatásban Szakosztály (NJSZT MMO).

Csernai, Z., Négyesi, P., & Racsó, R. (2023). Opportunities for enhancing computational thinking in an e-learning environment. In Karlovitz, T. J. (Ed.), *What Will Our Future Be Like?* (pp. 55–68). Grosspetersdorf, Austria: Sozial und Wirtschafts Forschungsgruppe.

Czerkawski, B. O. (2011). Free and Open Source Software for E-Learning: Issues, Successes and Challenges. New York, NY: Information Science Reference.

Daniel, J., Vázquez Cano, E., & Gisbert, M. (2015). The Future of MOOCs: Adaptive Learning or Business Model? RUSC. *Universities and Knowledge Society Journal*, 12(1). pp. 64-73. doi <http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v12i1.2475>

Davadas, S.D. & Lay, Y.F. (2017). Factors affecting students' attitude toward mathematics: A structural equation modeling approach. *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.* 14. 517-529.

Davidson, C. (2013, September 27). What was the first MOOC? HASTAC Blog. <https://www.hastac.org/blogs/cathy-davidson/2013/09/27/what-was-first-mooc> (Hozzáférés: 2025.01.10.)

Dávid, M., Taskó, T., Héjja-Nagy, K., Mester, D., Dorner, L., & Estefánné Varga, M. (2016). Az önszabályozó tanulás fejlettségének összefüggései a tanulási eredményességgel és az IKT-használat gyakoriságával. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 71(1), 197–225.

Dean, C., & Whitlock, Q. A. (1988). A handbook of computer-based training (2nd ed.). Kogan Page; Nichols Publishing.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. Springer.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9–15). ACM. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

Dewey, J. (1912). Az iskola és a társadalom. Lampel.

Downes, S. (2010). New Technology Supporting Informal Learning. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*. 2. 10.4304/jetwi.2.1.27-33.

Dörnyei, Z., & Ryan, S. (2015). The Psychology of the Language Learner Revisited. Routledge.

Driscoll, M. (2002). Web-Based Training: Creating e-Learning Experiences. San Francisco, CA: Jossey-Bass/Pfeiffer.

Dron, J. (2007). Control and Constraint in E-Learning: Choosing When to Choose. Hershey, PA: Idea Group Publishing.

Duchowski, A. (2007). Eye Tracking Methodology: Theory and Practice. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-609-4>.

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 109-132.

Ekholm, M., & Härd, S. (2000). The Lifelong Learning Dimension: A Framework for Analysis. Stockholm: Swedish Institute of Educational Research.

Gógh, E., & Kövári, A. (2021). Az élethosszig tartó tanulással összefüggő tényezők kérdőíves vizsgálati adatainak faktoranalízise.

ELTE TTK Matematikai Intézet. (2019). Módszertani tételek középiskolai matematikatanárok számára. Letöltve: <https://www.math.elte.hu>.

Emri, Zs., Antal, K., Csordás, G., Kvaszingerné Prantner, Cs. & Kissné Zsámboki, R. (2021). EEG mérés pedagógiai alkalmazási lehetőségei In: *Agria Média 2020*. Eger, Eszterházy Károly Egyetem Líceum Kiadó. pp. 271-282.

Essalmi, F., Ayed, L. J. B., Jemni, M., Kinshuk & Graf, S. (2010). A fully personalization strategy of E-learning scenarios. *Comput. Hum. Behav.*, vol. 26, no. 4, 581–591.

Európai Bizottság (2018). Mesterséges intelligencia Európa számára. COM 237. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:52018DC0237R\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:52018DC0237R(01))  
Letöltve: 2025.01.10.

European Commission. (2019). The future of work: Work and society. European Commission.

Eynon, R. & Malmberg, L.-E. (2021). Lifelong learning and the internet: Who benefits most from learning online? *British Journal of Educational Technology*, 52(2), 569–583. <https://doi.org/10.1111/bjet.13041>

Ezzaim, A., Dahbi, A., Haidine, A., & El Brak, R. (2023). AI-based adaptive learning: A systematic mapping of the literature. *Education and Information Technologies*, 28, 13245–13276. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11750-4>

Falus, I. (Szerk.). (1998). Didaktika – Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz. Nemzeti Tankönyvkiadó.

Falus, I. (Szerk.). (2000). Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe (0 kiad.). Műszaki Könyvkiadó.

Falus, I., Környei, L., Németh, Sz., & Sallai, É. (2012). A pedagógiai rendszer - Fejlesztők és felhasználók kézikönyve. Educatio Társadalmi Szolgáltató Nonprofit Kft.

Falus, I., & Szűcs, I. (szerk.). (2022). A didaktika kézikönyve: Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz. Akadémiai Kiadó.

Felt, L.J. és Robb, M.B. (2016). Technology Addiction: Concern, Controversy, and Finding Balance. Common Sense Media. San Francisco, CA, USA.

Ferrari, A. (2013). DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2788/52966>.

Field, J. (2006). Lifelong Learning and the New Educational Order. Stoke-on-Trent: Trentham Books.

Fijačko, N., Gosak, L., Štiglic, G. & Picard, C. T. (2023). Can ChatGPT pass the life support exams without entering the American heart association course? *Resuscitation*, 185, 109732. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109732>

Fischer, F., Kollar, I., & Mandl, H. (2020). Learning and Instruction in the Digital Age. Springer.



Fischer, G. (2001). User Modeling in Human–Computer Interaction, User Model. *User-Adapt. Interact.*, vol. 11, no. 1–2, 65–86.

Fleming, N. D., & Mills, C. (1992). Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection. *To Improve the Academy*, 11(1), 137-155.

Fletcher, J. D., & Morrison, J. E. (2014). DARPA Digital Tutor: Assessment Data 2012. *The International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(1), 62–77. <https://doi.org/10.1007/s40593-013-0012-5>

Fletcher, J.D. & Rockway, M.R. (1986). Computer-based training in the military. In J.A. Ellis (Ed.) *Military Contributions to Instructional Technology* (pp 171-222). New York, NY: Praeger Publishers.

Flick, U. (2005). An Introduction to Qualitative Research. London: Sage.

Forgó, S., Hauser, Z., & Kis-Tóth, L. (2001). Médiainformatika. Líceum Kiadó.

Forgó, S., & Racskó, R. (2014). A pedagógiai rendszertervezés és újmédia alapú MOOC-kurzus jellemzői a felsőoktatásban. In A. Nádasi (Ed.), *Agria Média 2014 – XI. Információtechnikai és Oktatástechnológiai Konferencia és Kiállítás – ICI 13 Nemzetközi Informatikai Konferencia* (pp. 8–10). Líceum Kiadó.

Förster, M.; Weiser, C. & Maur, A. (2018). How feedback provided by voluntary electronic quizzes affects learning outcomes of university students in large classes. *Comput. Educ.* 121. 100-114.

Freire, P. (1970). Pedagogy of the oppressed. Herder and Herder.

Friesen, N. (2012). Defining Blended Learning.

Fridrich, M. (2021). A gamifikáció és a konstruktivista neveléstudomány lehetséges kapcsolódási pontjai. Pécsi Tudományegyetem Kiadó.

Gagné, R. M. (1985). The conditions of learning and theory of instruction (4th ed.). Holt, Rinehart and Winston.

Garrison, R., & Anderson, T. (2003). E-learning in the 21st Century: A Framework for Research and Practice. London: RoutledgeFalmer.

Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The internet and higher education*, 7(2), 95-105.

Garrison, D. R., & Vaughan, N. D. (2008). Blended learning in higher education: Frameworks, principles, and guidelines. Jossey-Bass.

Gassler, G., Hug, T., & Glahn, C. (2004). Integrated micro learning – An outline of the basic method and first results. In *Proceedings of Interactive Computer Aided Learning (ICL)*.

Getting Smart Staff. (2012). Knewton engages students with personalized adaptive math courses. Getting Smart. <https://www.gettingsmart.com/2012/05/01/knewton-engages-students-with-personalized-adaptive-math-courses/> (Utolsó megtekintés: 2025.07.14.)

Glaser, R. (1977). Adaptive education: Individual diversity and learning. Holt, Rinehart and Winston.

Golnhofer, E. (1999). Az adaptív oktatás menedzselése. Szeged. KÖVI.

Graham, C. R. (2006). Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions. In C. J. Bonk & C. R. Graham (Eds.), *Handbook of blended learning: Global perspectives, local designs* (pp. 3–21). Pfeiffer Publishing.

Groh, F. (2012). Gamification: State of the art definition and utilization. In *Proceedings of the 4th Seminar on Research Trends in Media Informatics* (pp. 39–46).

Gupta, B., Mufti, T., Sohail, S., & Madsen, D. (2023). ChatGPT: A brief narrative review. *Cogent Business & Management*, 10. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2275851>

Habók, A. (2012). Kollaboratív tanulás és fogalmi térképezés. Debrecen. Egyetemi Kiadó.

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work?—A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025-3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>

Haque, M. U., Dharmadasa, I., Sworna, Z. T., Rajapakse, R., & Ahmad, H. (2022). "I think this is the most disruptive technology": Exploring sentiments of ChatGPT early adopters using Twitter data. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.05856>

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.

Herczeg, P. (2013). A matematika tanításában alkalmazható néhány korszerű módszer. ELTE TTK Matematikai Intézet.

Herendy, Cs. (2009). Weboldal-fejlesztés: Innovatív és hagyományos módszerek II. *Médiakutató*, 2009(I.). Budapest.

Herr, K., & Anderson, G. L. (2015). The action research dissertation: A guide for students and faculty (2nd ed.). SAGE Publications.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. Oxford University Press.

Honigsfeld, A. (2000). Magyar tizenévesek tanulási stílusbeli preferenciái: A kor, a nem és a tanulmányi teljesítmény szerepe.

Horton, W. (2006). *E-Learning by Design*. Hoboken, NJ: Wiley Publishing, Inc.

Hug, T. (2005). Micro learning and narration: Exploring possibilities of utilization of narrations and storytelling for the designing of "micro units" and didactical micro-learning arrangements. In *Proceedings of the Fourth Media in Transition Conference*.

Hunter, R. (2010). Changing roles and identities in the construction of a community of mathematical inquiry. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(5), 397–409. <https://doi.org/10.1007/s10857-010-9152-x>

Hwang, G. J. (2018). Definition, framework, and research issues of smart learning environments – A context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 5(1), 1-14.

Ilomäki, L., Kantosalo, A., & Lakkala, M. (2016). What is digital competence? Linked definitions and a framework for understanding. *Educational Media International*, 53(2), 80-102. <https://doi.org/10.1080/09523987.2016.1189191>

James, M., Black, P., McCormick, R., & Pedder, D. (2007). Promoting learning how to learn through assessment for learning. In M. James et al. (Eds.), *Improving Learning How to Learn: Classrooms, Schools and Networks* (pp. 3–29). Routledge.

Jámbor, A. (2020). Okos tanulás és okos tanulási környezetek. *Miskolci Jogi Szemle*, 15(2), 133-149.

Jarodzka, H., Skuballa, I. & Gruber, H. (2021). Eye-Tracking in Educational Practice: Investigating Visual Perception Underlying Teaching and Learning in the Classroom. *Educ. Psychol. Rev.* 33, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09565-7>.

Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 5–14. <https://doi.org/10.1007/BF02296434>

Junco, R. (2012). The relationship between frequency of Facebook use, participation in Facebook activities, and student engagement. *Computers & Education*, 58(1), 162-171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.004>

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329-354. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329>

Kabudi, T., Pappas, I. O., & Olsen, D. H. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017>

Kale, U., & Goh, D. (2012). Teaching style, ICT experience, and teachers' attitudes toward teaching with Web 2.0. *Education and Information Technologies*, 19(1), 41–60. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9210-3>

Keller, J. M. (2010). Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>

Kemmis, S., & McTaggart, R. (2005). Participatory action research: Communicative action and the public sphere. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (pp. 559–604). SAGE Publications.

Ketel, M. (2014) E-Learning in a Cloud Computing Environment. *IEEE SOUTHEASTCON*, Lexington, 13-16 March 2014, 1-2. <https://doi.org/10.1109/SECON.2014.6950728>

Khenissi, M. A., Essalmi, F., Jemni, M., Graf, S., & Chen, N.-S. (2016). Relationship between learning styles and genres of games. *Computers & Education*, 101, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.005>.

Kim, B. (2015). Chapter 5. Designing Gamification in the Right Way. *Library technology reports*, 51, 29-35.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice Hall.

Koltay Tibor (2010): Az új média és az írástudás új formái. *Magyar Pedagógia*, 110.4. 301–309.

Komenczi, B. (2004). Didaktika elektromagna? Az e-learning virtuális valóságai. *Új pedagógiai szemle*, 54(11), 31–49.

Komenczi, B. (2009). *Elektronikus tanulási környezetek*. Gondolat Kiadó, Budapest.

Komenczi, B., & Lengyelné Molnár, T. (2020). Tanulási környezet a digitális pedagógiai kultúra világában. In R. Racsko (Szerk.), *A kultúraváltás hatása az oktatásra* (10–82). EKE Líceum Kiadó.

Koohang, A., Riley, L., Smith, T. & Schreurs, J. (2011). E-Learning and Constructivism: From Theory to Application. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*. 5.

Kovaleski, D. 2004. Blended learning in focus. *Corporate Meetings & Incentives*, 23. 35-36.

Kovács, I. (2011). A tanulási környezetek szerepe a pedagógiai gyakorlatban. Budapest: ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar.

Kővári, A. (2022). A magyarországi felsőoktatás digitális felkészültségének szakmapolitikai vonatkozásai az OECD digitális-átalakulás-jelentése kapcsán. *Civil Szemle*, 19(2), 45–59.

Krug, S. (2014). Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability. New Riders.

Kurzweil, R. (2013). A szingularitás küszöbén. Amikor az ember meghaladja a biológiát. Ad Astra, Budapest.

Laurillard, D. (2012). Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology. Routledge.

Lavicza, Z., Weinhandl, R., Prodromou, T., Anđić, B., Lieban, D., Hohenwarter, M., Fenyvesi, K., Brownell, C., & Diego-Mantecón, J. M. (2022). *Developing and Evaluating Educational Innovations for STEAM Education in Rapidly Changing Digital Technology Environments. Sustainability*, 14(12), 7237. <https://doi.org/10.3390/su14127237>

Law, N., Lee, Y. & Yuen, H.K. (2009): The Impact of ICT in Education Policies on Teacher Practices and Student Outcomes in Hong Kong, In Friedrich Scheuermann & Francesc Pedró (szerk.). *Assessing the effects of ICT in education: Indicators, criteria and benchmarks for international comparisons*, Luxembourg. European Commission, Joint Research Centre & OECD, 143-164.

Leadbeater, C. (2005). The shape of things to come: Personalised learning through collaboration. Department for Education and Skills/National College for School Leadership.

Lénárd, A. (2015). A digitális kor gyermekei. *Gyermeknevelés*, 3(1), 74–83.

Lénárd, S., & Rapos, N. (2008). Adaptivitás – módszer vagy szemlélet. In S. Lénárd & N. Rapos (Eds.), *Adaptív oktatás – Az adaptivitás szemlélete* (pp. 9–17). Budapest: Educatio Kht.

Létourneau, A., Deslandes Martineau, M., Charland, P., & colleagues. (2025). A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K–12 education. *npj Science of Learning*, 10, Article 29. <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7>

Lévai, D. (2014). A pedagógus kompetenciái az online tanulási környezetben zajló tanulási-tanítási folyamat során. Budapest: ELTE Eötvös.

Li, M., Ogata, H., Hashimoto, S., & Yano, Y. (2010). Development of Adaptive Kanji Learning System for mobile phone. *International Journal of Distance Education Technologies*, 8(4), 29–41. <https://doi.org/10.4018/JDET.2010100103>

Lim, S.Y. & Chapman, E. (2015). Adapting the academic motivation scale for use in pre-tertiary mathematics classrooms. *Math. Educ. Res. J.* 27. 331-357.

Liu, M.; McKelroy, E.; Corliss, S.B. & Carrigan, J. (2017). Investigating the effect of an adaptive learning intervention on students' learning. *Educ. Technol. Res. Dev.* 65. 1605-1625.

Livingstone, S., & Helsper, E. J. (2007). Gradations in digital inclusion: Children, young people, and the digital divide. *New Media & Society*, 9(4), 671–696. <https://doi.org/10.1177/1461444807080335>

Locke, J. (1914). Gondolatok a nevelésről (Mutschenbacher Gy., Ford.). *Pedagógiai könyvtár* 4. Budapest: Katholikus Középiskolai Tanáregyesület. <https://digitalia.lib.pte.hu/hu/pub/locke-john-gondolatok-a-nevelesrol-kkt-bp-1914-4664> (Letöltés: 2025.01.10.)

Longworth, N. (2003). Lifelong learning in action: Transforming education in the 21st century. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203465684>

Luckin, R. (2018). Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century. UCL Press.

Luckin, R., Bligh, B., Manches, A., Ainsworth, S., Crook, C., & Noss, R. (2012). Decoding Learning: The Proof, Promise and Potential of Digital Education. Nesta. <http://www.nesta.org.uk/publications/decoding-learning>

Luo, Z., O'Steen, B., & Brown, C. (2020). The use of eye-tracking technology to identify visualisers and verbalisers: Accuracy and contributing factors. *Interactive Technology and Smart Education*, 17(2), pp. 229–247. <https://doi.org/10.1108/ITSE-12-2019-0087>.

M. Nádasi, M. (2010). Adaptív nevelés és oktatás. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.

Madani, Y., Ezikouri, H., Erritali, M., & Hssina, B. (2020). Finding optimal pedagogical content in an adaptive e-learning platform using a new recommendation approach and reinforcement learning. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(12), 3921–3936. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01627-1>

Magyarország Mesterséges Intelligencia Stratégiája (2020). Innovációs és Technológiai Minisztérium. <https://ai-hungary.com/api/v1/companies/15/files/137203/view>  
Letöltve: 2025.01.10.

Maity, S., & Deroy, D. (2024). Generative AI and its impact on personalized intelligent tutoring systems. arXiv preprint arXiv:2410.10650. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.10650>

Male, T. és Burden, K. (2014). Access denied? Twenty-first-century technology in schools. *Technol. Pedagog. Educ.* 23. 423-437.

Manoharan, M., & Kaur, B. (2023). Mathematics teachers' perceptions of diagrams. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10312-3>

Mayes, T., & de Freitas, S. (2005). Review of e-learning theories, frameworks and models. JISC e-Learning Models Desk Study. London.

McNiff, J. (2017). Action research: All you need to know. SAGE Publications.

Merriam, S. B., & Kee, Y. (2014). Promoting community well-being: The case for lifelong learning for older adults. *Adult Education Quarterly*, 64(2), 128-144. <https://doi.org/10.1177/0741713613513633>

Molnár, G. (2004). Problémamegoldás és probléma-alapú tanítás. *Iskolakultúra*, 14(2), 12–19. Elérés forrás <https://www.iskolakultura.hu/index.php/iskolakultura/article/view/19990>

Molnár, G. (2008). Az IKT-val támogatott tanulási környezet követelményei és fejlesztési lehetőségei, *Szakképzési Szemle*, 24(3), 257-278.

Molnár, G. (2011). Az információs-kommunikációs technológiák hatása a tanulásra és oktatásra. *Magyar Tudomány*, 2011(9), 1038–1047.

Molnár, G. (2013). Új IKT-tendenciák a nemzetközi és hazai gyakorlatok tükrében, különös tekintettel a tanítás–tanulás folyamatára. In A. Benedek (szerk.), *Digitális pedagógia 2.0* (pp. 85–133). Budapest: Typotex Kiadó, BME Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar.

Molnár, G. (2018). Hozzájárulás a digitális pedagógia jelenéhez és jövőjéhez (eredmények és perspektívák). *MTA-BME Nyitott Tananyagfejlesztés Kutatócsoport Közlemények, IV (2018/1)*, 1–70.

Molnár, G., Turcsányi-Szabó, M., & Kárpáti, A. (2019). Az interaktív tanulási környezetektől a módszertani megújuláson át a kreatív önkifejezésig. *Új Pedagógiai Szemle*, 69(11–12), 53–70.

Moore, M. (1990). Recent Contributions to the Theory of Distance Education. *Open Learning*, 11-14.

Morsy, M. A., Grundy, J., & Müller, I. (2010). An analysis of the cloud computing security problem. In *Proceedings of APSEC 2010 Cloud Workshop*. APSEC, Sydney, Australia.

Murtonen, M., Laato, S., Hakanurmi, S., Salmento, H., & Lehtinen, E. (2020). Digital technologies and online learning in higher education (Finland). In *Digital education: Opportunities for social collaboration* (pp. 1–20). Bloomsbury Academic. <https://doi.org/10.5040/9781350996502.0019>

Nahalka, I. (2002). Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.

Nahalka, I. (2003). A tanulás. In I. Falus (Ed.), *Didaktika: Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz* (pp. 78–106). Nemzeti Tankönyvkiadó. <http://bit.ly/1UOVVwf> (Utolsó megtekintés: 2025.01.10.)

Nahalka, I. (2013). *Konstruktivizmus és nevelés*. Budapest: Oktatási Kiadó.

National Institute of Education, Nanyang Technological University. (2022). PALAS: AI-enabled personalised adaptive learning and assessment system. <https://www.ntu.edu.sg/nie/about-us/departments/units-under-director%27s-office/centre-for-innovation-in-learning/pedagogical-showcase> (Utolsó megtekintés: 2025.07.14.)

Nádasi, A. (1997). Az oktatástechnológia tárgya és fogalma. In *Pedagógiai Lexikon*. Keraban Kiadó. Eredeti forrás: [http://okt.ektf.hu/data/nadasia/file/tananyag/oktataselmelet/1\\_tananyag5.html](http://okt.ektf.hu/data/nadasia/file/tananyag/oktataselmelet/1_tananyag5.html)

Nádasi András (2013): Oktatásfejlesztési és –technológiai kutatások. *Médiainformatika Kiadványok*. Eger.

Nádasi, A. (2015). Az oktatástechnológiai, tantárgymódszertani kutatások tipológiája; fejlesztés és innováció [Elektronikus tananyag]. <http://bit.ly/2fCdXD0> (Utolsó megtekintés: 2025.01.10.)

Négyesi, P. (2021). Adaptivitást támogató elektronikus tanulási környezet fogalmi keretei a számelmélet speciális témaköreinek tanításában. In Zagyváné Szűcs, I., & K. Nagy, E. (Eds.), *Kihívások és megoldások a XXI. század pedagógiájában: Válogatás a Pedagógiai Szakbizottság tagjainak a munkáiból* (pp. 89–101). Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Területi Bizottsága, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Líceum Kiadó.

Négyesi, P. (2023). Adaptív matematikaoktatás a mesterséges intelligencia korában. In Medovarszki, I. (Ed.), *Tantárgy-pedagógiai kaleidoszkóp: 2022 – Pedagógiai és*



*szakmódszertani tanulmányok az iskola világából* (pp. 109–121). Eger, Magyarország: Líceum Kiadó.

Négyesi, P. (2023a). Examining the lack of adaptivity in the most common e-learning systems in Hungary. In Berke, J. (Ed.), *29th Multimedia in Education Conference Proceedings - XXIX. Multimédia az oktatásban nemzetközi konferencia kiadvány* (pp. 61–65). John von Neumann Society for Computer Science.

Négyesi, P. (2023b). Szemmozgáskövető vizsgálat szerepe egy új, adaptív e-learning rendszer validálásában. In Berke, J. (Ed.), *29th Multimedia in Education Conference Proceedings - XXIX. Multimédia az oktatásban nemzetközi konferencia kiadvány* (pp. 66–69). John von Neumann Society for Computer Science.

Négyesi, P. (2024). Tanulási stílus azonosításának támogatása szemmozgáskövető technológiával egy adaptív e-tanulási rendszerben. *Ifjú Pszichológiai és Neveléstudományi Folyóirat*, 2024(3), 84–94.

Négyesi, P. (2024a). Supporting learning style identification with eye-tracking technology in an adaptive e-learning system. *Journal of Applied Technical and Educational Sciences*, 14(2), 1–11. <https://doi.org/10.24368/jates378>

Négyesi, P. (2024b). A ChatGPT oktatásra gyakorolt hatásának vizsgálata. In Lengyelne Molnár, T. (Ed.), *Agria Média 2023: „A magas szintű digitális kompetencia a jövő oktatásának kulcsa”* (pp. 15–25). Eger, Magyarország: Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Líceum Kiadó.

Négyesi, P. (2025). Adaptív e-learning rendszer használata a számelmélet speciális témaköreinek tanításában – A bevéásvizsgálat eredményei. In E. Márkus & B. Máté-Szabó (Eds.), *Absztraktkötet: Közösségek a tanulás világában. Hungarian Conference on Educational Research – HuCER 2025* (p. 392). Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem.

Négyesi, P., & Csernai, Z. (2022). Az elektronikus tanulás evolúciója és jövője. In *28th Multimedia in Education Conference Proceedings* (pp. 54–61). Neumann János Számítógép-tudományi Társaság.

Négyesi, P., Csernai, Z., & Racsko, R. (2023). Attempts to Develop a New Type of Adaptive E-Learning Environment. In J. T. Karlovitz (Szerk.), *What will our Future be Like?* (pp. 69–79). Sozial und Wirtschafts Forschungsgruppe.

Négyesi, P., Oláhné Téglási, I., & Racsko, R. (2021). Pros & cons of e-learning environments from an adaptivity perspective. *Convergence Education Review*, 7(2), 45–54.

Némethné Tóth, Á. (2014). Negyedszázad az iskolában [Habilitációs értekezés]. Neveléstudományi Doktori Iskola, Eszterházy Károly Főiskola. <http://eklektika.ektf.hu/dsr/access/daed123c-0573-4d4e-9813-501d672a157b>

Nguyen, H.-H., & Nguyen, V. A. (2023). Personalized learning in the online learning from 2011 to 2021: A bibliometric analysis. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(8), 1261–1272. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.8.1928>

Nielsen, J., & Budiu, R. (2013). Mobile Usability. New Riders.

Ningrum, D. P. N., Usodo, B., & Subanti, S. (2022). Students' mathematical conceptual understanding: What happens to proficient students? *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/5.0116651>

Nyíri, K. (2008). A tanulás filozófiája a mobil információs társadalomban. Budapest: Typotex.

OECD. (2009). Education today 2009: The OECD perspective. OECD Publishing. [https://doi.org/10.1787/edu\\_today-2009-en](https://doi.org/10.1787/edu_today-2009-en)

OECD. (2021). The Future of Education and Skills: Education 2030. OECD Publishing.

Ollé, J. (2013). Az oktatási környezetek tipológiája és jellemzői. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Ollé, J. (2013a). Pedagógiai kultúra az információs társadalomban. In *Oktatásinformatikai módszerek: Tanítás és tanulás az információs társadalomban* (pp. 9–29). ELTE Eötvös Kiadó.

Open University. (2023). OpenLearn: Open educational resources at The Open University. <https://university.open.ac.uk/open-educational-resources/openlearn> (Utolsó megtekintés: 2025.07.14.)

Ouyang, F., és Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2. 100020.

Özyurt, Ö., & Özyurt, H. (2015). Learning style-based individualized adaptive e-learning environments: Content analysis of the articles published from 2005 to 2014. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.06.020>

Pange, A., & Pange, J. (2011). Is E-learning Based On Learning Theories? A Literature Review. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 5, 932-936.

Pantziara, M. és Philippou, G.N. (2015). Students' motivation in the mathematics classroom revealing causes and consequences. *Int. J. Sci. Math. Educ.* 13. 385-411.

Partnership for 21st Century Learning (P21). (2009). 21st Century Learning Environments. Washington, D.C.: P21. Retrieved from <https://www.battelleforkids.org/p21/frameworks-resources>

Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning Styles: Concepts and Evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105-119.

Pasquale, F. (2015). The Black Box Society: The Secret Algorithms That Control Money and Information. Harvard University Press.

Pearson Education. (2021). MyLab & Mastering: Adaptive learning technology overview. <https://www.pearson.com/mylab-mastering> (Utolsó megtekintés: 2025.07.14.)

Piaget, J. (1972). The principles of genetic epistemology. Basic Books.

Pintér, H. (2015). A tudás reprezentációjának vizsgálata a SOLO taxonómia alkalmazásával. *Magyar Pedagógia*, 115(1), 19–45.

Pólya, G. (1957). How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method. Princeton University Press.

Prahmana, R. C. I., Kusumah, Y. S., & Darhim. (2017). Didactic trajectory of research in mathematics education using research-based learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 893(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/893/1/012001>

Prantner, C. (2019). A hagyományos és elektronikus tanulási környezet kombinált alkalmazásainak vizsgálata. Oktatói portálok. PhD-értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatika Doktori Iskola. Témavezető: Zsakó László.

Prantner, C. (2025). Hibrid tanulást támogató digitális felületek innovatív tervezésének módszertana. Budapest, Magyarország: ELTE Eötvös Kiadó.

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1–6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>

Qadir, J. (2022). Engineering education in the era of ChatGPT: Promise and pitfalls of generative AI for education. TechRxiv. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.21789434.v1>

Racsko, R. (2017). Digitális átállás az oktatásban. *Iskolakultúra-könyvek*, 52. Gondolat Kiadó, Budapest.

Racsko, R. (2017a). Összehasonlító vizsgálatok a digitális átállás módszertani megalapozásáról. PhD-értekezés, Eszterházy Károly Egyetem, Neveléstudományi Doktori Iskola. Témavezető: Kis-Tóth Lajos.

Racsko, R., Szűts, Z., Radics, K., & Lengyelne Molnár, T. (2023). A könyvtár, mint 21. századi autentikus tanulási környezet. *Tudományos és Műszaki Tájékoztatás*, 70(1), 13–22. <https://doi.org/10.3311/tmt.13204>

Rapos, N., Gaskó, K., Kálmán, O., & Mészáros, G. (2011). Az adaptív-elfogadó iskola koncepciója. Oktatókutató és Fejlesztő Intézet.

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>

Reason, P., & Bradbury, H. (Eds.). (2008). The SAGE handbook of action research: Participative inquiry and practice(2nd ed.). SAGE Publications.

Redecker, C. (2020). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2760/159770>

Reeves, T. (2006): Design research from a technology perspective. In: J. V. D. Akker-Gravemeijer, K., McKenney, S., Nieveen, N. (szerk.): *Educational design research* (pp. 52–66). New York: Routledge. <http://bit.ly/2plDdlV>, utolsó megtekintés: 2018.02.28.

Reeves, T. C., & Reeves, P. M. (2015). Designing online and blended learning. In C. J. Bonk & M. M. Lee (Eds.), *Handbook of e-Learning*. Routledge.

Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>

Rudolph, T., Tan, S., & Tan, S. (2023). ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(1). <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.9>

Sangrà, A., Vlachopoulos, D. & Cabrera, N. (2012). Building an Inclusive Definition of E-Learning: An Approach to the Conceptual Framework. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 13(2), 145–159. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v13i2.1161>

Santos, J. L., Govaerts, S., Verbert, K. & Duval, E. (2012). Goal-oriented visualizations of activity tracking: A case study with engineering students. In: Dawson, S. & Haythornthwaite, C. (szerk.) *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. Vancouver, BC, Canada. 143-152.

Sari, S., & Mengi, O. (2022). The role of creative placemaking. *M/C Journal*. <https://doi.org/10.5204/mcj.2899>

Šarmanová, J., & Kostolányová, K. (2015). Adaptive E-Learning: From Theory to Practice. *International Journal of Information and Communication Technologies in Education*, 4, 10.1515/ijicte-2015-0018.

Sass, J. (2015). Az adaptív tanulási környezet, a perszonalizáció és az asszociatív tanulás lehetőségei digitális környezetben. Eszterházy Károly Főiskola Líceum Kiadó, pp. 430-437.

Sauro, J., & Lewis, J. R. (2016). Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research. Morgan Kaufmann.

Sántha, K. (2007). A kvalitatív metodológiai követelmények problémái. *Iskolakultúra*, 17(6-7), 168–177.  
<https://www.iskolakultura.hu/index.php/iskolakultura/article/view/20650>

Schmidt, E. (2019). Harmadik fél az oktatásban - IKT eszközök és lehetőségek. In Á. Fehér & A. Megyeriné Runyó (Szerk.), *A digitális világ hatása a gyermekekre – A Brunszvik Teréz Szakmai Napok keretében szervezett III. Nemzetközi Kisgyermek-nevelési Konferencia kötete* (pp. 148-152). Apor Vilmos Katolikus Főiskola.

Schultheiss, T., & Backes-Gellner, U. (2023). Different degrees of skill obsolescence across hard and soft skills and the role of lifelong learning for labor market outcomes. *Industrial Relations: A Journal of Economy and Society*, 62(3), 257–287.

Schunk, D.H. □ Usher, E.L. (2012). Social cognitive theory and motivation. In: Ryan, R.M. (szerk.) *The Oxford Handbook of Human Motivation*. Oxford University Press: Oxford, UK. 13-27.

Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.

Selbst, A. D., & Barocas, S. (2018). The intuitive appeal of explainable machines. *Fordham Law Review*, 87(3), 1085-1139.

Selwyn, N. (2019). Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 1235-1248.

Selwyn, N. (2022). The future of AI and education: Some cautionary notes. *European Journal of Education*.

Shen, Y., Heacock, L., Elias, J., Hentel, K., Reig, B., Shih, G., & Moy, L. (2023). ChatGPT and other large language models are double-edged swords. *Radiology*, 307.  
<https://doi.org/10.1148/radiol.230163>

Sheridan, D., White, D., & Gardner, L. (2002). Cecil: The first web-based LMS. In *Proceedings of the 2002 ACM SIGCPR Conference on Computer Personnel Research* (pp. 603–611). <https://doi.org/10.1145/512360.512470>

Shershneva, V., Vainshtein, Y., Kochetkova, T., & Esin, R. (2019). Technological approach to development of adaptive e-learning system. *SHS Web of Conferences*, 66. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196601014>

Shute, V. J., & Zapata-Rivera, D. (2012). Adaptive educational systems. In P. Durlach & A. Lesgold (Eds.), *Adaptive technologies for training and education* (pp. 7–27). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139049570.002>

Siadat, M., & Taghiyareh, F. (2007). PALS2: Pedagogically adaptive learning system based on learning styles. *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 616–618). <https://doi.org/10.1109/ICALT.2007.198>

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3-10.

Singh, H., Chauhan, U., Chauhan, S., & Saxena, A. (2024). Adaptive and personalized learning in Industry 5.0 education. In A. K. Sangaiah & S. Rawat (Eds.), *Handbook of research on future of Industry 5.0 in digitalized socio-economic spaces* (Chapter 1). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0782-3.ch001>

Sinha, Ranwir & Debroy, Asitava & Kumar, Nikhil & Mondal, Himel. (2023). Applicability of ChatGPT in Assisting to Solve Higher Order Problems in Pathology. *Cureus*. 15. e35237. [10.7759/cureus.35237](https://doi.org/10.7759/cureus.35237).

Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. *Harvard Educational Review*, 24(2), 86–97.

Skinner, B. F. (1973): A tanítás technológiája. Gondolat Kiadó, Budapest

Stephan, M. L., Chval, K. B., Wanko, J. J., Civil, M., Fish, M. C., Herbel-Eisenmann, B., Konold, C. & Wilkerson, T. L. (2015). Grand challenges and opportunities in mathematics education research. *J. Res. Math. Educ.* 46. 134-146.

Stracke, C. M., Downes, S., Conole, G., Burgos, D., & Nascimbeni, F. (2019). Are MOOCs open educational resources? A literature review on history, definitions, and typologies of OER and MOOCs. *Open Praxis*, 11(4), 331. <https://doi.org/10.5944/openpraxis.11.4.1010>

Stringer, E. T. (2013). Action research (4th ed.). SAGE Publications.

Surjono, H. D. (2011). The design of adaptive e-learning system based on student's learning styles. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 2(5), 2350–2353.

Susnjak, T. (2022). ChatGPT: The end of online exam integrity? *arXiv* <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.09292>

Szegedi, E. (2014). Miért került világszerte fókuszba a STEM területek oktatása? In G. Halász (Ed.), *BeleSTEM: Felsőoktatási jó gyakorlatok a tudomány, a technológia, a műszaki tudományok és a matematika szolgálatában* (pp. 9–14). Tempus Közalapítvány.

Szőke-Milinte, E. (2018). A Z generáció megismerése – megismerés a Z generációban. In J. Kaposi & E. Szőke-Milinte (Eds.), *Pedagógiai változások – a változás pedagógiája* (pp. 130–144). Pázmány Péter Katolikus Egyetem.

Szűts, Z. (2014). Egyetem 2.0. Kodolányi János Főiskola.

Szűts, Z. (2020). A digitális pedagógia elmélete. Akadémiai Kiadó.

Szűts, Z. (2020a). A digitális pedagógia jelenségei és megnyilvánulási formái. *Új Pedagógiai Szemle*, 70(5–6), 1–15.

Szűts, Z., & Námesztovszki, Z. (2023). A digitalizáció kihívásai a civil, mindennapi felhasználó szemszögéből: Fejleszti vagy kiváltja az egyént a mesterséges intelligencia használata az oktatásban? *Civil Szemle*, 20 (Különszám VI), 57-67.

Szűts, Z., Lengyelne Molnár, T. & Racsko, R. (2022). Az oktatás eszközei és digitális technikái. <https://doi.org/10.1556/9789634548454.17>.

Tapscott, D. (2009). *Grown up digital: How the net generation is changing your world*. McGraw-Hill.

Tatoj, C., Galan, B., & Poltorak, E. (2018). The use of Moodle platforms in the teaching of L2 and contemporary challenges. *Lenguaje y Textos*.

Tomlinson, C. A. (2001). How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms. ASCD.

Tongori Ágota (2013): Az információs és technológiai műveltségi mérés lehetőségei. *Új Kép. Pedagógusok és szülők folyóirata*. URL: <http://bit.ly/13BNsnp> Hozzáférés ideje: 2025. január 10.

Tóth, Á., Námesztovszki, Z., & Horváth Futó, H. (2024). Digitális transzformáció, mesterséges intelligencia és oktatás. *Hungarológiai Közlemények*, 2024/4. 52-66.

Twenge, J. M., Martin, G. N., & Campbell, W. K. (2017). Decreases in psychological well-being among American adolescents after 2012 and links to screen time during the rise of smartphone technology. *Emotion*, 18(6). 765-780. <https://doi.org/10.1037/emo0000403>

Tyler, R. W. (1949). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. University of Chicago Press.

UNESCO (2008): Information for All Programme (IFAP). Towards Information Literacy Indicators. <http://bit.ly/1c-V63yN> Hozzáférés ideje: 2025. január 10.

UNESCO □ Microsoft (2011): Unesco ICT Competency Framework for Teachers. UNESCO, Paris. URL: <http://bit.ly/17YJYHy> Hozzáférés ideje: 2025. január 10.

UNESCO. (2022). Making lifelong learning a reality: A handbook. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381857>

Valenzuela, J. R., Romero Rodríguez, L. M., & Ramírez Montoya, M. S. (2019). Gamification in MOOCs: Engagement application test in energy sustainability courses. *IEEE Access*, 7, 32093–32101. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2903230>

Vámos Ágnes (2013): A gyakorlat kutatása a neveléstudományban - az akciókutatás. In: *Neveléstudomány: Oktatás - kutatás - innováció. 1. évf. 2. pp.* 23–42. <http://bit.ly/2pqIsRp>, utolsó megtekintés: 2025.01.10.

Virág, I. (2013). Tanuláselméletek és tanítási-tanulási stratégiák. Eger: EKF Líceum Kiadó.

Voskoglou, M. G., & Salem, A.-B. M. (2020). Benefits and limitations of the artificial with respect to the traditional learning of mathematics. *Mathematics*, 8. 4. 611.

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens – With new examples of knowledge, skills and attitudes (EUR 31006 EN). *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2760/115376>

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vyhmeister, E., & Castane, G. G. (2024). When Industry meets trustworthy AI: a systematic review of AI for Industry 5.0. arXiv preprint arXiv:2403.03061.

Walshaw, M. (2011). Positive possibilities of rethinking (urban) mathematics education within a postmodern frame. *Journal of Urban Mathematics Education*, 4(2). <https://doi.org/10.21423/jume-v4i2a141>

Wang, J., Xie, H., Wang, F.L., Lee, L.K. □ Au, O.T.S. (2021). Top-n personalized recommendation with graph neural networks in MOOCs. *Comput. Educ. Artif. Intell.* 2. 100010.

Wentzel, K.R. (1997) Student Motivation in Middle School: The Role of Perceived Pedagogical Caring. *Journal of Educational Psychology*, 89. 411-419. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.89.3.411>

Whitacre, I., Bouhjar, K., Bishop, J. P., Philipp, R. A., & Schappelle, B. P. (2016). Regular numbers and mathematical worlds. For the Learning of Mathematics.

Williamson, B. (2018). In search of the ‘Good AI Society.’ SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3300196>



Wolper, J. (2016). Student-driven personalized learning is trending in higher education. *Talent Dev.* 70. 64-65.

Wu, R. (2021). Visualization of basic mathematics teaching based on artificial intelligence. *Journal of Physics: Conference Series*, 1992(1). 042042.

Yang, J.H., Ogata, H., Matsui, T. & Chen, N.S. (2021). Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible. *Comput. Educ. Artif. Intell.* 2. 100008.

Yang, Q.F.; Lin, C.J. & Hwang, G.J. (2019). Research focuses and findings of flipping mathematics classes: A review of journal publications based on the technology-enhanced learning model. *Interact. Learn. Environ.* 1-34.

Yarnall, L.; Means, B. & Wetzel, T. (2016). Lessons Learned from Early Implementations of Adaptive Courseware. SRI International. Menlo Park, CA, USA.

Yaroshenko, O., & Vapnyarchuk, N. (2021). Education as a priority direction of development of industrial enterprises and its digitalization. *Law and Innovations*, 4(36), 1. [https://doi.org/10.37772/2518-1718-2021-4\(36\)-1](https://doi.org/10.37772/2518-1718-2021-4(36)-1)

Zhang, H., & Leong, W. Y. (2024). Industry 5.0 and Education 5.0: Transforming Vocational Education through Intelligent Technology. *Journal of Innovation and Technology*, 2024. Retrieved from <https://iuojs.intimal.edu.my/index.php/joit/article/view/540>

Zhang, Y., Lin, L., Borchers, J., Cao, J., & Hu, Y. (2024). 3DG: A framework for using generative AI for handling sparse learner performance data in intelligent tutoring systems. arXiv preprint arXiv:2402.01746. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.01746>

## Ábrajegyzék

1. ábra A 4. ipari forradalom .....	16
2. ábra A SAMR-modell Puentedura 2006 alapján .....	21
3. ábra Az információs műveltség és részterületei .....	23
4. ábra A XXI. század komplex tanulási környezete.....	28
5. ábra A XXI. századi készségek .....	29
6. ábra Az egész életre kiterjedő tanulás dimenzió .....	31
7. ábra A DigComp 2.2 modell.....	33
8. ábra A digitális kompetencia három dimenziója .....	34
9. ábra Pólya problémamegoldási modellje.....	48
10. ábra A SOLO taxonómia modellje .....	59
11. ábra Az adaptív e-learning rendszerek komponensei .....	61
12. ábra A didaktikai design sematikus váza.....	78
13. ábra Az ipari forradalmak korszakolása .....	93
14. ábra A PADDIE+M modell felépítése .....	100
15. ábra Fejlesztési fázisok.....	102
16. ábra Az adaptív e-learning rendszer verziókezelése (részlet) .....	103
17. ábra Az adaptív e-learning rendszer (AES) kezdőlapja.....	105
18. ábra A regisztrációs és a bejelentkezési felület .....	106
19. ábra A feliratkozások kezelése .....	106
20. ábra A számelméleti témakörök .....	107
21. ábra A tökéletes számok témakörének szerkezeti felépítése .....	107
22. ábra A menü felépítése (admin és tanulói jogosultsággal).....	108
23. ábra A felhasználói avatarok .....	108
24. ábra Értesítések a kapott tapasztalati pontokról, a szintlépésekről.....	109
25. ábra A záróteszt automatikus kiértékelés .....	109
26. ábra A feladatok szerkezete .....	110
27. ábra A feladatonként igénybe vehető segítségek (hint-ek).....	110
28. ábra Jutalmazó, azonnali visszacsatolás .....	111
29. ábra Motivációt fenntartó, azonnali visszacsatolás .....	111
30. ábra Kurzuszáró visszacsatolás .....	111
31. ábra A tervalapú kutatás fázisai.....	115
32. ábra Az adaptív e-learning rendszer biztonsági riportja.....	117

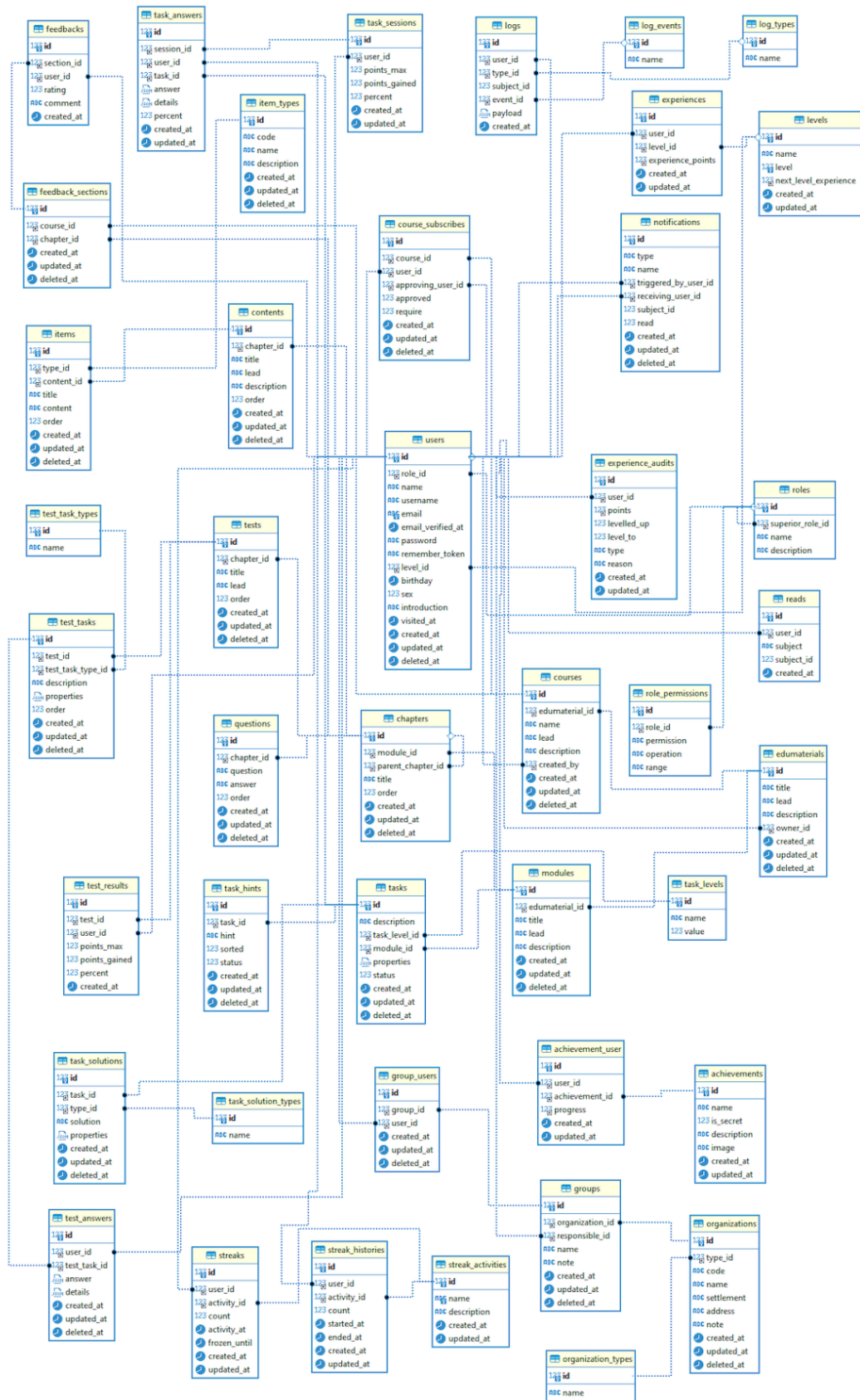
33. ábra A felület akadálymentességi vizsgálatának riportja .....	118
34. ábra A szemmozgáskövetés működési elve.....	123
35. ábra Az online szemmozgáskövető vizsgálat folyamata .....	124
36. ábra A kalibrálás kezdő képernyője.....	125
37. ábra Az euklideszi algoritmus kurzusa.....	126
38. ábra Hőtérkép generálása.....	126
39. ábra Fogalmi keretrendszer .....	132
40. ábra PRISMA folyamatábra .....	133
41. ábra Az adaptációs alkatégória attribútumai .....	135
42. ábra A legutóbbi félévi/év végi átlagok.....	137
43. ábra Tanulási szokások relatív gyakoriságai .....	138
44. ábra Javasolt funkciók .....	139
45. ábra A résztvevők életkori megoszlása .....	143
46. ábra Tanítási módszerek .....	144
47. ábra Az adaptációs kategória értékelési eredményei .....	148
48. ábra A verbális tanulási stílusú tanulók metszet-hőtérképe.....	151
49. ábra A vizuális tanulási stílusú tanulók metszet-hőtérképe.....	152
50. ábra A Nielsen-féle használhatósági faktorok (tanulói) .....	155
51. ábra Az adaptív rendszer hatása .....	156
52. ábra Nielsen- féle használhatósági faktorok (pedagógusi) .....	160

## **Táblázatjegyzék**

1. táblázat Didaktikai paradigmák .....	18
2. táblázat A kutatás kérdőíveinek jellemzői.....	130
3. táblázat A kérdőívek tartalmi egységei .....	131
4. táblázat A logfile-elemzés releváns eredményei .....	153
5. táblázat A Nielsen-féle faktorok elemzése .....	155
6. táblázat Az adaptív rendszer hatása.....	156
7. táblázat A kérdőívre vonatkozó Cronbach-alfa értékek .....	158
8. táblázat A kérdőívre vonatkozó korrelációs együtthatók .....	159
9. táblázat Item-total korreláció értékei.....	159
10. táblázat A Nielsen-féle használhatósági faktorok elemzése.....	161
11. táblázat Pearson-féle korrelációs együtthatók (N1-N5) .....	162
12. táblázat A kérdőív reliabilitási mutatói .....	163

# Mellékletek

## 1. A fejlesztett rendszer adatbázisa



## 2. AES – Tanulói igényfelmérés (kérdőív)

### Adaptív elektronikus tanulási környezet bevéálásvızgálata a számelmélet speciális témaköreinek tanításában

## AES - Tanulói igényfelmérés

**Kedves Diákok és Hallgatók!**

Négyesi Péter vagyok, az Eszterházy Károly Katolikus Neveléstudományi Doktori Iskola hallgatója. Jelen kérdőív a disszertációmhoz kapcsolódó kutatást segíti. A kérdőív kitöltése anonim módon történik, és a válaszokat kizárólag kutatási célokra használom fel.

Kérdőívhez kapcsolódó kérdés, megjegyzés esetén [negyesi.peter@uni-eszterhazy.hu](mailto:negyesi.peter@uni-eszterhazy.hu) címen érnek el.

*Köszönettel,*

*Négyesi Péter*

**\* Kötelező kérdés**

Mi a nemed? \*

- ☐ Férfi
- ☐ Nő
- ☐ Nem szeretném megadni

Hány éves vagy? \*

Kiválasztás

Milyen közép fokú vagy felső fokú intézményben tanulsz? \*

- ☐ Gimnázium
- ☐ Szakgimnázium
- ☐ Egyetem

Hányadik évfolyamra jársz? \*

Kiválasztás

Mi a legutóbbi félévi/év végi matematika átlagod? \*

Kiválasztás

Hogyan készülsz matematika órákra? \*

- ☐ Egyéni tanulással
- ☐ Csoportos tanulással
- ☐ Digitális eszközökkel
- ☐ Tankönyvek használatával

Milyen gyakran tanulsz online forrásokból? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Nagyon gyakran

Mennyire hasznosnak találod a csoportos tanulást? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem hasznos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Nagyon hasznos

Használtál-e már digitális tananyagot matematikából? \*

- ☐ Igen
- ☐ Nem

Milyen funkciókat tartanál hasznosnak egy adaptív e-tanulási platformon? \*

- ☐ Vizuális magyarázatok
- ☐ Személyre szabott visszajelzés
- ☐ Interaktív feladatok
- ☐ Videós tananyagok
- ☐ Egyéb: \_\_\_\_\_



Mennyire tartod fontosnak a személyre szabott tananyagot? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem fontos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Nagyon fontos

Mennyire fontos számodra a vizuális magyarázat? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem fontos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Nagyon fontos

Szívesen használnál-e videós magyarázatokat tanulás közben? \*

- ☐ Igen
- ☐ Nem

Mi jelent számodra kihívást a számelmélet tanulásában? \*

- ☐ Képletek megtanulása
- ☐ Fogalmak megtanulása
- ☐ Feladatok megoldása
- ☐ Egyéb: \_\_\_\_\_

Melyik számelméleti területet találsz különösen nehéznek? \*

- ☐ Az euklideszi algoritmus
- ☐ A tökéletes számok
- ☐ A prímszámok
- ☐ A négyzetszámok
- ☐ Oszthatósági szabályok
- ☐ Lineáris diofantoszi egyenletek

Mennyire tartod fontosnak a rendszeres visszajelzést a tanulási folyamatban? \*

Egyáltalán nem fontos      1      2      3      4      5      Nagyon fontos

☐   ☐   ☐   ☐   ☐

Mennyire tartod fontosnak a személyre szabott visszajelzéseket? \*

Egyáltalán nem fontos      1      2      3      4      5      Nagyon fontos

☐   ☐   ☐   ☐   ☐

Milyen funkciókat tartanál még fontosnak egy tanulási platformon? \*

☐ Tapasztalati pontok

☐ Szintlépés

☐ Avatarak

☐ Egyéni tanulási utak

☐ Segítségek

☐ Jutalmak

☐ Közép- és emeltszintű feladatok

☐ Egyéb: \_\_\_\_\_

### 3. AES – Pedagógusi igényfelmérés (kérdőív)

## Adaptív elektronikus tanulási környezet bevalásvizsgálata a számelmélet speciális témaköreinek tanításában

### AES - Pedagógusi igényfelmérés

**Kedves Kollégák!**

Négyesi Péter vagyok, az Eszterházy Károly Katolikus Neveléstudományi Doktori Iskola hallgatója. Jelen kérdőív a disszertációmhoz kapcsolódó kutatást segíti. A kérdőív kitöltése anonim módon történik, és a válaszokat kizárólag kutatási célokra használom fel.

Kérdőívhez kapcsolódó kérdés, megjegyzés esetén [negyesi.peter@uni-eszterhazy.hu](mailto:negyesi.peter@uni-eszterhazy.hu) címen érnek el.

*Köszönettel,*

*Négyesi Péter*

**\* Kötelező kérdés**

Mi a neme? \*

- ☐ Férfi
- ☐ Nő
- ☐ Nem szeretném megadni

Hány éves Ön? \*

Kiválasztás

Melyik iskolatípusban tanít? \*

- ☐ Gimnázium
- ☐ Szakgimnázium
- ☐ Egyetem

Hány éve tanít matematikát? \*

Kiválasztás

Milyen tanulási módszereket alkalmaz leggyakrabban? \*

- ☐ Egyéni feladatmegoldás
- ☐ Csoportos munka
- ☐ Digitális taneszközök használata
- ☐ Projektalapú oktatás
- ☐ Frontális tanítás

Milyen szerepet játszik a csoportos munka a tanítási módszerben? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem fontos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Nagyon fontos

Milyen gyakran használja a tankönyveket az órákon? \*

	1	2	3	4	5	
Soha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mindig

Mennyire tartja fontosnak a tanórák előkészítésére fordított idő? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem fontos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Nagyon fontos

Tapasztalt-e változásokat a diákok motivációjában az elmúlt években? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Teljes mértékben

Használt már digitális taneszközöket az oktatás során? \*

☐ Igen

☐ Nem

Ha igen, milyen típusú digitális taneszközöket használt? \*

- ☐ E-könyv
- ☐ Digitális lexikon
- ☐ Digitális tananyag
- ☐ Digitális oktatójáték
- ☐ Tartalom-menedzsment rendszer
- ☐ Kommunikációs platform oktatási célra
- ☐ Egyéb: \_\_\_\_\_

Mennyire érzi hatékonynak a jelenleg elérhető digitális tananyagokat? \*

Egyáltalán nem      1      2      3      4      5      Teljes mértékben

☐   ☐   ☐   ☐   ☐

Milyen nehézségeket tapasztalt a digitális taneszközök használata során? \*

Saját válasz \_\_\_\_\_

Fontosnak tartja-e az adaptív rendszerek használatát az oktatásban? \*

Egyáltalán nem fontos      1      2      3      4      5      Nagyon fontos

☐   ☐   ☐   ☐   ☐

Mely funkciókat tartaná különösen hasznosnak egy adaptív tanulási platformon? \*

- ☐ Automatikus értékelés
- ☐ Személyre szabott tananyag
- ☐ Vizualizált adatok
- ☐ Tanulási statisztikák
- ☐ Egyéni fejlődési jelentések
- ☐ Egyéb: \_\_\_\_\_

Hogyan segíthetne egy adaptív tanulási rendszer a tanórák hatékonyságának növelésében? \*

Saját válasz \_\_\_\_\_

Milyen fő kihívásokkal találkozik a számelmélet tanítása során? \*

- ☐ Motiváció fenntartása
- ☐ Differenciálás
- ☐ Kritikus gondolkodás fejlesztése
- ☐ Logikus gondolkodás fejlesztése
- ☐ Problémamegoldó képesség fejlesztése
- ☐ Egyéb: \_\_\_\_\_

Hogyan változtatott a tanítási módszerein az elmúlt évek során? \*

Saját válasz \_\_\_\_\_



#### 4. AES – Kimeneti attitűdvizsgálat (tanulói)

### Adaptív elektronikus tanulási környezet bevéálásvizsgálata a számelmélet speciális témaköreinek tanításában

## AES - Kimeneti Attitűdvizsgálat (Tanulói)

**Kedves Diákok és Hallgatók!**

Négyesi Péter vagyok, az Eszterházy Károly Katolikus Neveléstudományi Doktori Iskola hallgatója. Jelen kérdőív a disszertációmhoz kapcsolódó kutatást segíti. A kérdőív kitöltése anonim módon történik, és a válaszokat kizárólag kutatási célokra használom fel.

Kérdőívhez kapcsolódó kérdés, megjegyzés esetén [negyesi.peter@uni-eszterhazy.hu](mailto:negyesi.peter@uni-eszterhazy.hu) címen érnek el.

*Köszönettel,*

*Négyesi Péter*

**\* Kötelező kérdés**

**Mi a nemed? \***

- ☐ Férfi
- ☐ Nő
- ☐ Nem szeretném megadni

Hány éves vagy? \*

Kiválasztás

Milyen középfokú vagy felsőfokú intézményben tanulsz? \*

- ☐ Gimnázium
- ☐ Szakgimnázium
- ☐ Egyetem

Hányadik évfolyamra jársz? \*

Kiválasztás

Mennyire voltak hasznosak a rendszer funkciói a tanulás során? \*

Egyáltalán nem hasznos      1      2      3      4      5      Nagyon hasznos

Mely funkciókat találtad a leghasznosabbnak? \*

Saját válasz

**Mennyire segítette a rendszer a számelméleti problémák megértését? \***

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem segítette

☐☐☐☐☐

Teljes mértékben segítette

**Használsz-e rendszeresen az adaptív tanulási környezetet? \***

☐

Igen

☐

Nem

**Mennyire voltál elégedett a megoldásokhoz nyújtott azonnali visszajelzésekkel? \***

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem

☐☐☐☐☐

Teljes mértékben

**N1: Megtanulható - Learnability \***

Milyen gyorsan tanulható meg a felület kezelése? Mennyire egyértelmű a feladatvégzés az adaptív tanulási rendszerben?

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem jellemző

☐☐☐☐☐

Teljes mértékben jellemző

### N2: Hatékony - Efficiency

\*

Milyen gyorsan vagy képes teljesíteni a feladatokat, megtalálni például a keresett kurzust stb?

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem jellemző

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Teljes mértékben jellemző

### N3: Megjegyezhető - Memorability

\*

Visszatérő látogatóként emlékszel-e arra, hogy hogyan kell hatékonyan használni a rendszert?

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem jellemző

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Teljes mértékben jellemző

### N4: Hibakezelés jósága - Error & Error Frequency

\*

Milyen gyakran hibázol a rendszer használata során? Mennyire jelentősek ezek a hibák? Mennyire könnyedén orvosolhatók ezek utólag?

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem jellemző

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Teljes mértékben jellemző

\*

A feladatvégzés befejezése után jóérzésed van-e az adaptív tanulási rendszerrel kapcsolatban?

Egyáltalán nem jellemző ○ ○ ○ ○ ○ Teljes mértékben jellemző

## 2 \*

Jelentősen csökkent ○ ○ ○ ○ ○ Jelentősen növekedett

**2 \***

Egyáltalán nem ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Jelentősen

● \*

Egyáltalán nem ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Jelentősen javult

**Mennyivel ment könnyebben a nehezebb témakörök megértése? \***

Egyáltalán nem      1      2      3      4      5      Teljes mértékben

**Hogyan változott az önbizalmod a rendszer használatával? \***

Jelentősen csökkent      1      2      3      4      5      Jelentősen növekedett

**Szívesen ajánlanád a rendszert diáktársaidnak? \***

☐ Igen  
☐ Nem

**Hogyan motivált téged a rendszer a tanulás során? \***

Saját válasz

**Milyen további funkciókat javasolnál a rendszerhez? \***

Saját válasz

## 5. AES - Kimeneti attitűdvizsgálat (pedagógusi)

Adaptív elektronikus tanulási környezet bevéálásvizsgálata  
a számelmélet speciális témaköreinek tanításában

### AES - Kimeneti Attitűdvizsgálat (Pedagógusi)

**Kedves Kollégák!**

Négyesi Péter vagyok, az Eszterházy Károly Katolikus Neveléstudományi Doktori Iskola hallgatója. Jelen kérdőív a disszertációmhoz kapcsolódó kutatást segíti. A kérdőív kitöltése anonim módon történik, és a válaszokat kizárólag kutatási célokra használom fel.

Kérdőívhez kapcsolódó kérdés, megjegyzés esetén [negyesi.peter@uni-eszterhazy.hu](mailto:negyesi.peter@uni-eszterhazy.hu) címen érnek el.

*Köszönettel,*

*Négyesi Péter*

**\* Kötelező kérdés**

**Mi a neme? \***

- ☐ Férfi
- ☐ Nő
- ☐ Nem szeretném megadni

Hány éves Ön? \*

Kiválasztás

Melyik iskolatípusban tanít? \*

- ☐ Gimnázium
- ☐ Szakgimnázium
- ☐ Egyetem

Hogyan értékeli a rendszer használhatóságát az órák során? \*

Nagyon bonyolult      1      2      3      4      5      Nagyon egyszerű

☐   ☐   ☐   ☐   ☐

Mennyire volt könnyen integrálható a rendszer a tanítási folyamatba? \*

Egyáltalán nem      1      2      3      4      5      Teljes mértékben

☐   ☐   ☐   ☐   ☐

Milyen kihívásokkal szembesült a rendszer használata során? \*

Saját válasz



**Mely funkciókat találta a leghasznosabbnak? \***

Saját válasz

**Használja-e továbbra is rendszeresen az adaptív tanulási környezetet a tanórákon? \***

☐ Igen

☐ Nem

**N1: Megtanulható - Learnability \***

Milyen gyorsan tanulható meg a felület kezelése? Mennyire egyértelmű a feladatvégzés az adaptív tanulási rendszerben?

Egyáltalán nem jellemző   1   2   3   4   5   Teljes mértékben jellemző

**N2: Hatékony - Efficiency \***

Milyen gyorsan képesek a diákok teljesíteni a feladatokat, megtalálni például a keresett kurzust stb?

Egyáltalán nem jellemző   1   2   3   4   5   Teljes mértékben jellemző

### N3: Megjegyezhető - Memorability

\*

Visszatérő látogatókként emlékeznek-e a diákok arra, hogy hogyan kell hatékonyan használni a rendszert?

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem jellemző

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Teljes mértékben jellemző

### N4: Hibakezelés jósága - Error & Error Frequency

\*

Milyen gyakran hibáznak a diákok a rendszer használata során? Mennyire jelentősek ezek a hibák? Mennyire könnyedén orvosolhatók ezek utólag?

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem jellemző

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Teljes mértékben jellemző

### N5: Elégedettség - Satisfaction

\*

A feladatvégzés befejezése után pozitív visszacsatolást kapott-e a diákok részéről az adaptív tanulási rendszerrel kapcsolatosan?

1 2 3 4 5

Egyáltalán nem jellemző

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Teljes mértékben jellemző

### Milyen változásokat tapasztalt a tanulók teljesítményében? \*

1 2 3 4 5

Jelentősen csökkent

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Jelentősen növekedett

Hogyan befolyásolta a rendszer a tanulók motivációját? \*

	1	2	3	4	5	
Jelentősen csökkent	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jelentősen növekedett

Tapasztalta-e a tanulók nagyobb érdeklődését a matematika iránt? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Teljes mértékben

Mennyire volt könnyen kezelhető a rendszer a diákok számára? \*

	1	2	3	4	5	
Egyáltalán nem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Teljes mértékben

Ajánlaná más pedagógusoknak a rendszert? \*

☐ Igen

☐ Nem

Milyen további fejlesztéseket tartana szükségesnek? \*

Saját válasz

