

Horváth László

egyetemi adjunktus

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Neveléstudományi Intézet

horvath.laszlo@ppk.elte.hu

Feltáró szakirodalmi áttekintés a mesterséges intelligencia oktatási használatáról

An exploratory literature review on the use of artificial intelligence in education

Abstract

Artificial Intelligence (AI) in education is not a new topic, but recent events and the media coverage have brought to the fore the potential of generative AI tools based on large language models (e.g. ChatGPT developed by OpenAI). It is likely that these effects are overestimated in the short term, but generally underestimated in the long term. However, there is no doubt that the field cannot remain unreflected from the perspectives of educational research and pedagogical practice. Recent articles have also shown that research on the use of AI in education is less critical of pedagogical challenges, has weak links to learning theory considerations and little knowledge is available on their pedagogical usability. This paper reflects on these shortcomings from an educational perspective. In order to address the problem, we first review the basic concepts relevant to an understanding of the topic, which are related to the field of artificial intelligence. We will review the emergence of AI in the field of education: how the topic appears in the discourse of educational sciences and how different AI solutions can be used in pedagogical practice. Based on this review, we present the challenges of implementing AI in pedagogical practice, mainly related to the competences of teachers (AI literacy) and the changing roles that are emerging as a result of these opportunities. To summarise the paper, we will review the main challenges and dilemmas to counterbalance the opportunities and build on this to formulate the key challenges and tasks ahead for the different stakeholders (policy, academic and practice communities) based on the literature review. The aim of our literature review is to position the topic in the discourse of educational science and to help lay the groundwork for the interdisciplinary collaborations needed to move forward.

Keywords: artificial intelligence, technology integration, literature review, challenges, educational sciences

Absztrakt

A mesterséges intelligencia (MI) az oktatásban nem újkeletű téma, azonban a közelmúlt eseményei és annak média-visszhangja az előtérbe helyezte a generatív, nagy nyelvi modelleken alapuló MI eszközök (pl. az OpenAI által fejlesztett ChatGPT) lehetőségeit. Véltetőleg ezeket a hatásokat rövidtávon túl-, hosszútávon azonban általában alábecsüljük. Az viszont kétségtelen, hogy a neveléstudományi kutatások, valamint a pedagógiai praxis szempontjából nem maradhat reflektálatlanul a terület. Friss kutatások is rámutattak arra, hogy az MI oktatási felhasználására irányuló kutatásokban kevésbé jelennek meg kritikai szempontok a pedagógiai kihívásokra, gyenge a kapcsolódás a tanuláselméleti megfontolásokhoz és kevés tudás áll rendelkezésünkre a pedagógiai felhasználhatóságukról is. Jelen tanulmány ezen hiányosságokra reflektál neveléstudományi szempontból. A felvetett problémához kötődően először áttekintjük azokat a téma megértése szempontjából fontos alapvető fogalmakat, amelyek a mesterséges intelligencia területéhez kapcsolódnak. Áttekintjük az MI megjelenését a neveléstudomány területén: hogyan jelenik meg a téma a neveléstudományi diskurzusban, illetve a pedagógiai gyakorlat szempontjából hogyan használhatóak a különböző MI megoldások. A feltárt helyzetkép alapján bemutatjuk az MI pedagógiai gyakorlatban való implementációjának kihívásait, elsősorban az oktatók kompetenciáihoz kapcsolódóan (MI műveltség), illetve a lehetőségek nyomán átalakuló szerepekhez kötődően. A tanulmány összegzéseként a lehetőségeket ellensúlyozandó, áttekintjük a legfontosabb kihívásokat, dilemmákat, majd erre építve megfogalmazzuk azokat az alapvető, előremutató feladatokat, amelyeket a különböző érintetteknek (szakpolitika, tudományos és gyakorlatközösség) a szakirodalmi áttekintés alapján megfogalmazhatunk. Szakirodalmi áttekintésünk célja, hogy pozícionálja a neveléstudományi diskurzusban a témát és elősegítse a további lépéshez szükséges interdiszciplináris együttműködések megalapozását.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, technológia integráció, szakirodalmi elemzés, kihívások, neveléstudomány

1. A mesterséges intelligencia problémaértelmezése az oktatás területén¹

Az oktatási rendszerek számtalan kihívással néznek szembe jelenünkben: mélyülő társadalmi-gazdasági különbségek, elöregedő társadalom, rugalmas munkavégzés elterjedése, változó családi szerkezetek, növekvő bizonytalanság a szinte végtelen mennyiségű rendelkezésre álló adatnak köszönhetően stb. (OECD, 2022). Talán az egyik legjelentősebb kihívás a digitális transzformáció jelensége, amely a digitális innovációkon keresztül „felforgatja” a korábbi értékrementési folyamatokat (SKOG ÉS MTSAL, 2018). Az oktatási rendszer alig ocsúdott fel a COVID-19 világjárvány kapcsán bevezetett digitális munkarend sokkjából, máris egy új felforgató újítással kell szembenéznie, amely a 2022 novemberében nyilvánosságra hozott, OpenAI által fejlesztett ChatGPT alkalmazáshoz kötődik. A mesterséges intelligencia (MI) nem újkeletű téma az oktatás területén sem, azonban a technológiai fejlődés, illetve a ChatGPT-t övező médianyilvánosság soha nem látott mértékben előtérbe helyezte a témát. A tanulmány célja, hogy egy rapid szakirodalmi áttekintés keretében bemutassa, milyen elméleti és empirikus megfontolások jelentek meg a tudományos kutatások keretében, ami a MI oktatásban való alkalmazási lehetőségeire irányul. A tanulmány elsősorban neveléstudományi perspektívából reflektál a MI fejlődésére, lehetőségeire és az oktatási gyakorlatban való használatára. A tanulmány egy, az oktatás digitális transzformációját vizsgáló átfogó kutatás keretében valósult meg².

A tanulmány első részében áttekintjük a MI fogalmát, illetve kibontjuk a bevezetőben felvázolt problémafelvetést. A második fejezetben a MI neveléstudományi, tanuláselméleti értelmezésére törekszünk, bemutatjuk az MI megjelenését a neveléstudományi diskurzusban, illetve kitérünk az MI oktatásban való gyakorlati alkalmazhatóságának lehetőségeire. Végül a harmadik fejezetben az MI oktatási implementációjának kihívásait tekintjük át, részletesen ismertetve az újítások nyomán átalakuló tanári szerepeket. A tanulmány összegzéseként bemutatjuk azokat a szakirodalomban is megjelent kihívásokat, előremutató feladatokat, amelyek a szakmai közösség előtt állnak az MI oktatási alkalmazásának átgondolása során.

1.1. A mesterséges intelligencia fogalmának definiálása

A téma szempontjából a legfontosabb fogalom, amit meg kell értenünk, az a *mesterséges intelligencia (artificial intelligence)*. Jelenünkben számos helyen találkozunk MI-vel, anélkül, hogy ennek feltétlenül tudatában lennénk (például MI alapon működnek a legnagyobb közösségi média platformok hirdetési algoritmusai, vagy éppen nyelvi ellenőrző és fordító programok stb). Nehéz a fogalom definiálása, hiszen magát az „intelligencia” fogalmát sem értjük még teljesen. Egyszerű megfogalmazásban az MI olyan ágenseket vizsgál és épít, amelyek „helyesen cselekednek” (do the right thing), tehát racionális ágensek (RUSSELL & NORVIG, 2020). Az, hogy mi számít helyes és racionális cselekedetnek, már komoly filozófiai kérdéseket vet fel. Mikor tekinthetünk egy gépet „intelligensnek”? Erre jó válasz lehet az, hogyha átmegy a (teljes) Turing teszten, vagyis képes természetes nyelvi feldolgozás segítségével megérteni az emberi nyelvet és ilyen formában képes kifejezni magát, továbbá emlékszik egy beszélgetésen

¹ Jelen tanulmány a Magyar Tudományos Akadémia Pedagógiai Tudományos Bizottság Digitális Pedagógiai Albizottságának nyilvános ülésén (2023. április 13.) elhangzott előadás alapján készült. Az előadás meghallgatható az albizottság Youtube-csatornáján: <https://www.youtube.com/watch?v=6AOoiuJEQpI>

² A kutatás a PD-134206 számú projekt keretében, a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs alaphoz biztosított támogatással, az OTKA-PD pályázati program finanszírozásában valósult meg. A kutatás honlapja: <https://bit.ly/3oBpsgv>

belül a korábban elhangzott elemekre (tudás reprezentáció), képes információkat kombinálva logikusan érvelni (automatizált érvelés) és képes tanulni (gépi tanulás), vagyis képes a cselekedetei alapján felmérni a szükséges és adaptív viselkedésváltozást. Ezt kiegészíthetjük még a számítógépes érzékelés kritériumával (képes legyen „látni”, vagyis ne csak szövegeket/hangokat, de képi és egyéb anyagokat is képes legyen feldolgozni), illetve robotikai elemekkel, amely által már a fizikai térben is megjelenhet (RUSSELL & NORVIG, 2020).

A mesterséges intelligencia azonban nem feltétlenül azt jelenti, hogy a gép képes a megtévesztésig hasonló módon utánózni az emberi intelligenciát, hiszen bizonyos területeken sokkal nagyobb kapacitásokkal rendelkezik és más folyamatokra is képes. Nem véletlen, hogy a fogalom definiálására az Európai Unió egy magas-szintű bizottságot hozott létre. A bizottság munkája alapján egy, az MI-t operatívabban is leíró fogalom született. Erre a megfontolásra építünk ebben a tanulmányban is.

„A mesterséges intelligencia (AI) rendszerek olyan, emberek által tervezett szoftveres (vagy hardveres) rendszerek, amelyek fizikai vagy digitális dimenzióban cselekednek egy összetett cél alapján. Ennek során adatgyűjtés révén érzékelik környezetüket, értelmezik az összegyűjtött strukturált vagy strukturálatlan adatokat, érvelnek az ezekből az adatokból származó tudás alapján, vagy feldolgozzák az információkat, és döntenek az adott cél eléréséhez szükséges legjobb cselekvés(ek)ről. A mesterséges intelligencia rendszerek képesek adaptálni a viselkedésüket azáltal, hogy elemzik, hogyan befolyásolják a környezetet a korábbi cselekvéseik.” (HIGH-LEVEL EXPERT GROUP ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 2019:6; Fordítás: [deepl.com](https://www.deepl.com))

Láthatjuk, hogy a bevezetett fogalmakban több olyan kifejezés is szerepel, amely a neveléstudomány területéhez tartozik, ezért jogosan merül fel annak az igénye, hogy a két terület közötti pábeszéd támogatására értelmezzük neveléstudományi szempontból a felmerülő fogalmakat, illetve megvizsgáljuk, hogy a neveléstudományi megközelítés hogyan gazdagíthatja az MI matematikai és statisztikai modelleken, algoritmusokon alapuló tanulási mechanizmusait.

1.2. Problémafelvetés

A MI és az oktatás kapcsolata a nemzetközi szakpolitikai térben is kiemelt figyelmet kap. Ahogyan a Qingdao Nyilatkozat (UNESCO, 2015) felhívja a figyelmet az info-kommunikációs technológiák (IKT) alkalmazásának szükségességére a minőségi és inkluzív oktatás érdekében (4. fenntartható fejlődési célhoz kapcsolódóan), úgy a Bejिंगi Konszenzus (UNESCO, 2019) megerősítve ezt a felvetést, kifejezetten a MI használatára fókuszál.

A tudományos diskurzusban sem újkeletű a téma (DU BOULAY, 2022), hiszen már 1991-ben is megfogalmazta Garito (1991), hogy egyre inkább elterjed az MI használata az oktatásban és ez megváltoztatja a tanár-diák interakció minőségét. A területhez kapcsolódóan nemzetközi tudományos közösség működik 1997 óta (International Artificial Intelligence in Education Society – IAIED³), amely konferenciákat szervez, illetve tudományos folyóiratot is működtet (International Journal of Artificial Intelligence in Education⁴) a Springer Kiadó gondozásában (Scimago 2022-es adatai alapján Q1-es folyóirat a neveléstudomány területén). A téma beágyazódását az is mutatja, hogy szakkifejezés és rövidítés is elterjedt a terület megnevezésére: *Artificial Intelligence in Education – AIED*.

³ A társaság honlapja: <https://iaied.org/>

⁴ A folyóirat honlapja: <https://www.springer.com/journal/40593>

Számos tanulmányban olvashatunk (túlzó) optimista elvárásokat, amelyek olyan utópisztikus (vagy éppen disztópikus?) képet festenek, ahol az MI képes teljes mértékben helyettesíteni a pedagógusokat (GUILHERME, 2019) és ezzel megoldhatóvá válik a globális tanárihiány (EDWARDS & CHEOK, 2018). A pozitív megközelítésekben a tanulás-tanítás potenciális forradalmát (FLOREA & RADU, 2019), az oktatás minőségének javítását (MONDAL, 2019) emeli ki. Chaudhri és munkatársai (2013) már 2013-ban azt állították, hogy a MI alapú oktatási rendszerek már vannak olyan hatékonyak mint egy emberi tutor.

Mérsékelt hangok azt fogalmazzák meg, hogy az adaptív tanulási rendszerek még nem tudják helyettesíteni a tapasztalt tanárokat (KOLCHENKO, 2018), az embereknek előnyük van elsősorban a tanítási módszerek és a társas befolyás területén (VINICHENKO ÉS MTSAL, 2020), illetve, hogy a gépi rendszerek nem képesek a testi jelenlétet, az érték közvetítést helyettesíteni (FELIX, 2020).

Bár láthatjuk a rohamos, exponenciális fejlődést a területen, talán mégis érdemes a végtől visszalépve egy mérsékelt álláspontot megfogalmazni. A MI kapcsán valószínűleg még a Gartner-féle hype-ciklus (új technológiák életciklusát reprezentáló görbe) elején járunk, de általánosságban megfogalmazható, hogy míg rövidtávon általában túlbecsüljük, addig hosszútávon inkább alábecsüljük egy adott technológia hatását és lehetőségeit. Éppen ezért, egyetértve Reiss (2021) felvetésével, úgy gondolkodunk az MI-ről, mint ami potenciálisan gazdagíthatja a tanulók tanulását és kiegészítheti az (emberi) tanárok munkáját, azáltal, hogy nélkülözni kellene őket. Ez egyfajta hozzáadott értéket teremthet az oktatás területén, ha felelősségteljesen használjuk ezeket a lehetőségeket (SELWYN, 2022).

Ha a neveléstudomány szempontjából közelítjük meg a témát, akkor a szakirodalmi áttekintésekben számos kritika jelenik meg. A különböző írások elsősorban az MI oktatási alkalmazására való kritikai reflexiót, a kockázatok és a kihívások áttekintését hiányolják. Több szerző is felhívja arra a figyelmet, hogy a területet érintő tanulmányok jelentős része csak gyengén kapcsolódik pedagógiai elméleti megfontolásokhoz és gyakran kiforratlan pedagógiai alapokra épülnek. A legtöbb MI oktatási szerepére vonatkozó tanulmány az MI rendszer fejlesztésére fókuszál és kevésbé veszi figyelembe a pedagógusokat és tanulókat mint aktív szereplőket (CHICHEKIAN & BENTEUX, 2022; GONZÁLEZ-CALATAYUD ÉS MTSAL, 2021; ZAWACKI-RICHTER ÉS MTSAL, 2019). A megfogalmazott kritikák alapján érdemes ránézni, hogy a neveléstudományi diskurzusban hogyan jelennek meg az MI oktatási alkalmazására vonatkozó kutatások.

2. A mesterséges intelligencia az oktatás területén

2.1. A mesterséges intelligencia megjelenése a neveléstudományi diskurzusban

Bearman és munkatársai (2022) két csoportba sorolja az MI oktatási alkalmazására vonatkozó szakirodalomban megjelenő diskurzusokat. Az egyik értelmezés szerint az MI egy elkerülhetetlen változást jelent az oktatási szektor számára, amelyhez a rendszernek, intézményeknek és érintetteknek alkalmazkodnia kell. Az MI átalakítja az oktatási folyamatokat, amelyhez változásra kényszeríti a szereplőket. A másik megközelítés szerint az MI megváltoztatja a tradicionális hatalmi dinamikákat és a tanári szerep decentralizálásával szétosztja a különböző feladatokat és felelősségi köröket a tanárok, diákok, gépek/szoftverek és egyéb szereplők között. Az első megközelítés (kényszerítő változás) az oktatási szektort reaktív szerepben tünteti fel, amely jogos kritika lehet a változások exponenciális jellegére való tekintettel. Bár nehéz

utolérni a különböző technikai újításokat, de a folyamatos változáshoz való alkalmazkodás előtérbe helyezheti a rugalmas és organikus szervezeti struktúrákat és a szervezeti és munkahelyi tanulási folyamatokat, amelyek alapvetően a tanulószervezeti viselkedésben testesülnek meg (HORVÁTH, 2022; LÉNÁRD ÉS MTSAL., 2022). A második megközelítés a pedagógus professzió átalakulását vetíti előre, illetve kiemeli vezetés szempontból a delegálás és a felhatalmazás fontosságát a kihívásokkal való megküzdés keretében (LÉNÁRD ÉS MTSAL., 2020).

A különböző megközelítések mellett érdemes azt is megnézni, hogy tanuláselméleti szempontból hogyan tekintenek az MI alkalmazására, illetve milyen tanuláselméleti megfontolások jelenhetnek meg az MI oktatási alkalmazása során. Hof (2021) szerint a konstruktivizmus és az oktatástechnológia már a 20. század közepétől összekapcsolódott, Apiola és Sutinen (2020) is amellett tesz le a voksukat, hogy az MI rendszereket konstruktivista alapon kell fejleszteni. Egy másik megközelítésben Kop és Hill (2008) a konnektivizmust emelik ki, mint lehetséges tanuláselméleti megközelítés a digitális korban. Ezt erősíti meg Downes (2020), hiszen az aktuális kutatási eredmények (pl. mesterséges neurális hálózatok) alátámasztják a konnektivizmus feltevéseit (ALDAHDOUH, 2017).

Khalil és munkatársai (2022) egy határterülethez, a tanulási analitikához (*learning analytic*), kapcsolódóan elemezték, hogy milyen tanuláselméletek jelennek meg az egyes cikkekben. Elemzésük alapján egyértelműen az önirányított tanulás (*self-directed learning*) elmélete jelent meg dominánsan, de említhetjük még a kognitív terhelés (*cognitive load theory*) és a konstruktivizmus elméletét is.

A következőkben részletesen is áttekintjük a különböző tanulmányok alapján, hogy milyen oktatási felhasználási lehetőségei merültek fel a mesterséges intelligencia megoldásoknak.

2.2. MI alkalmazási lehetőségei az oktatásban

Guan és munkatársai (2020) két szakaszt különítenek el történeti áttekintésük során. Az első szakaszban (2000-2009) elsősorban a pedagógiai tervezésre és az online tanulás implementálására fókuszáltak az MI megoldások: tanulói teljesítmény bejósolása, online tanulási stílusok azonosítása, intelligens tutoráló rendszerek, interaktív tanulási környezetek és mobil tanulási megoldások. A második szakaszban (2010-2019) a tanulási eredmények kerültek előtérbe, kialakultak tanulói profilozási modellek és felerősödött a tanulás analitika használata. Mindezek mellett megjelentek a kiterjesztett és virtuális valóság osztálytermi alkalmazásának lehetőségei is.

Áttekintve a területet érintő kutatásokat, számos további felhasználási lehetőséget azonosíthatunk. A szakirodalomban domináns az MI felhasználási lehetősége a *tanulás személyre szabása* területén. Malik és munkatársai (2019) kifejezetten a tanulási élmény (*learning experience*) személyre szabásáról beszélnek cikkükben, amely előtérbe helyezi a motiváció kérdéskörét és előrevetíti a gamifikáció lehetőségeinek a felhasználását is. Képzeljünk el egy olyan történelemórát, ahol a diákok a character.ai⁵ által generált (természetes nyelvi feldolgozással és nagy nyelvi modellel működtetett) történelmi személlyel folytatnak valós idejű szöveges vagy élő szavas párbeszédet. A személyre szabott tanulás egyik másik fontos motorja az adaptív tesztelés, amely támogatja az adaptív tanulási lehetőségek megteremtését (HUANG ÉS MTSAL., 2021).

A *pedagógiai tervezéshez* kapcsolódóan számos előnyökkel járhat az MI oktatásban való felhasználása, hiszen a rendelkezésre álló tanulói adatokból olyan összefüggéseket és mintázatokat ismerhet fel, amelyekre korábban nem volt lehetőség, ezeket az adatokat pedig fel lehet

⁵ A character.ai felülete elérhető: <https://beta.character.ai/>

használni a tananyagok kijelölése, a tanítási tevékenységek tervezése, illetve a differenciálás során (CELIK ÉS MTSAL., 2022).

A *pedagógiai értékelés* területén további felhasználási lehetőségeket is találunk a szakirodalomban. Bai és Stede (2022) a természetes nyelvi feldolgozás (*natural language processing*) a szöveges válaszok értékelési lehetőségeit vizsgálták. A technológia lehetővé teszi a valós idejű (LAMERAS & ARNAB, 2022), személyre szabott (KRSTIĆ ÉS MTSAL., 2022) és automatizált (CELIK ÉS MTSAL., 2022) visszajelzést. A mesterséges intelligencia megoldások segítségével hatékonyabban be tudjuk jósolni a tanári teljesítményt és visszajelzést tudunk adni a tanítás hatékonyságáról (CELIK ÉS MTSAL., 2022).

Mindezek jól hasznosíthatók a *tanulási analitika és a gépi tanulás* területén is. Algoritmusok segítségével egyre pontosabban és megbízhatóbban előrejelezhető a lemorzsolódási kockázat (FAHD ÉS MTSAL., 2022). Namoun és Alshantqi (2021) kutatásai során pedig a tanulási eredmények tanulási aktivitás és emocionális adatok alapján történő bejósolására hívták fel a figyelmet.

A személyre szabott tanulás, értékelés, tanulási analitika területén elért eredmények jól becsatornázódnak az *intelligens tutoráló rendszerek* fejlesztésébe. Malik és munkatársai (2019) előrevetítik a természetes nyelvi feldolgozás lehetőségeit az önreflexió támogatására, a mélyebb kérdések megválaszolására, az ellentmondó állítások kiszűrésére, a kreatív kérdésre és a döntéshozására.

További feltörekvő lehetőségként jelenik meg a *blokklánc* (blockchain) lehetőségeihez kapcsolódóan a digitális minősítés, (mikro)tanúsítványok, valós idejű szerződések és a tanulás időbélyegzésének lehetősége (CHAKA, 2023). Zhao és munkatársai (2023) pedig blokklánc technológián alapuló biztonságos és transzparens tanulói nyilvántartások rendszerét emelte ki.

Egyéb lehetőségek is megjelennek további szerzőknél, mint például a pályaaorientációban való felhasználási lehetőség (BULATHWELA ÉS MTSAL., 2021), tanítási módszerek kiválasztása és fejlesztése (VAZHAYIL ÉS MTSAL., 2019), vagy a menedzsment (GE & HU, 2020) területe.

Jól látható, hogy az MI felhasználása az oktatás számos területén és számos funkciójához kapcsolódóan lehetséges. Ennek kapcsán pedig számtalan pedagógiai, technológiai, etikai, jogi és egyéb kérdések merülhetnek fel, így a következő fejezetben az implementáció kihívásait tekintjük át.

3. A mesterséges intelligencia oktatási implementációjának kihívásai

Bármilyen újítás kapcsán elmondhatjuk, hogy annak oktatási intézményekben való implementációja komplex kérdés, amely magában foglal egyéni, szervezeti, technológiai és társadalmi szempontokat is. Bengel (2020), bár nem az oktatás területén, összefoglalja ezeket a tényezőket egy átfogó, a technológia elfogadás és használat egyesített elméletére (*unified theory of acceptance and use of technology – UTAUT*) épülő modelljében. Ezen a téren még kevés konkrét empirikus tapasztalat áll rendelkezésünkre, ezért itt csak két kiemelt tényezővel foglalkozunk: az egyéni nézőpont kapcsán a munkavállalók kompetenciájával (MI műveltség), illetve a szervezeti és társadalmi szint kapcsán az átalakuló tanári és MI oktatási szerepekkel.

3.1. *Mesterséges intelligencia műveltség*

Az MI műveltség (AI literacy) elengedhetetlen a pedagógiailag tudatos technológia integrációhoz (LUCKIN ÉS MTSAL., 2022). Long és Magerko (2020) megfogalmazásában az MI műveltség olyan kompetenciákat jelent, amelyek lehetővé teszik az egyén számára, hogy kritikailag értékelje, kommunikálja és hatékonyan együttműködjön az MI-vel annak érdekében, hogy hatékony eszközként tudja használni online, otthon és a munkahelyen. Ng és munkatársai (2021) a TPACK modell (*Technological, Pedagogical and Content Knowledge*) alapján közelítik meg az MI műveltség kérdéskörét. Ennek értelmében, ahhoz, hogy az MI hatékonyan integrálható legyen az osztálytermi tanulási-tanítási folyamatokban, a pedagógusok folyamatos szakmai fejlődésének támogatnia kell az MI technológia, pedagógiai és szaktárgyi értelmezését. A TPACK-alapú modellben a szerzők elkülönítik a technológiai tudást (hardver és szoftver, MI alkalmazások, gamifikáció), pedagógiai tudást (kutatás-alapú, projekt-alapú tanulás, konstruktivista tanulásemélet, történetmesélés) és szaktárgyi tudást (MI tudatosság, etika, érthető MI) (NG ÉS MTSAL., 2021).

Egy másik MI műveltség modellben Lamerás és Arnab (2022) az alábbi elemeket jeleníti meg amelyek az MI kompetens oktatási felhasználásához kötődnek:

- Digitális tartalom tervezése, fejlesztése és szolgáltatása
- Adatszerzés, információszerzési és adatetikai készségek megszerzése
- A digitális és tevékenység-vezérelt pedagógia alkalmazásával kapcsolatos készségek fejlesztése
- Az oktatásban használható MI-alkalmazások, -eszközök és -szoftverek elsajátítása
- Digitális kreativitási készségek, empátia és a "csináld magad" kultúra fejlesztése
- A digitális inklúzió, a diákok társadalmi felelősségvállalásának és tudatos adatkezelésének elősegítés

Az előbbi modell a technológiai, pedagógiai és szaktárgyi elemek integrált szemlélete miatt lehet érdekes, míg a második modell esetében megjelennek transzverzálisabban értelmezhető kompetencia-elemek, mint az adatgazdálkodás, etikai kérdések vagy az inklúzió. Ebből is látható, hogy az MI oktatási integrációja túlmutat egy egyszerű eszközhasználati kérdéskörön, annál jóval komplexebb kérdéskörrel van szó. A jövőben az MI pedagógiailag tudatos és transzparens használatára vonatkozóan vélhetően számos kutatási-fejlesztési projekt fog épülni. Az MI műveltség fejlesztése magával hozza a különböző szerepek átalakulását is, amelyekre a következő fejezetben térünk ki.

3.2. *Átalakuló szerepek*

Az átalakuló szerepek kapcsán a szakirodalomban két oldalról közelíthetünk. Egyrészt vizsgálhatjuk a pedagógusok átalakuló szerepét, másrészt pedig gondolhatunk az MI oktatásban betöltött szerepének az átalakulására is, hiszen a terület interdiszciplináris jellege miatt a kölcsönös oda-vissza hatások sem kizárhatók.

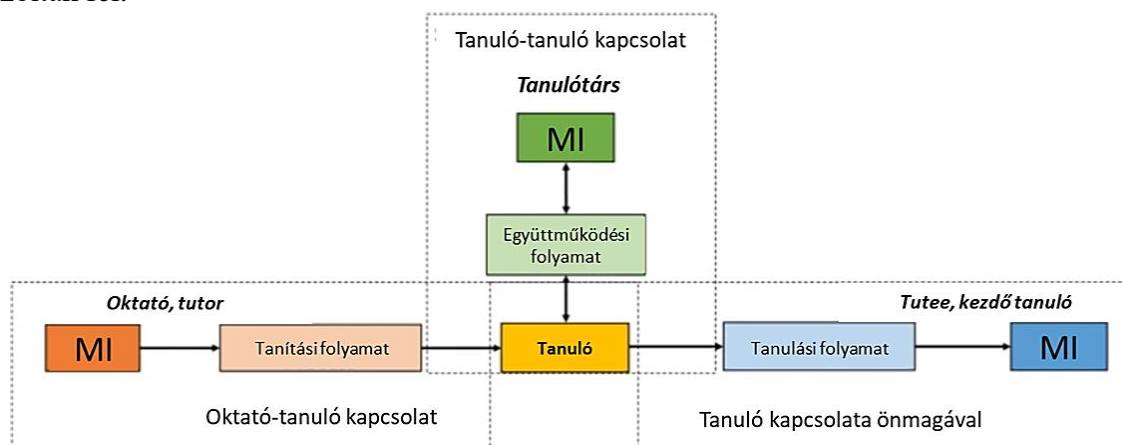
Daugherty és Wilson (2018) általános modelljében elkülöníti a kizárólag emberi tevékenységeket (amiben a technológia jelen állása szerint még egy ideig az emberek lesznek jobbak, pl. vezetés, empátia), a kizárólag gépi tevékenységeket (amelyekben egyértelműen a gépi kapacitás sokkal hatékonyabb mint az emberi munkavégzés, pl. bejósolás, iterálás), illetve megjelöli az úgynevezett hibrid tevékenységeket. A hibrid tevékenységek között szerepelnek azok a tevékenységek, ahol az emberek kiegészítik az okos gépeket. Itt az emberi szerep a gépek

kiképzésére, fenntartására irányul. Pedagógiai szempontból gondolhatunk itt a mesterséges intelligencia algoritmusok „betanítására”, adatbázisok feltöltésére. A hibrid tevékenységek másik oldala, amikor az okos gépek megnövelik és felerősítik az emberi kapacitást. Az oktatás területén gondoljunk például arra, amikor a mesterséges intelligencia által működtetett lemorzsolódási modell előrejelzi a lemorzsolódási kockázatot és az adott személyek esetén a pedagógus egyéni beavatkozást tervezhet meg. Ebből a modellből is jól látszik, hogy az MI oktatási szerepéről elsősorban egyfajta kiegészítésként, kiterjesztésként gondolkozhatunk. Reiss (2021) megfogalmazásában értelmezve az MI potenciálisan gazdagíthatja a tanulók tanulását és kiegészítheti az (emberi) tanárok munkáját, anélkül, hogy nélkülözni kellene őket.

Míndezek alapján Celik és munkatársai (2022) az alábbiakban foglalják össze az MI megoldások elterjedése kapcsán átalakuló tanári szerepeket, újonnan kialakuló tanári feladatokat:

- Forrásai és modelljei a hatékony tanításnak az MI tréningelése során
- Adatok biztosítása az MI számára (pl. saját szakmai fejlődésükről, tanulói adatok)
- Értékelési szempontok kialakítása, értékelések eredményének ellenőrzése
- Pedagógiai útmutatás a tananyagok kiválasztásában
- Technikai segítségnyújtás az MI használatában

A másik oldalról érdemes azt is megvizsgálni, hogy az MI milyen szerepeket tölthet be a tanulási-tanítási folyamat támogatásában. Xu és Ouyang (2022) az 1. ábrán látható szerepeket vázolták fel.



1. ábra

*Az MI lehetséges szerepei a tanulási-tanítási folyamat támogatásában
(Xu & Ouyang, 2022, 4203 o. alapján saját fordítás)*

A felvázolt modellben az MI három szerepben jelenik meg. Az első megközelítésben az MI direkt közvetítő szerepet tölt be az oktató és a tanuló között, elsősorban a tanítási folyamatot befolyásolva. Az MI feladata itt elsősorban a személyre szabott visszajelzésekben, a tanulói teljesítmény értékelésében és a tanulás tartalmának tanulói igényekhez igazításában ölt testet. A második szerepben az MI kiegészítő asszisztensként jelenik meg és elsősorban az együttműködési folyamatokra fókuszál. Ebben a szerepkörben az MI támogatja az oktatók és a tanulók munkáját, további erőforrásokat biztosít, támogatja az együttműködő tanulást és facilitálja a kommunikációt a tanulók között. A harmadik szerepkörben az MI kezdő tanulóként viselkedik és elsősorban a tanulási folyamatra van hatással. Ebben a megközelítésben a tanulónak kell tanítania a kezdő tanulóként viselkedő MI-t, ami megszilárdítja a tanulási eredményeket és fejleszti a tanulók énhatékonyságát (XU & OUYANG, 2022).

4. Diszkusszió

Jelen tanulmány keretében bemutatjuk azokat az elméleti és empirikus megfontolásokat, amelyek megjelentek az MI oktatásban való alkalmazási lehetőségeire vonatkozóan a neveléstudomány területén. A tanulmány első részében áttekintettük a legfontosabb fogalmakat és kibontottuk a problémafelvetést. A második fejezetben a MI neveléstudományi, tanuláseméleti értelmezésére törekedtünk, míg a harmadik fejezetben az MI oktatási implementációjának kihívásait tekintettük át. A tanulmány zárásaként összegezzük az áttekintésünk alapján felmerülő és a szakirodalomban is kiemelt kihívásokat, előremutató feladatokat, amelyek a pedagógiai gyakorlat és a neveléstudomány szakmai közössége előtt állnak az MI oktatási alkalmazásának átgondolása során.

4.1. Kihívások a mesterséges intelligencia oktatási alkalmazásának és kutatásának területén

A tanulmány eddig elsősorban a pozitív aspektusokat és a lehetőségeket emelte ki, de összegzésként fontos áttekintünk a jelenleg felmerülő, az implementációt akadályozó kihívásokat is. Bár jól látható, hogy exponenciálisan növekszik az a kapacitás és minőség, amit az MI megoldások segítségével megvalósíthatunk a pedagógiai gyakorlatban, fontos hangsúlyozni a jelenlegi funkcionalitások korlátait is. Ez elsősorban az algoritmusok megbízhatóságát, kapacitás kérdéseket, lassú és nem megfelelő visszajelzéseket jelent. Emellett az intézmények infrastrukturális hiányosságait is említhetjük, amely általánosan felmerül bármilyen oktatástechnológiai megoldás bevezetése kapcsán is. Ahogyan arra már utaltunk, az implementáció szempontjából nagy szerepet tölt be a pedagógusok kompetenciája, érdeklődése és attitűdje a téma kapcsán. A tanulmányok kiemelik a kompetenciahiányokat, az érdeklődés hiányát, illetve a negatív attitűdöket (pl. bizalmatlanság), amelyek többek között a kevés megfelelő továbbképzési és tanulási lehetőségekre vezethető vissza. Egy másik fontos tényező a technológiai kompetenciák hiánya mellett a pedagógiai felhasználhatóságról való tudás hiányosságai – jelen tanulmány erre a hiányosságra próbál reflektálni (CELIK ÉS MTSAL., 2022; CHIU ÉS MTSAL., 2023; SU & ZHONG, 2022).

A tanulmányok alapján az is jól látható, hogy jelenleg még sok hibával küzdenek az oktatás területén használható MI megoldások, hiszen ezek nem feltétlenül a tanulás-tanítás hatékonysága szempontjából kerültek megtervezésre. Ez felveti a kapcsolat hiányát az MI megoldások és a pedagógiai lehetőségek között. Az MI oktatási megoldásaiból általában hiányoznak az interdiszciplináris megközelítések. Ez elsősorban abban nyilvánul meg, hogy az oktatás területén még inkább „konzerv-megoldásokat” használnak a szereplők, az oktatás területe még nem érte utol az MI fejlődését. Az is jól látható, hogy a tanulástudomány (*learning science*) nézőpontjai még kevésbé épültek be az MI fejlesztésekbe. Az MI oktatási felhasználására irányuló kutatások terén a feldolgozott tanulmányok hiányolják a neveléstudományi perspektíva megjelenését, a társas-érzelmi szempontok beemelését (CELIK ÉS MTSAL., 2022; CHIU ÉS MTSAL., 2023; SU & ZHONG, 2022).

Összességében számos korlátot emelhetünk ki, ami a neveléstudomány és az MI területének hiányos kapcsolódását mutatja. Ezek a hiányosságok számos feladatot vetítenek előre a szakmai közösség számára, amelyeket a következőkben tekintünk át.

4.2. Előremutató feladatok a mesterséges intelligencia oktatási alkalmazásának területén

Bármilyen területen is vizsgáljuk az MI alkalmazási lehetőségeit, felmerülnek általános etikai, biztonsági, személyiségi-, szerzői- és tulajdonjogi kérdések. Ezekre részletesebben nem

térünk ki külön jelen tanulmány keretében, de hangsúlyozzuk ezek alapvető fontosságát (DU BOULAY, 2022; NIEMI, 2021; TAHIRU, 2021). Ennek alapján felvethető egy multidiszciplináris etikai keretrendszer fejlesztésének szükségessége az MI oktatási alkalmazására vonatkozóan (HOLMES & PORAYSKA-POMSTA, 2022), illetve egy jogi-alapú MI szakpolitika fejlesztés, amely az etikus és inkluzív oktatás megteremtésére fókuszál (KASINATHAN, 2020).

A tanulmány célja szempontjából relevánsabb áttekinteni azokat a pedagógiai és egyéni szakmai kérdéseket és kihívásokat, amelyek közvetlenül is befolyásolják és érintik a szakmai területet (értelemszerűen ezekhez is kötődnek etikai, biztonsági és jogi kérdések). Talán az egyik legfontosabb, már most is látható (illetve korábbi oktatástechnológiai fejlesztések kapcsán is előtérbe került) fejlesztendő terület az oktatás területén a kritikai gondolkodás képességének fejlesztése, kifejezetten, de nem kizárólag a nagy nyelvi modellek felelősségteljes és etikus használata érdekében (KASNECI ÉS MTSAL., 2023). Az MI megoldások megkönnyítik az élethű, hihető *deepfake* videók gyártását (3D élethű MI avatárok generálása, nagy nyelvi modellekkel szöveggenerálás és más megoldásokkal hangutánzó felolvasás), előtérbe kerül az álhírek elleni küzdelem vagy általában a hamis információk kiszűrése (lásd pl. a generatív modellek „hallucinálása”).

Mindezek alapján további feladatként emelhető ki olyan, ember-gép együttműködést orientáló (nevelés)filozófiai megközelítések kialakítása, amelyek támogatják a fenti dilemmák kezelését (WANG, 2020). Továbbá szükséges lenne olyan együttműködések megvalósítása is, amely képes valós tanulói modelleket és pedagógiai kontextust beemelni az MI rendszerek továbbfejlesztése érdekében (KOLCHENKO, 2018). Mindez megerősíti a további kutatások szükségességét, gyakorlatilag minden kapcsolódó részterületen (GONZÁLEZ-CALATAYUD ÉS MTSAL., 2021; ZAWACKI-RICHTER ÉS MTSAL., 2019), illetve az interdiszciplináris együttműködések szükségességét a felmerülő komplex problémák megértéséhez (CHIU ÉS MTSAL., 2023; RIENTIES ÉS MTSAL., 2020; SPERLING ÉS MTSAL., 2022), kiemelve a pedagógiai keretrendszerek és a tanulástudomány eredményeinek beépítését (HOLSTEIN ÉS MTSAL., 2019).

Irodalom

- AlDahdouh, A. (2017). Does Artificial Neural Network Support Connectivism's Assumptions? *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 13(3), 3–26.
- Apiola, M.-V., & Sutinen, E. (2020). Towards Constructivist Design of Artificial Intelligence: Perspectives and Ideas. *Constructivist Foundations*, 16(1), Article 1.
- Bai, X., & Stede, M. (2022). A Survey of Current Machine Learning Approaches to Student Free-Text Evaluation for Intelligent Tutoring. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00323-0>
- Bearman, M., Ryan, J., & Ajjawi, R. (2022). Discourses of artificial intelligence in higher education: A critical literature review. *Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00937-2>
- Bengel, D. (2020). *Organizational Acceptance of Artificial Intelligence: Identification of AI Acceptance Factors Tailored to the German Financial Services Sector*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-30794-3>
- Bulathwela, S., Pérez-Ortiz, M., Holloway, C., & Shawe-Taylor, J. (2021). *Could AI Democratise Education? Socio-Technical Imaginaries of an EdTech Revolution* (arXiv:2112.02034). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.02034>
- Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Järvelä, S. (2022). The Promises and Challenges of Artificial Intelligence for Teachers: A Systematic Review of Research. *TechTrends*, 66(4), 616–630. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>
- Chaka, C. (2023). Fourth industrial revolution—A review of applications, prospects, and challenges for artificial intelligence, robotics and blockchain in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 18. <https://rptel.apsce.net/index.php/RPTEL/article/view/2023-18002>

- Chaudhri, V. K., Lane, H. C., Gunning, D., & Roschelle, J. (2013). Intelligent Learning Technologies: Applications of Artificial Intelligence to Contemporary and Emerging Educational Challenges. *AI Magazine*, 34(3), Article 3. <https://doi.org/10.1609/aimag.v34i3.2482>
- Chichekian, T., & Benteux, B. (2022). The potential of learning with (and not from) artificial intelligence in education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2022.903051>
- Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- Daugherty, P. R., & Wilson, H. J. (2018). *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*. Harvard Business Review Press.
- Downes, S. (2020). Recent Work in Connectivism. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 22(2), 113–132. <https://doi.org/10.2478/eurodl-2019-0014>
- du Boulay, B. (2022). Artificial intelligence in education and ethics. In O. Zawacki-Richter & I. Jung (Szerk.), *Handbook of Open, Distance and Digital Education* (o. 1–16). Springer.
- Edwards, B. I., & Cheok, A. D. (2018). Why Not Robot Teachers: Artificial Intelligence for Addressing Teacher Shortage. *Applied Artificial Intelligence*, 32(4), 345–360. <https://doi.org/10.1080/08839514.2018.1464286>
- Fahd, K., Venkatraman, S., Miah, S. J., & Ahmed, K. (2022). Application of machine learning in higher education to assess student academic performance, at-risk, and attrition: A meta-analysis of literature. *Education and Information Technologies*, 27(3), 3743–3775. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10741-7>
- Felix, C. V. (2020). The Role of the Teacher and AI in Education. In E. Sengupta, P. Blessinger, & M. S. Makhanya (Szerk.), *International Perspectives on the Role of Technology in Humanizing Higher Education* (Köt. 33, o. 33–48). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S2055-364120200000033003>
- Florea, A. M., & Radu, S. (2019). Artificial Intelligence and Education. *2019 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)*, 381–382. <https://doi.org/10.1109/CSCS.2019.00069>
- Garito, M. A. (1991). Artificial intelligence in education: Evolution of the teaching—learning relationship. *British Journal of Educational Technology*, 22(1), 41–47. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.1991.tb00050.x>
- Ge, Z., & Hu, Y. (2020). Innovative Application of Artificial Intelligence (AI) in the Management of Higher Education and Teaching. *Journal of Physics: Conference Series*, 1533(3), 032089. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1533/3/032089>
- González-Calatayud, V., Prendes-Espinosa, P., & Roig-Vila, R. (2021). Artificial Intelligence for Student Assessment: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 11(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/app11125467>
- Guan, C., Mou, J., & Jiang, Z. (2020). Artificial intelligence innovation in education: A twenty-year data-driven historical analysis. *International Journal of Innovation Studies*, 4(4), 134–147. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.09.001>
- Guilherme, A. (2019). AI and education: The importance of teacher and student relations. *AI & SOCIETY*, 34(1), 47–54. <https://doi.org/10.1007/s00146-017-0693-8>
- High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. (2019). *A definition of AI: Main capabilities and scientific disciplines*. European Commission. https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341
- Hof, B. (2021). The Turtle and the Mouse: How Constructivist Learning Theory Shaped Artificial Intelligence and Educational Technology in the 1960s. *History of Education*, 50(1), 93–111. <https://doi.org/10.1080/0046760X.2020.1826053>
- Holmes, W., & Porayska-Pomsta, K. (Szerk.). (2022). *The Ethics of Artificial Intelligence in Education* (1st edition). Routledge.
- Holstein, K., McLaren, B. M., & Alevén, V. (2019). Co-Designing a Real-Time Classroom Orchestration Tool to Support Teacher–AI Complementarity. *Journal of Learning Analytics*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.18608/jla.2019.62.3>
- Horváth, L. (2022). A tanulószervezet kontextus-adaptált modellje a magyar köznevelésben a pedagógusok munkahelyi elégedettségének függvényében. *Iskolakultúra*, 32(4), 48–69. <https://doi.org/10.14232/ISKKULT.2022.4.48>
- Huang, J., Saleh, S., & Liu, Y. (2021). A Review on Artificial Intelligence in Education. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 10(3), 206–217. <https://doi.org/10.36941/ajis-2021-0077>
- Joint Research Centre (European Commission), Samoilu, S., López Cobo, M., Delipetrev, B., Martínez-Plumed, F., Gómez, E., & De Prato, G. (2021). *AI watch, defining artificial intelligence 2.0: Towards an operational definition and taxonomy for the AI landscape*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/019901>
- Kasinathan, G. (2020). *Making AI Work in Indian Education* (SSRN Scholarly Paper Sz. 3873187). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3873187>
- Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer,

- M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). *ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education* [Preprint]. EdArXiv. <https://doi.org/10.35542/osf.io/5er8f>
- Khalil, M., Prinsloo, P., & Slade, S. (2022). The use and application of learning theory in learning analytics: A scoping review. *Journal of Computing in Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s12528-022-09340-3>
- Kolchenko, V. (2018). Can Modern AI replace teachers? Not so fast! *Artificial Intelligence and Adaptive Learning: Personalized Education in the AI age. HAPS Educator*, 22(3), 249–252. <https://doi.org/10.21692/haps.2018.032>
- Kop, R., & Hill, A. (2008). Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past? *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 9(3). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v9i3.523>
- Krstić, L., Aleksić, V., & Krstić, M. (2022). Artificial Intelligence in Education: A Review. In *9th International Scientific Conference Technics and Informatics in Education – TIE 2022* (o. 223–228). <https://doi.org/10.46793/tie22-223k/>
- Lameras, P., & Arnab, S. (2022). Power to the Teachers: An Exploratory Review on Artificial Intelligence in Education. *Information*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/info13010014>
- Lénárd S., Kovács I., Tóth-Pjeczka K., & Urbán K. (2020). A pedagógusok folyamatos szakmai fejlődését befolyásoló szervezeti tényezők. *Neveléstudomány*, 2020/1, 46–61. <https://doi.org/10.21549/NTNY.28.2020.1.3>
- Lénárd S., Szivák J., Tóth-Pjeczka K., Urbán K., & Horváth L. (2022). Tanulásszervezeti jellemzők és a pedagógusok tanulása a hazai köznevelési rendszerben. *Neveléstudomány*, 1, 37–52. <https://doi.org/10.21549/NTNY.36.2022.1.2>
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (o. 1–16). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Luckin, R., Cukurova, M., Kent, C., & du Boulay, B. (2022). Empowering educators to be AI-ready. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100076. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100076>
- Malik, G., Tayal, D. K., & Vij, S. (2019). An Analysis of the Role of Artificial Intelligence in Education and Teaching. In P. K. Sa, S. Bakshi, I. K. Hatzilygeroudis, & M. N. Sahoo (Szerk.), *Recent Findings in Intelligent Computing Techniques* (o. 407–417). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8639-7_42
- Mondal, K. (2019). A Synergy of Artificial Intelligence and Education in the 21st Century Classrooms. *2019 International Conference on Digitization (ICD)*. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Synergy-of-Artificial-Intelligence-and-Education-Mondal/fb9feb93c148698f6c321d036d438f878c956304>
- Namoun, A., & Alshantqi, A. (2021). Predicting Student Performance Using Data Mining and Learning Analytics Techniques: A Systematic Literature Review. *Applied Sciences*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/app11010237>
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
- Niemi, H. (2021). AI in learning: Preparing grounds for future learning. *Journal of Pacific Rim Psychology*, 15, 18344909211038104. <https://doi.org/10.1177/18344909211038105>
- OECD. (2022). *Trends Shaping Education 2022*. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/education/trends-shaping-education-2022_6ae8771a-en
- Reiss, M. J. (2021). The use of AI in education: Practicalities and ethical considerations. *London Review of Education*, 19. <https://doi.org/10.14324/LRE.19.1.05>
- Rienties, B., K hler Simonsen, H., & Herodotou, C. (2020). Defining the Boundaries Between Artificial Intelligence in Education, Computer-Supported Collaborative Learning, Educational Data Mining, and Learning Analytics: A Need for Coherence. *Frontiers in Education*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/educ.2020.00128>
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th edition). Pearson.
- Selwyn, N. (2022). The future of AI and education: Some cautionary notes. *European Journal of Education*, 57(4), 620–631. <https://doi.org/10.1111/ejed.12532>
- Skog, D. A., Wimelius, H., & Sandberg, J. (2018). Digital Disruption. *Business & Information Systems Engineering*, 60(5), 431–437. <https://doi.org/10.1007/s12599-018-0550-4>
- Sperling, K., Stenliden, L., Nissen, J., & Heintz, F. (2022). Still w(AI)ting for the automation of teaching: An exploration of machine learning in Swedish primary education using Actor-Network Theory. *European Journal of Education*, 57(4), 584–600. <https://doi.org/10.1111/ejed.12526>
- Su, J., & Zhong, Y. (2022). Artificial Intelligence (AI) in early childhood education: Curriculum design and future directions. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100072>
- Tahiru, F. (2021). AI in Education: A Systematic Literature Review. *Journal of Cases on Information Technology*, 23(1), 1–20. <https://doi.org/10.4018/JCIT.2021010101>

UNESCO. (2015). *Qingdao Declaration*. UNESCO. https://en.unesco.org/icted/sites/default/files/2019-04/37_qingdao_declaration.pdf

UNESCO. (2019). *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education. Outcome document of the International Conference on Artificial Intelligence and Education 'Planning education in the AI era: Lead the leap'*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>

Vazhayil, A., Shetty, R., Bhavani, R. R., & Akshay, N. (2019). Focusing on Teacher Education to Introduce AI in Schools: Perspectives and Illustrative Findings. *2019 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education (T4E)*, 71–77. <https://doi.org/10.1109/T4E.2019.00021>

Vinichenko, M. V., Rybakova, M. V., Vinogradova, M. V., Malyshev, M. A., & Maksimov, A. A. (2020). The Effect of Digital Economy and Artificial Intelligence on The Participants of The School Educational Process. *Propósitos y Representaciones*, e694–e694. <https://doi.org/10.20511/pyr2020.v8nSPE2.694>

Wang, L. (2020). Artificial Intelligence and Career Development of College Teachers: Challenge and Countermeasures. *Journal of Physics: Conference Series*, 1550(2), 022030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1550/2/022030>

Xu, W., & Ouyang, F. (2022). A systematic review of AI role in the educational system based on a proposed conceptual framework. *Education and Information Technologies*, 27(3), 4195–4223. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10774-y>

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & 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), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Zhao, M., Liu, W., Saif, A. N. M., Wang, B., Rupa, R. A., Islam, K. M. A., Rahman, S. M. M., Hafiz, N., Mostafa, R., & Rahman, M. A. (2023). Blockchain in Online Learning: A Systematic Review and Bibliographic Visualization. *Sustainability*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/su15021470>