

Adaptív matematikaoktatás a mesterséges intelligencia korában

Négyesi Péter

„A nevelő feladata olyan választási szabadságot adni a gyerekeknek, hogy bárhogy is választ, igazán matematikát tanuljon.” (Dienes Zoltán Pál)

Bevezetés

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 készségét (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 (Chesani, Mello és Milano, 2017). Az IKT fogalma az elektronika, a szoftverek és a távközlési infrastruktúra technológiai konvergenciájaként alakult ki.

Elméleti háttér

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 (Bray és Tangney, 2017).

Az adaptív technológiával kapcsolatos tanulmányok vegyes eredményeket találtak a tanulmányi teljesítményt illetően, bár ez a kutatási terület még viszonylag új keletű (Civil és Bernier, 2006). Egyes tanulmányok szerint a tanulói motiváció is hatással van az adaptív tanulási technológiák eredményességére (Stephan és mtsai., 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 és Lay, 2017; Chen, Xie, Zou és Hwang, 2020; Yang, Ogata, Matsui és Chen, 2021; Chen és 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 és mtsai, 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, Means és Wetzel, 2016). A matematikaoktatást összetett és kihívást jelentő feladatként határozták meg, amelynek célja a tanulók problémamegoldó kompetenciájának fejlesztése (Booth és mtsai., 2016). Számos korábbi tanulmány számolt be arról, hogy a tanulók általában nehéznek érzik a matematikai feladatok megoldását, különösen azokét, amelyeket több lépésben kell megoldani (Förster, Weiser és Maur, 2018; Liu, McKelroy, Corliss és Carrigan, 2017). Ezért a kutatók különböző tanulási stratégiák és eszközök kidolgozására tettek kísérletet a tanulók matematikatanulási eredményeinek javítása érdekében (Yarnall, Means és Wetzel, 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, Govaerts, Verbert és Duval, 2012).

Időközben a mesterséges intelligencia fejlődése eszközt nyújtott e problémák kezelésére (Johnson és mtsai., 2016). A mesterséges intelligencia a számítástechnikai kutatások azon területét jelenti, amelynek célja olyan számítógépes rendszerek kifejlesztése, amelyek képesek olyan emberi intelligenciát igénylő feladatok elvégzésére, mint a vizuális és hangfelismerés, következtetés és döntéshozatal (Garrick, Pendergast és Geelan, 2017).

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 és Robb, 2016). Chen és Liu (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, valamint tanácsadó az oktatáspolitikai kialakításában (Lim és Chapman, 2015). Ami az intelligens oktató szerepét illeti, több kutató is bemutatta, hogy a mesterségesintelligencia-technológiákat a tanárok intelligenciájának szimulálására

használják, hogy személyre szabott útmutatást, visszajelzést vagy támogatást nyújtsanak az egyes tanulóknak a tanulási folyamat során. *Hwang és munkatársai (Ryan és Deci, 2017)* például egy adaptív tanulási rendszert fejlesztettek ki matematikakurzusokhoz, figyelembe véve az egyes tanulók kognitív és affektív teljesítményét.

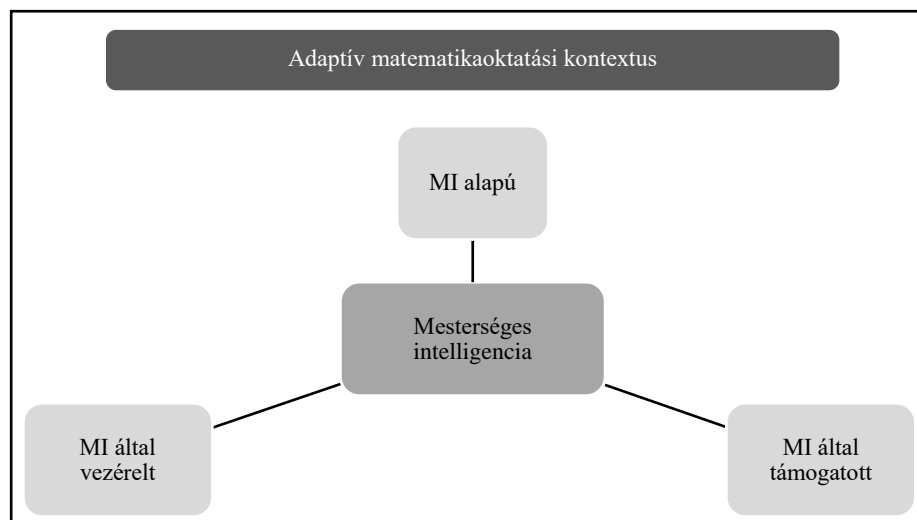
A kutatók arra is rámutattak, hogy a XXI. században az ismeretek átadása mellett fontos a tanulók magasabb rendű gondolkodásának, például a kérdésésnek, a kritikai gondolkodásnak, a problémamegoldásnak és a kreatív gondolkodásnak az elősegítése; a matematika ezen képességek alapja (*Schunk és Usher, 2012*). Számos korábbi tanulmány hangsúlyozta, hogy a matematikaoktatásban fontos támogatni a tanulókat abban, hogy megtanuljanak kritikusan gondolkodni, másokkal kommunikálni, problémákat megoldani és tudást konstruálni, miközben matematikai fogalmakat és módszereket is átadunk nekik (*Pantziara és Philippou, 2015; Yang, Lin és Hwang, 2019*).

Anyag és módszerek

Vizsgálatunkat az alábbi kutatási kérdések megválaszolása köré építettük:

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?

1. ábra: Fogalmi keretrendszer



Forrás: Ouyang és Jiao (2021) alapján saját szerkesztés

Tanulmányunkban *Ouyang és Jiao (2021)* elképzelését követjük fogalmi keretként az adaptív matematikaoktatás kontextusában (lásd 1. ábra).

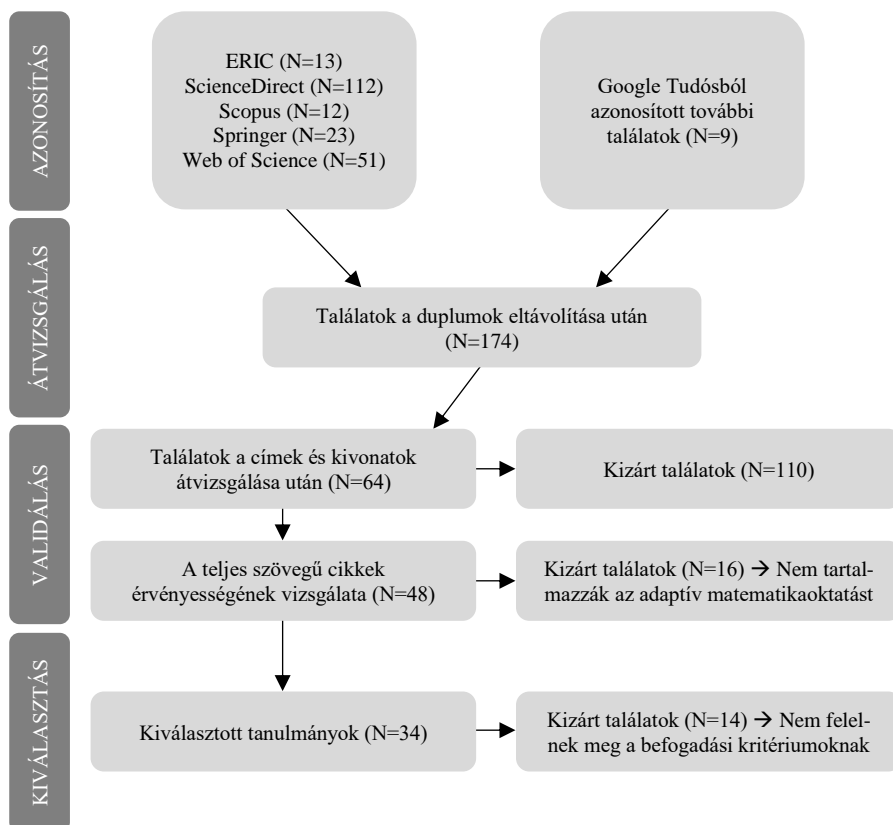
Kutatási kérdéseink megválaszolása érdekében átfogó szisztematikus szakirodalomelemzést végeztünk. Ez a tanulmány csak a 2017 és 2021 között megjelent folyóirat-kiadványokat vizsgálta; régebbi cikkeket nem vettünk figyelembe. Az összegyűjtött folyóiratcikkeket a szisztematikus áttekintések és metaanalízisek preferált jelentési elemei (*PRISMA*) megközelítéssel elemeztük. A *PRISMA* szabványosított, szakértői értékelésen alapuló módszertant hoz létre, amely útmutató ellenőrzőlistákat alkalmaz, hogy hozzájáruljon a felülvizsgálati folyamat minőségbiztosításához és megismételhetőségéhez (*Conde és mtsai., 2020*). A *PRISMA* négy lépésen alapul: azonosítás, átvizsgálás, validálás és kiválasztás. Ezt a technikát azért választottuk, mert segítséget nyújthat a fontos folyóirat-közlemények szintézisében. A *PRISMA*-irányelvek követésével pontos keresést tudunk 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 témánk alapján két fő keresőkifejezéssel álltunk elő: a mesterséges intelligencia és az adaptív matematikaoktatás. Kibővítettük keresési stratégiáinkat a lehető legtöbb potenciálisan releváns tanulmány feltárásához. 220 tanulmányt azonosítottunk, melyből kilenc más forrásból (*Google Tudós*) származik.

A kiválasztási folyamat (lásd 2. ábra) a *PRISMA*-elveket követte. E megközelítés során különböző befogadási és kizárási kritériumokat alkalmaztunk. A szakirodalom kiválasztásába nem vontunk be szisztematikus áttekintő cikkeket, könyveket, könyvfejezeteket vagy konferenciakiadványokat. A kizárólag angol nyelvű folyóiratcikkekre történő fókuszálásunk pedig kevésbé valószínűsítette, hogy bonyolult vagy bizonytalan fordításokra lenne szükség. Ezután az előző öt évben (2017 és 2021 között) megjelent cikkeket vizsgáltuk. Nem volt kizárás konkrét országokra vagy régiókra vonatkozóan.

Elutasítottuk (lásd 2. 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 átnéztük. Ezen a ponton 140 cikket utasítottunk el, mert nem magyarázzák el teljes mértékben a mesterséges intelligencia alkalmazását az adaptív matematikaoktatásban, vagy nem magyarázzák el és nem tekintik át egyértelműen a tanulmány konklúzióit. Ennek eredményeképpen az áttekintési folyamat végső szakaszában 34 cikk került kiválasztásra.

2. ábra: PRISMA-folyamatábra



Forrás: saját szerkesztés

Eredmények

Miután az összes azonosított forrásból valamennyi eredményt begyűjtöttük, a kiválasztási kritériumokat, például az idővonalat, a dokumentumtípust, a nyelvet és a tématerületet használtuk a kutatásunk szempontjából nem releváns cikkek kiszűrésére. A befogadandó és kizárandó 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 beszereztük.

A 2017 és 2021 között közzétett, mesterséges intelligenciával kapcsolatos tanulmányok (N=34) kerültek elemzésre. Az első kutatási kérdés az adaptív matematikaoktatásban alkalmazott mesterségesintelligencia-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, amely a 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 a 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 ez a tendencia (15%).

Diskusszió

Eredményeink azt mutatták, hogy a robotika volt a legnépszerűbb mesterségesintelligencia-megközelítés az adaptív matematikaoktatásban a többi megközelítés közül, amelyek a rendszerek, az eszközök, a tanítható ágens, az autonóm ágens és az átfogó megközelítés voltak. Az eredmény összhangban volt *Zhong és Xia (2020)* szisztematikus áttekintést végző tanulmányával, amely szerint a jövőbeni kutatásokban és a bizonyítékokon alapuló kutatások gyors fejlődésében rejlik lehetőség a matematikai tartalmi ismeretek robotikán keresztül történő tanítására és tanulására vonatkozóan. A kilenc, a robotikát a matematikaoktatásban

tárgyaló írás történetesen inkább pozitív hatást keltett, mint fordítva, ahogy *Seckel, Breda, Font és Vásquez* (2021) is arra a következtetésre jutott kutatásukból, hogy az általános iskolai tanároknak olyan elképzeléseik vannak, amelyek pozitív diszpozíciókkal járnak a robotok bevezetésével kapcsolatban a matematikaoktatásban.

Másrészt a mesterséges intelligencia átfogó megközelítése az adaptív matematikaoktatásban vélhetően pozitívan befolyásolja a tanulási folyamatot, akárcsak *Wu* (2021) kutatásának eredménye, amely arra a következtetésre jutott, hogy a mesterséges intelligenciával támogatott tanítás bevezetése rendkívül pozitív hatást gyakorol az alapvető matematikaoktatásra és -tanításra. Ez az állítás összhangban van *Zawacki-Richter, Marin, Bond és Gouverneur* (2019) szisztematikus áttekintésével, amely arra a következtetésre jut, hogy bár a mesterséges intelligencia képes a tanulásanalítika képességeinek fejlesztésére, azonban az ilyen rendszerek hatalmas mennyiségű adatot igényelnek, beleértve a hallgatók és a tanárok bizalmas adatait, ami komoly adatvédelmi kérdéseket vet fel. A jövőbeli kutatásoknak fontolóra kell venniük, hogy a robotika adaptív matematikaoktatásban történő alkalmazására összpontosítsanak.

A mesterséges intelligencia jelentős hatással lehet a diákok oktatási tapasztalataira azáltal, hogy elérhetőbbé teszi a releváns kurzusokat, fellendíti a tanár-diák kommunikációt, és több időt hagy a diákoknak az iskolán kívüli érdeklődésükre. *Wu* (2021) szerint az MI tanítása révén a diákok matematikai pontszámai körülbelül 30%-kal magasabbak, mint a hagyományos tanítási módszerek esetében.

Eredményeink 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 alkalmaztak, ami elősegítette az adatgyűjtési szisztéma megbízhatóságának növekedését.

Az MI-re vonatkozó megállapításaink 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 segítség nélküli osztályéval. Minél felkészültebbek és kényelmesebbek a robot használatával kapcsolatban, annál jobban meg tudják tervezni és képesek adaptálni a stratégiájukat a diákok által adott visszajelzések és

eredmények alapján. Ez lehetővé teszi a szükséges rugalmasságot ahhoz, hogy a tanulási stratégiákat az egyes tanulóra szabják, és felelőssé teszi őket saját tanulásukért.

Az eredmények azt mutatják, hogy a legtöbb korábbi tanulmányt az érdekelte, hogy a mesterséges intelligencia hogyan befolyásolhatja az adaptív matematikaoktatást. A mesterséges intelligencia egy kifinomult rendszer, amely számos jótékony hatással van az életünkre, különösen a matematikaoktatásra. Fontos annak bemutatása, hogy a technológia hogyan teszi lehetővé a matematika iránti figyelem és motiváció jelentős javulását, ami pedig biztosítja a képzési programok és a tanítási gyakorlatok javítását; ezáltal pozitív hatással lehetünk a diákok tanulására.

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. Azonban a mesterséges intelligencia használatának kezdetén a stratégiákat kell hangsúlyozni. A robotikai megoldás soha nem fog jelentős tanulási javulást eredményezni, ha nem társul hozzá a megfelelő stratégia (*Lopez-Caudana, Ramirez-Montoya, Martínez-Pérez és Rodríguez-Abitia, 2020*).

A matematikatanároknak fontolóra kell venniük az osztályterekben jellemzően nem látható innovatív eszközök, például a robotika használatát a matematikaoktatásban, mivel azon dolgoznak, hogy támogassák az érvelésre és az értelemalkotásra való összpontosítást, és kapcsolatot teremtsenek a gyermekek közösségi és kulturális tudásalapjaival (*Harper, Stumbo és Kim, 2021*). A matematikaoktatóknak többet kell felfedezniük a mesterséges intelligenciáról, hogy a technológiákat az órák során alkalmazni tudják. A tanárok programozási készsége az, amit a matematikatanár-képzésben és a tanárok továbbképzésében figyelembe kell venni (*Forsström és Afdal, 2020*). Ezért a tanároknak ismerniük kell a mesterséges intelligencia tanítás és tanulás során történő felhasználásának stratégiáit.

Ezenkívül az eredményeink rámutattak a mesterséges intelligencia tényezőire, szerepére és fogalmi megértésére is. A mesterséges intelligenciának megvan a maga szerepe az adaptív matematikaoktatásban. A hagyományos tanítási és tanulási módszerek, például az induktív tanulás és a vita fontos az egyén tudásának és készségeinek bővítéséhez. A mesterséges intelligencia használata a tanítási és tanulási folyamat során azonban interaktívabbá teszi a tanulási utat. Ezért a diákok jobban megértik a tanultakat, és élvezni fogják az órát. A mesterséges intelligencia tanórai alkalmazásának fő előnye, hogy a pedagógusok és a diákok kreatívabbá és innovatívabbá válnak. Ezek a készségek nagyon hasznosak lesznek a jövőben, mert az élet most a kifinomult technológiai élet felé halad. A pedagógusoknak jól kell érteniük a mesterséges intelligenciát, melynek segítségével könnyebb lesz átadni a tudást a diákoknak. A globális eredmények közül megállapítható, hogy a résztvevők olyan elképzelésekkel rendelkeznek, amelyek pozitív diszpozíciókat

vonnak maguk után a robotok bevezetésével kapcsolatban a matematika oktatásában (Seckel, Breda, Font és Vásquez, 2021).

Konklúzió

A mesterséges intelligencia az emberi intelligencia szimulációja, amelyet egy gépben modelleznek, és úgy programoznak, hogy úgy gondolkodjon, mint az emberek. Más szóval, az MI egy olyan számítógépes rendszer, amely képes elvégezni olyan feladatokat, amelyek megoldásához általában emberi erőforrásokra vagy emberi intelligenciára van szükség. A mesterséges intelligenciának tapasztalatra és adatokra van szüksége ahhoz, hogy intelligenciája zökkenőmentesen működhessen. 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 geometria, a matematika és a statisztika 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. Ebben a tanulmányban a 2017 és 2021 között megjelent 34 kutatási publikáció elemzésének eredményeit közöljük, amelyek azt vizsgálták, hogy a mesterséges intelligencia hogyan befolyásolhatja és javíthatja az adaptív matematikaoktatásban részesülő tanulók teljesítményét a tanítási és tanulási folyamat során. 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. Úgy tűnik azonban, hogy a tanulók, tanárok és oktatáskutatók számára mindezen megközelítések közül a robotika volt a leggyakrabban használt terület.

Alapvető fontosságú, hogy megismerjük a mesterséges intelligencia hatékonyságának mértékét az oktatásban. Így az MI a jövőben szélesebb körben alkalmazható, ha pozitív hatékonyságot hoz. Nem azt kell elvárunk, hogy a robotika legyen az elsődleges hatás a matematikai tanulásra, hanem azt, hogy az oktatók és a diákok teljes mértékben ki tudják aknázni a robotika oktatási lehetőségeit a matematikai ismeretek összpontosítása és fejlesztése érdekében. Ennek eredményeképpen a diákok munkaterhelését a matematikaórákon ronthatja a robotok által bevezetett „csábító részletek” hozzáadása, ugyanis a számos multifunkciós építőelem kipróbálásának vonzereje elvonhatja a figyelmet a fő feladatról. Összefoglalva, 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.

Minden tanulmány valamilyen módon korlátozott. A kutatási terv vagy technika behatárolt keretei miatt a vizsgálatnak lehetnek korlátai, amelyek befolyásolhatják az eredményeket. Bár ez az elemzés számos jelentős tendenciát és jövőbeli kutatási

célt azonosít a mesterséges intelligencia matematikaoktatásban történő alkalmazásával kapcsolatban, számos korlátot is tartalmaz. Az első, hogy csak korlátozott számú cikk áll rendelkezésre a kutatáshoz. Mivel a mesterséges intelligencia olyan téma, amelyet ritkán vizsgálnak a matematikaoktatásban, a kapott eredmények korlátozottak, így nehéz széles körű 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 nélkül tesz megállapításokat, hogy mélyreható magyarázatokat adna azok hátterére. Ezért a jelen áttekintés következtetései azon kevés számú egyéb kutatásra korlátozódtak, amelyek explicit magyarázattal szolgáltattak megállapításaikról. Amint korábban említettük, a mesterséges intelligenciával foglalkozó témakörök korlátozott számú tanulmányt tartalmaznak; ezért a különböző keresőmotorok alkalmazása következtében megjelenő duplikált cikkek figyelmen kívül hagyása csökkenti a releváns kutatások hozzáféréseinek esélyét. Végül az ebben a felülvizsgálatban vizsgált minden egyes cikk jelentős számú példát tartalmaz, amelyek közül választhatunk.

A tanulmányból több következtetés is született. *Wu* (2021) szerint a mesterséges intelligencia technológiájának alkalmazása az emberek mindennapi életének szinte összes területén megjelent, és erőteljes hatással volt a társadalom fejlődésére. A matematikaoktatás az egyik olyan aspektus, amely jól fejlődik az MI-vel. Ezenkívül a matematikaoktatásban alkalmazott MI-megközelítés javította a diákok tanulási élményét, mivel az alkalmazott módszer eltér a hagyományos tanítási és tanulási folyamattól, amely tollat és papírt alkalmaz. A diákok és a tanárok kreativitása is javulni fog, ha a tanítás és tanulás során a mesterséges intelligenciát, például a robotikát alkalmazzák. A tanárok által alkalmazott megfelelő megközelítés jelentősen növelni fogja a diákok lehetőségeit a tanult alkalmazására és megértésére. Ezért a tanároknak a tanítási és tanulási folyamatba be kellene vonniuk a mesterséges intelligenciát, hogy a tanulás élvezete mellett a tanulók jobban megértsék a tananyagot.

A mesterséges intelligencia oktatásban való további megértése és alkalmazása érdekében a jövőbeli kutatóknak további kutatásokat kell végezniük a mesterséges intelligencia oktatásban való alkalmazásának következményeiről és előnyeiről, különösen a tanulók kognitív készségeinek fejlesztése tekintetében. Ha a jövőben további tanulmányok bizonyítják majd a tanulásban kevésbé sikeres és sokszínű tanulói populációk esetében a mesterséges intelligencia sikerességét, az pozitív ösztönzőként fog szolgálni a tanárok számára, hogy beépítsék a mesterséges intelligenciát az osztálytermi oktatásba. A tanároknak bízniuk kell abban, hogy diákjaik képesek lesznek profitálni a mesterséges intelligencia alkalmazásából. Amint a pedagógusok látni fogják a diákok sikerét az osztálytermeikben, meggyőződéssel fogják folytatni a gépi intelligencia alapú tanulás bevezetését. Emellett a kutatóknak további kutatásokat kellene végezniük a mesterséges intelligenciával kapcsolatban, főként a matematikaoktatás területén, hogy a jelen

szisztematikus szakirodalomelemzés megállapításait szilárdabb bizonyítékokkal lehessen alátámasztani, mivel a mesterséges intelligencia tanulmányozása az adaptív matematikaoktatásban korlátozott. A korlátok miatt ez a felülvizsgálat nem tudta felmérni az MI alkalmazásának hatékonyságát a tanulók kognitív képességeire. Ezt a hiányosságot további kutatások orvosolhatnák, amelyek a mesterséges intelligencia tanulók memóriájára és gondolkodására gyakorolt hatását vizsgálnák. A tanulmány hatóköre a mesterséges intelligencia tanításra és tanulásra gyakorolt hatására és annak elterjedésére korlátozódott. A jövőbeli vizsgálatok az MI további aspektusait fogják elemezni, különösen a gépi tanulás és a tanításmélt közötti kapcsolatot. Mivel az elemzésbe bevont tanulmányok kizárólag folyóiratcikkekre összpontosítottak, a jövőbeli kutatásoknak meg kell fontolniuk a konferenciakiadványok és könyvek felhasználását az eredmények és a következtetések bővítése érdekében. Ezenkívül ezek a tanulmányok magas színvonalú publikációkat képviselnek, és a jövőbeni erőfeszítések más típusú publikációk, például könyvek és könyvfejezetek vizsgálatára is kiterjedhetnek.

Irodalom

- Acharya, B. R. (2017). *Factors affecting difficulties in learning mathematics by mathematics learners*. Int. J. Elem. Educ. **6**. 8–15.
- 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.
- Bray, A. és Tangney, B. (2017). *Technology usage in mathematics education research – A systematic review of recent trends*. Comput. Educ. **114**. 255–273.
- Chen, C. J. és 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. és 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. és 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., és Milano, M. (2017). *Solving mathematical puzzles: A challenging competition for AI*. Association for the Advancement of Artificial Intelligence. **38**. 3. 83–96.
- Civil, M. és Bernier, E. (2006). *Exploring images of parental participation in mathematics education: Challenges and possibilities*. Math. Think. Learn. **8**. 309–330.
- Conde, M. Á., Sedano, F. J. R., Fernández-Llamas, C., Gonçalves, J., Lima, J., és García-Peñalvo, F. J. (2020). *RoboSTEAM project systematic mapping: Challenge-based learning and robotics*. In: Cardoso, A; Alves, G.R. és Restivo, M.T. (szerk.) *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON2020)*. 214–221.
- Davadas, S. D. és Lay, Y. F. (2017). *Factors affecting students' attitude toward mathematics: A structural equation modeling approach*. Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ. **14**. 517–529.
- Felt, L. J. és Robb, M. B. (2016). *Technology Addiction: Concern, Controversy, and Finding Balance*. Common Sense Media. San Francisco, CA, USA.
- Forsström, S. E. és Afdal, G. (2020). *Learning mathematics through activities with robots*. Digital Experiences in Mathematics Education, **6**. 1. 30–50.

- Förster, M.; Weiser, C. és Maur, A. (2018). *How feedback provided by voluntary electronic quizzes affects learning outcomes of university students in large classes*. *Comput. Educ.* **121**. 100–114.
- Garrick, B.; Pendergast, D. és Geelan, D. (szerk.) (2017). Introduction to the philosophical arguments underpinning personalised education. In: *Theorising Personalised Education; Higher Education Edition*. Springer: Berlin/Hailderberg, Germany. 1–16.
- Harper, F., Stumbo, Z., és Kim, N. (2021). *When Robots invade the neighborhood: Learning to teach prek-5 mathematics leveraging both technology and community knowledge*. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, **21**. 1. 19–52.
- Johnson, L.; Adams Becker, S.; Cummins, M.; Estrada, V.; Freeman, A. és Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report*.
- Lim, S.Y. és 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. és Carrigan, J. (2017). *Investigating the effect of an adaptive learning intervention on students' learning*. *Educ. Technol. Res. Dev.* **65**. 1605–1625.
- Lopez-Caudana, E., Ramirez-Montoya, M. S., Martínez-Pérez, S., és Rodríguez-Abitia, G. (2020). *Using robotics to enhance active learning in mathematics: A multi-scenario study*. *Mathematics*, **8**. 12. 2163.
- Male, T. és Burden, K. (2014). *Access denied? Twenty-first-century technology in schools*. *Technol. Pedagog. Educ.* **23**. 423–437.
- Ouyang, F., és Jiao, P. (2021). *Artificial intelligence in education: The three paradigms*. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, **2**. 100020.
- 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.
- Ryan, R. M. és Deci, E. L. (2017). *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation Development and Wellness*. Guilford Press: New York, NY, USA.
- Santos, J. L.; Govaerts, S.; Verbert, K. és Duval, E. (2012). Goal-oriented visualizations of activity tracking: A case study with engineering students. In: Dawson, S. és Haythornthwaite, C. (szerk.) *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. Vancouver, BC, Canada. 143–152.
- Schunk, D. H. és 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.
- Seckel, M. J., Breda, A., Font, V., és Vásquez, C. (2021). *Primary school teachers' conceptions about the use of robotics in mathematics*. *Mathematics*, **9**. 3181.
- Stephan, M. L.; Chval, K. B.; Wanko, J. J.; Civil, M.; Fish, M. C.; Herbel-Eisenmann, B.; Konold, C. és Wilkerson, T. L. (2015). *Grand challenges and opportunities in mathematics education research*. *J. Res. Math. Educ.* **46**. 134–146.
- Voskoglou, M. G., és Salem, A.-B. M. (2020). *Benefits and limitations of the artificial with respect to the traditional learning of mathematics*. *Mathematics*, **8**. 4. 611.
- Wang, J.; Xie, H.; Wang, F. L.; Lee, L. K. és Au, O. T. S. (2021). *Top-n personalized recommendation with graph neural networks in MOOCs*. *Comput. Educ. Artif. Intell.* **2**. 100010.
- 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, Q. F.; Lin, C. J. és 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.
- Yang, J. H.; Ogata, H.; Matsui, T. és Chen, N. S. (2021). *Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible*. *Comput. Educ. Artif. Intell.* **2**. 100008.
- Yarnall, L.; Means, B. és Wetzell, T. (2016). *Lessons Learned from Early Implementations of Adaptive Courseware*. SRI International. Menlo Park, CA, USA.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., és Gouverneur, F. (2019). *Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?* *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, **16**.1. 1–27.
- Zhong, B., és Xia, L. (2020). *A systematic review on exploring the potential of educational robotics in mathematics education*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, **18**. 1. 79–101.