

Toldi Lajos

A mesterséges intelligencia jelenlegi és jövőbeli szerepe az oktatásban

Összefoglaló

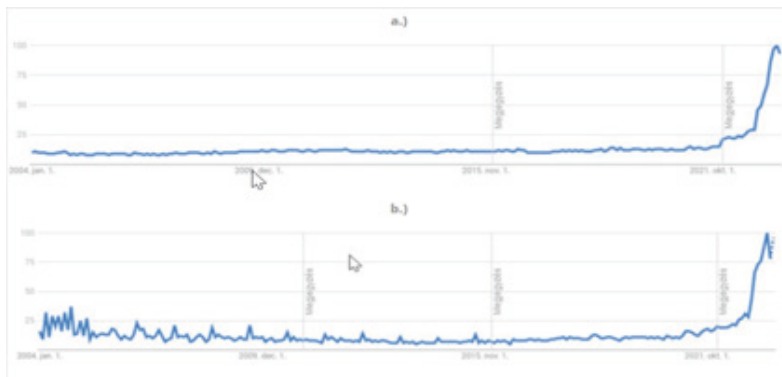
Az oktatás és a mesterséges intelligencia (*Artificial Intelligence*, AI) kapcsolatát vizsgálva cikkünk az AI jelenleg betöltött és potenciális jövőbeli szerepét elemzi. A mesterséges intelligencia alkalmazásának lehetőségeit és korlátait bemutatva a cikkben áttekintjük az intelligens tanítási rendszerek (*Intelligent Tutoring System*, ITS) főbb jellemvonásait, köztük azok adaptív képességeit, az automatizált értékelési és visszajelző lehetőségeket, valamint a mesterséges intelligencia hatását a pedagógusok munkájára és a pedagógiai módszerekre. A jövőbeli fejlődési irányok között kiemeljük a tanulói érzelmek gépi detektálásában és a tanulói egyéniség mélyebb értelmezésében rejlő további adaptációs lehetőségeket, de emellett fokozottan hangsúlyozzuk a már meglévő empirikus tapasztalatok tudományos feldolgozásának szükségességét is. A cikkben arra is rávilágítunk, hogy mindamelllett, hogy az ITS-ek előnyei nyilvánvalóak, proaktív pedagógiai beavatkozásra és folyamatos fejlesztésre van szükség annak érdekében, hogy ezek maximálisan kielégíthessék a korszerű oktatás igényeit. Belátjuk, hogy az AI alkalmazása óriási lehetőségeket rejt magában, és ahogy be is mutatjuk, ez máris számos pedagógiai előnnyel jár, meg kell azonban értenünk, hogy míg az ITS-ek erősségei között kiemelt helyen a nagy mennyiségű adat gyors feldolgozása, valamint az ismétlődő feladatok automatizálása áll, addig a tanárok olyan hagyományos emberi képességekben, mint amilyen az együttérzés, empátikus kommunikáció vagy a komplex problémák mélyebb megértése, jóval magasabb minőségben képesek a tanulók támogatására. Meglátásunk szerint tehát a jövőben a pedagógusi szerep továbbra is kulcsfontosságú marad, és a hatékony, sikeres oktatás olyan AI használatát igényli, amely az oktatás céljaival, módszertanával összhangban, a pedagógusokkal való szoros együttműködés, munkájuk támogatása céljából kerül kifejlesztésre. Mindezek alapján végső következtetésként arra jutunk, hogy a teljes mértékben automatizált oktatást biztosító ITS megalkotása helyett gyümölcsözőbb lehet hatékony tanár-ITS hibrid rendszerek kidolgozására, azok alkalmazására törekedni. Egy ilyen megközelítés révén pedig – mindkét fél erősségeit kihasználva – minden bizonnyal közelebb juthatunk az ideális oktatás megvalósításának céljához.

1. Bevezetés

1.1. Az AI fokozódó térhódítása és hatása

Az elmúlt évtizedekben a mesterséges intelligencia kutatása olyan hatalmas ütemben fejlődött, hogy az ebből táplálkozó technológiai vívmányok napjainkban már a társadalmi és gazdasági struktúrákra is egyre szélesebb körű hatást gyakorolnak.

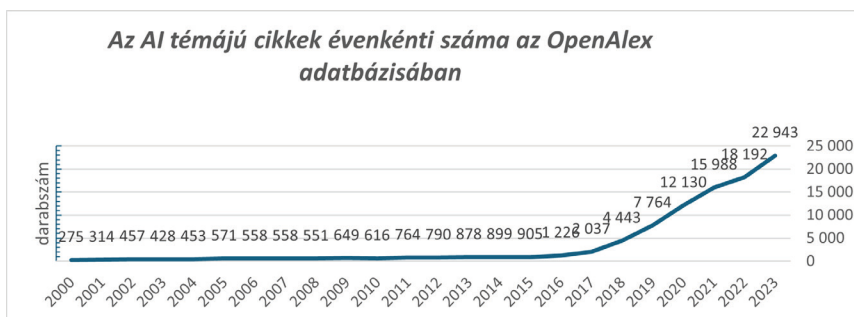
Az 1. ábrán látható grafikonok a téma iránti ugrásszerű érdeklődés alakulását mutatják világszerte, illetve Magyarországon.



1. ábra: Keresőszavak alapján, a „mesterséges intelligencia” mint témakör iránti érdeklődés időbeni változása 2004 óta: a.) világszerte, b.) Magyarországon.

(Forrás: <https://trends.google.com>)

Mindezt a berobbanást – ahogy erre már utaltunk – a tudományos közösség téma iránti érdeklődésének fokozódó élénkülése előzte meg és támasztotta alá, amit például a 2. ábrán is tetten érhetünk, ahol a 2000. évtől kezdődően az OpenAlex adatbázisban a mesterséges intelligenciával foglalkozó cikkek évenkénti számának alakulását láthatjuk.



2. ábra: Az OpenAlex adatbázisban a mesterséges intelligencia tárgyában hozzáférhető cikkek számának évenkénti alakulása 2000 és 2023 között. (Forrás: Saját ábra) (Megjegyzés: A 2023-as adat az első félév publikációi alapján becsült szám.)

AI-ról az Európai Parlament (EP, 2023) meghatározása szerint akkor beszélhetünk, ha egy adott rendszer az „érvelés, a tanulás, a tervezés és a kreativitás” terén az „emberhez hasonló képességekkel” rendelkezik. Tágabb értelmezések az AI kritériumait tekintve ezen képességek tetszőleges részhalmozásával is beérik, így jelölheti például olyan cselekvés kiválasztásának képességét, amely valamely teljesítménymutató maximalizálásához hatékonyan járul hozzá (Schuett, 2019).

Ezek a képességek az AI-t alkalmazó rendszerek számára azt a lehetőséget kínálják, hogy érzékeljék környezetüket, kiértékeljék azt, amit észlelnek, illetve szükség szerint problémákat oldjanak meg úgy, hogy a konkrét cél elérése érdekében szükséges beavatkozást megtervezzék, majd proaktívan végrehajtsák azokat, miközben sok esetben az elért eredmények utólagos kiértékelésével saját képességeik továbbfejlesztéséről is gondoskodnak.

A mesterséges intelligencia ilyenén térnyerése mára nem csupán technológiai fejlődést eredményez, hanem számos társadalmi változást is magában hordoz (Shubhendu & Vijay, 2013). A részben vagy egészében AI-képességekre épülő különféle alkalmazások széles körben válnak hétköznapivá, a különféle virtuális asszisztensektől kezdve a kereskedelmi és szórakoztatóipari személyre szabott ajánlórendszereken át akár az egyre nagyobb autonómiával rendelkező közlekedési, intelligens orvosi-diagnosztikai vagy éppen a legújabb generációs oktatástechnológiai eszközökig (Leal Filho et al., 2023).

Az AI közvetlen hatása az oktatásra tehát leginkább az oktatástechnológia fejlődésében érhető tetten. Az AI-technológiákon alapuló, adaptív tanulási rendszerek kialakításának lehetősége, a tanulási folyamat során az automatizált értékelési és visszajelzési megoldások megvalósítása, a digitális tutorok és asszisztensek megjelenése egyaránt elősegíthetik a tanulási folyamatok hatékonyságát, testreszabott tanulási utakat kínálhatnak, miközben – ahogy később látni fogjuk – számtalan módon képesek a tanárok munkáját is segíteni (Zawacki-Richter et al., 2019).

Az új technológia közvetett hatását pedig legmarkánsabban a tanulási célokban, az elsajátítandó készségekben és kompetenciákban tapasztalható változások jelzik. A 21. század gazdasága a diákoktól nemcsak a hagyományos alapkészségeket, hanem olyan új, úgynevezett „21. századi készségeket” is megkövetel már, mint például a digitális írástudás, a kritikai gondolkodás, a problémamegoldás vagy az együttműködés (Szűts, 2020).

Habár ezeket a közvetlen és közvetett hatásokat egyre több kutatás vizsgálja, a téma pedagógiai aspektusú átfogó tanulmányozása a – remélhetőleg minél közelebbi – jövő feladatai közé tartozik.

1.2. A tanulmány célja és megválaszolandó kérdései

Tanulmányunk ezen hatások áttekintő feltérképezésének céljával készült, azzal a szándékkal, hogy jelen keretek közt, az AI-nak a diákok tanulási folyamatára, a pedagógiai módszerekre, továbbá az oktatási intézményekre napjainkban gyakorolt és várható hosszabb távú hatását vizsgálatunk tárgyává téve, a magunk eszközeivel mi is

hozzájáruljunk az AI oktatási célú alkalmazásának tudományos diskurzusához, esetleges új perspektívákat mutatva főként a pedagógusok, de az oktatáspolitikusok számára is.

Munkánk során több kérdésre kerestünk választ annak érdekében, hogy segítségünkkel az AI hatásait, valamint újabb területekre kiterjedő alkalmazásának potenciális lehetőségeit minél több aspektusból tárgyalhassuk, nem megkerülve a téma kritikai vizsgálatát sem, ideértve akár a felmerülő etikai kérdéseknek, a technológiai egyenlőtlenségeknek vagy például az AI-vel támogatott tananyagfejlesztés minőségbiztosításának a problémakörét is.

A megválaszolandó kérdések a következők voltak:

1. Milyen jelenlegi AI-technológiák és alkalmazások léteznek, és milyen előnyöket és kihívásokat jelentenek ezek az alkalmazások?
2. Hogyan befolyásolja az AI az oktatás minőségét, a pedagógiai módszerek fejlődését és az oktatási intézmények szervezetét?
3. Milyen mértékben segítheti az AI a tanulók egyéni fejlődését és testreszabott tanulási utak kialakítását?
4. Hogyan támogathatja az AI a tanárok munkáját például az osztálytermi menedzsmentben, a tananyagfejlesztésben és a diákok értékelésében?
5. Milyen etikai és adatvédelmi kérdéseket vet fel az AI alkalmazása, és milyen irányelvek és szabályozások szükségesek az ilyen technológiák felelősségteljes használatához?
6. Hogyan alakíthatja át az AI az oktatás jövőjét, és milyen új lehetőségek nyílhatnak meg a technológia várható fejlődésével?

2. Mesterséges intelligencia és gépi tanulás

A mesterséges intelligencia kutatása mint tudományterület elsősorban a különféle számítógépes rendszereknek az emberi kognitív funkciókat – észlelés, tanulás, problémamegoldás, döntéshozatal, beszéd stb. – modellező algoritmusokkal történő felruházására összpontosít. A kutatások fő célja ekképpen nem más, mint a gépek, szoftverek olyan képességeinek fejlesztése, amelyek az adott alkalmazási területtől függően megkívánt mértékű önállóságot, autonóm működést biztosítani tudják.

Az AI kutatásának számos területe, aldiszciplínája létezik, ilyen például a gépi tanulás, a mélytanulás (*deep learning*), a természetes nyelvi feldolgozás (*natural language processing, NLP*) vagy a számítógépes látás (*machine vision*). Az egyes területek saját kutatási célokkal és technikákkal rendelkeznek, de autonóm intelligens rendszerek létrehozása mindannyiuk közös célja.

Az ML-rendszerek, algoritmusok a tanuláshoz meglévő, korábbi tapasztalatokból, azaz adatokból képesek mintázatokat, összefüggéseket felfedezni, majd ezeket

az ismereteket használják arra, hogy új helyzeteket, problémákat értelmezzenek, feladatokat hajtsanak végre. Az ML három fő típusa a felügyelt (*supervised learning*), a felügyelet nélküli (*unsupervised learning*) és a megerősítő tanulás (*reinforcement learning*).

A felügyelt tanulás során a gépi algoritmusok olyan adatokon dolgoznak, amelyek esetében már ismert a kívánt eredmény. A gép ezekből az adatokból ismeri fel, tanulja meg a sikeres mintákat, belső összefüggéseket, tendenciákat annak érdekében, hogy új, ismeretlen címkéjű adatokon ezt a tudást felhasználva minél nagyobb pontosságú predikciókra, előrejelzésekre legyen képes. Ezzel szemben a felügyelet nélküli tanulási algoritmusok jelöletlen adatokon dolgozva keresnek mintákat és tendenciákat, amelyeket később új, ismeretlen adatok csoportosításához, osztályozásához használhatnak fel.

A megerősítő gépi tanulás pedig egy olyan paradigmája a gépi tanulásnak, ahol az algoritmusnak nincsenek előre rögzített bemenetei vagy kimenetei, az a környezeti változásokra reagálva cselekvéseket hajt végre, majd ezek jóságát értékelve visszacsatolásként jutalmat vagy büntetést kap. A rendszer célja, hogy a legjobb döntési stratégiát megalkotva hosszú távon a kapott jutalmat maximalizálja, vagy ellentétes megközelítés esetén a büntetést minimalizálja.

A mesterséges neurális hálózat (*artificial neural network, ANN*) az AI egy olyan reprezentációja, amely a tanuláshoz az emberi agyban található idegrendszerre hasonlító hálózatot szimulál. A neurális hálózatok csomópontokból és kapcsolatokból állnak, minden csomóponthoz egy súlyértéket rendelnek, ami az adott logikai pont eredményes válasz kialakításában való részvételének mértékét jelöli. Egy neurális hálózatnak megerősítő gépi tanulási alkalmazása esetén (*back propagated reinforcement learning*) a betanulási folyamat ezen csomóponti súlyértékeknek az elvárt és kapott kimenetek közti különbség minimalizálására való törekvés jegyében végzett finomhangolását jelenti.

A mélytanulás a gépi tanulás egy speciális formája, amely során többrétegű, úgynevezett mély neurális hálózatokat használnak. A rétegszám növelése által ezek az algoritmusok elméletileg szinte korlátlan mennyiségű adat feldolgozására, összetett mintázatok felismerésére is képessé tehetőek. Az elmúlt években a mélytanulás számos áttörést ért el, alkalmazása képfelismerő, természetes nyelvfeldolgozó, beszédfelismerő rendszerek megjelenését, kommunális használatba vételét tette lehetővé.

A természetes nyelvi feldolgozás az emberi nyelvek számítógépes megértésének képességét kutatja. Az NLP-rendszerek fejlesztésének célja, hogy az ember és gép közötti interaktivitást azáltal tegyék lehetővé, hogy azok multimodálisan képesek értelmezni, generálni és reagálni is az emberi nyelvi kommunikációra.

Megállapíthatjuk tehát, az AI, az ML technológiái olyan új lehetőségeket nyitottak meg, amelyeknek az oktatásban betöltött szerepét és hatásait érdemes tovább vizsgálunk annak érdekében is, hogy megértsük, mindezek miként járulhatnak hozzá az oktatási folyamataink hatékonyságnöveléséhez, a 21. századi új elvárások kielégítéséhez szükséges megújításához.

3. A mesterséges intelligencia jelenlegi szerepe az oktatásban

3.1 Adaptív tanulási rendszerek

Az oktatás különböző területein, helyszínein az intelligens tanítási rendszerek (*Intelligent Tutoring System, ITS*) az 1970-es években kezdtek megjelenni. Ezek korai formái ugyan már „adaptív” tananyagokat kínáltak, de a kezdeti adaptivitás jórészt abban a formában létezett, hogy amennyiben a tanuló egy adott téma ellenőrző kérdéseire jó válaszokat adott, akkor a rendszer továbblépett a következő témára, míg ha nehézségekbe ütközött, a rendszer több gyakorlatot vagy további magyarázatokat biztosított. Adaptivitásról ezeknél a rendszereknél még csupán olyan értelemben beszélhetünk tehát, hogy azok a tanuló detektált teljesítményének függvényében képesek voltak az egyes tanulási útvonalak befolyásolására.

Ezzel szemben a mai modern ITS-ek már olyan kifinomult AI-technikákat használnak, amelyek egyre hatékonyabban alkalmazkodnak a tanuló **egyéni tudásszintjéhez** és gyakran a **tanulási stílusához** is, miközben ML-technológiák segítségével a várható tanulmányi teljesítményről készített predikciók alapján a tanulás optimalizálása érdekében proaktívan módosítják az egyéni tanulási útvonalakat. Számos tanulmány szerzője – például Orji & Vassileva, 2021 – van azon a véleményen, hogy az adaptivitás fokának ez a nagymértékű növekedése, a személyre szabott tanulási utak minél precízebb kialakítása meghatározó módon járulhat hozzá a diákok **motivációjának** növeléséhez is.

Az ITS-ek adaptivitásnövelésére tett kísérletek mindeközben további pedagógiai előnyökkel is járhatnak. Davidovic és társai (Davidovic et al., 2003) azt elemzik, hogy egy adaptív ITS milyen módon segíthet az **egyéni különbségek kezelésében**, ami különösen hasznos nagy létszámú osztályokban, vagy ahol a diákok különböző képességekkel és előzetes ismeretekkel rendelkeznek. Az adaptív tanulási rendszerek hozzájárulhatnak tehát az oktatás demokratizálásához is, mivel lehetővé teszik a személyre szabott oktatás – ami korábban csak a magánoktatásban vagy kiscsoportos oktatásban volt lehetséges – létszámkorlátok nélküli, szélesebb körű elérhetőségét.

Nem utolsósorban a **tanulási élmény** fokozása mellett az adaptív rendszerek – ahogy erről a következő alfejezetben is szó esik még – a **tanulók önbizalmát** is növelhetik azáltal, ha például az egyes tananyagok tárgyalási mélységét is az egyedi képességeikhez igazítják. Így pedig az erős önbizalommal rendelkező tanulók, mivel egyre inkább hisznek saját képességeikben, óhatatlanul motiváltabbak is lesznek, hogy aztán egyre nagyobb kihívásokkal nézzenek szembe (Bandura, 2008).

Az új generációs adaptív oktatási rendszerek alkalmazásának azonban vannak hátrányai is. A rendszerek bevezetése és üzemben tartása egyaránt költséges és technikailag összetett folyamat, miközben a fejlett technológia ellenére az olyan, pedagógiaiilag fontos területeken, mint például az érzelmi intelligencia és a komplex problémamegoldó képesség, az adaptív AI-rendszerek továbbra is korlátozott képességekkel bírnak.

3.2. Automatizált értékelés és visszajelzés

A modern intelligens tanulástámogató rendszerekben használt gépi tanulási algoritmusok a tanulói előrehaladás tanóra-, tanulási egység-szintű önellenőrzésére és annak automatikus kiértékelésére, valamint azonnali visszajelzésére alkalmas, beépített funkcionalitással is rendelkeznek.

Azonban ezeken a mikroszintű önellenőrzési lehetőségeken túl a globálisabb, tananyag- és tantárgyléptékű értékelési folyamatok már jóval komplexebb kihívásokat jelentenek az ITS-ek számára. Ezért az ezt megvalósítani kívánó algoritmusoknak olyan kvalitatív jellemzők adatait is magukban kell foglalniuk, mint a tanuló által a rendszerben végrehajtott műveletek sorrendisége, milyensége, azaz a tanuló rendszeren belüli interakcióinak előzményei, vagy a tanulónak az egyes tanulási egységekre, objektumokra vonatkozó eredményelőzményei, ezen belül például a nyitott ellenőrző kérdésekre adott válaszok tartalmi, a megoldott problémák szemantikai elemzése stb. Az értékelés eredménye alapján a rendszerek képessé tehetők mind az oktatók, mind a tanulók számára visszajelzést adni a mutatott teljesítményről, csakúgy, mint iránymegjelölést nyújtani a további munkára vonatkozóan.

A globális szintű értékelési funkciókkal bíró ITS-ek jellemzően már valamilyen felhasználói profilozási modell alapján működnek, aminek köszönhetően az egyéni fejlődés nyomon követése (is) megoldottá válik. A profilépítés során a minél pontosabb eredmény érdekében, az egyes tananyagok elsajátítására vonatkozó minőségi adatok mellett, ezek a rendszerek nagy mennyiségű, olyan területekre kiterjedő egyéb adatot is gyűjthetnek, mint a különböző tananyagokhoz való hozzáférések ténye, sorrendje és időpontja, a tanulók által a rendszerben (például a tananyag egyes elemeinek megismerésével, a tudáselmélyítést szolgáló ellenőrző kérdések megválaszolásával, adott feladatok, számonkérések, tesztek kitöltésével stb.) eltöltött időtartamok vagy a rendszer által kínált csatornákon végbement, különböző irányú tanulói interakciók mennyiségi és minőségi jellemzői.

A profilalkotás során a gyűjtött adatokból a rendszer, főként gépi tanulási és statisztikai módszerek segítségével képessé tehető a tanulók viselkedési mintáinak modellalapú azonosítására, csakúgy, mint következtetések levonására kompetenciáikra, képességeikre, készségeire vonatkozóan. Itt kell megjegyeznünk, hogy a profilban szereplő információk között a tanulói teljesítményre, a tanulási stílusra, a motiváció szintjére és más, a tanulói viselkedést meghatározó tényezőkre vonatkozó adatok is helyet kaphatnak.

Az így összegyűjtött érzékeny személyes adatok védelmének és biztonságának természetesen garantálása mellett az ITS-eknek az automatizált értékelési és visszajelzési funkcióikkal szemben támasztott olyan pedagógia elvárásoknak is meg kell felelniük, mint például az adott visszajelzések és meghozott döntések minőségének és hatékonyságának megfelelő szintű biztosítása. Ehhez az ITS-eknek a jövőben egyre inkább egy speciális mesterségesintelligencia-terület, a XAI (eXplainable Artificial Intelligence, magyarázható mesterséges intelligencia) módszertanát is segítségül kell majd hívniuk.

Megjegyzendő, hogy mivel a gépi tanulási modellek által generált tartalmak jelenleg még nem mindig tökéletesek, az ITS-ek üzemeltetése során bizonyos átfogó, összefoglaló jellegű visszajelzések esetében az üzenetek előzetes ellenőrzéséhez, szükség esetén korrekciójához pedagógusi közreműködésre minden esetben szükség mutatkozik.

3.3. Az AI hatása a tanárok munkájára és a pedagógiai módszerekre

Az alábbiakban bemutatásra kerülő, az ITS-ek vonatkozásában adódó pedagógusi feladatok mellett ezek a rendszerek az oktatók számára számos olyan előnyt is kínálnak, amelyek az oktatás hatékonyságának növeléséhez, az oktatók és a diákok közötti kommunikáció javításához vagy éppen a tanulók tanulási élményének javításához járulnak hozzá.

Az ITS-ek ma már gyakran lehetővé teszik például, hogy a tanárok nyomon kövessék és értékeljék a tanulók egyéni előrehaladását, azonosítsák azokat a területeket, ahol esetleg segísre van szükségük. A mai intelligens oktatási rendszereknek ugyancsak gyakori szolgáltatása a tanárok számára bizonyos olyan rutinfeladatok automatizálásának lehetősége, mint például a tanulók beadott feladatainak, dolgozatainak azonnali vagy előzetes formai és tartalmi értékelése.

Az ITS-ek fejlesztőinek marketingüzeneteiben felsorolt, tanárok számára biztosított előnyökre vonatkozó példákat még hosszan sorolhatnánk, de ezen rendszerek némelyikének a tananyagok készítésében és testreszabásában kínált lehetőségeit még mindenképpen érdemes kiemelni, mivel ezek a legújabb NLP-technikák alkalmazása révén már a szükséges magyarázatok, ellenőrző kérdések, válaszok előzetes generálására is fel lehetnek készítve.

Azonban itt újfent meg kell jegyeznünk, ezek a rendszerek távolról sem hibátlanok, így az esetek egy bizonyos százalékában előfordulhat, hogy a generált anyag hibás információkat vagy félrevezető magyarázatokat is tartalmazhat. Ezen túlmenően, ha a generált anyagok akár relevánsak és koherensek is, jelenleg még nem garantálható, hogy képesek megfelelni a kitűzött pedagógiai céloknak, mint például az aktív, a reflektív, önirányított tanulás támogatása vagy a tanulók egyéni igényeinek kielégítése.

Amellett tehát, hogy a fokozódó elvárásként jelentkező hatékonyságnövelés érdekében a jövőben a pedagógusoknak a tartalomgenerálást egyre inkább a pedagógiai stratégiáikba kell építeniük, a használatba venni kívánt, generált tartalmakat mindenképp ellenőrizniük és szükség szerint javítaniuk kell, biztosítva, hogy azok mentesek legyenek a hibás vagy félrevezető információktól, valamint kompatibilisek legyenek a tervezett pedagógiai célokkal és módszerekkel.

Ugyanennyire fontos marad az is, hogy a pedagógusok figyelembe vegyék a tanulók speciális egyéni igényeit és képességeit. Gondoljunk itt arra, hogy bár az ITS-ek képesek alkalmazkodni az egyes tanulók képességeihez és előrehaladásához, nehézségeik lehetnek a széles körű tanulói diverzitás, mint például a különböző szocioökonómiai

hátterekből, különböző kultúrákból származó tanulók vagy speciális oktatási igényű tanulók megértésében és támogatásában (Nye, 2015).

Továbbá, ahogy láthattuk, az ITS-ek már képesek ugyan egyéni tananyagot kínálni és a tanuló előrehaladását nyomon követni, de nem képesek ugyanúgy értelmezni és reagálni a tanulói viselkedésre, mint egy emberi pedagógus. A pedagógusok intuitív érzéssel rendelkeznek a tanulói motiváció, érdeklődés és érzelmek nem csupán észlelésére, de az arra való adekvát reflektálás tekintetében is, amit egy gép teljes mértékben nem képes utánozni.

4. A mesterséges intelligencia jövőbeli szerepe és lehetőségei az oktatásban

4.1. Az ITS-ek fejlődési iránya

A kirajzolódó tendenciák alapján, az intelligens oktatási rendszerek jövőbeni egyik fejlődési iránya – a tanulási élmény további fokozása mentén – nagy valószínűséggel a tanulók érzelmi állapotának minél tökéletesebb detektálása felé mutat. Egyfelől cél lehet, hogy amint a tanulói frusztráció halvány, de már detektálható első jelei megjelennek, az emberi oktatóhoz hasonlóan a rendszer maga is több segítséget és bátorítást adhasson a tanuló számára, míg a másik oldalról a tanuló flow-állapotának érzékelése esetén például a tananyag tárgyalási mélységét vagy részletezettségét fokozhatná (Peifer et al., 2022).

Az ehhez szükséges eszközök részlegesen már ma is rendelkezésre állnak olyan technológiák és érzékelők formájában, mint például a videokamerás arckifejezés-vizsgálatok, a figyelemfókusz-adatok gyűjtése és elemzése, a beszédfelismerő rendszerek, a különféle biometrikus mérőeszközök vagy azok a mozgásérzékelők, amelyek az egér vagy a kurzor mozgásának nyomon követésére alkalmasak. Ugyancsak egyre több helyen kerülhet alkalmazásra a nyelvi és tartalmi elemzés eszköztára is, ahol a tanulók írásbeli válaszainak vagy szóbeli kommunikációjának vizsgálatával válhat lehetővé a frusztrációra utaló kulcsszavak, kifejezések vagy nyelvi mintázatok azonosítása. Egyértelműnek látszik az is, hogy a jövő ITS-ei számára ezeknek a multimodális interakcióknak az elemzése a tanulók igényeinek még jobb kiszolgálását teszi majd lehetővé.

Annak érdekében, hogy még jobban illeszkedjenek a tanulók egyedi igényeihez és preferenciáihoz, az AI-vezérelt tanítási algoritmusoknak a várható továbbfejlődése ugyancsak prognosztizálható. Egy ilyen fejlesztési irány lehet például egy olyan algoritmus, amely a tanuló egyéni tanulási stílusának jelenleg is létező detektálását követően, ahhoz adaptívan képes majd igazodni, így a tananyag prezentációja során egy vizuális tanulási stílusú tanuló számára proaktívan, az adott tanulási objektumra vonatkozó ábrákat, diagramokat, grafikonokat generál, miközben egy hallás utáni tanulási stílus felismerése esetén beszélgetéseket kezdeményez, valamint a szóbeli magyarázatokat részesíti előnyben.

A jövő ITS-ének a tanárok számára is számtalan további ígérete van. Az ITS-ek által gyűjtött nagymennyiségű adat pedagógiai kiaknázása révén hamarosan az adatok real time elemzésének a korszakába léphetünk, aminek köszönhetően például adott üzemmódban azonnali értesítést igényelve a tanulási folyamatba a tanórákon megszo- kott módon történő, késlekedés nélküli, segítőkész beavatkozás lehetősége is biztosítva lesz.

A kollaboratív problémamegoldás – és általánosabban az együttműködés – egyre nagyobb figyelmet kap korunk pedagógiai témájú diszkurzusában mint olyan oktatási prioritás, amely a 21. század gazdaságában a hatékonyság, eredményesség és innováció szempontjából kritikus szociális, érzelmi és kognitív készségeket foglal magában. (Thornhill-Miller et al., 2023) A jövő intelligens oktatási rendszerei várhatóan új lehetőségeket kínálnak a kollaboratív tanulás támogatása terén is. Az egyik ilyen várakozás szerint olyan adaptív csoportosítási algoritmusok jelennek meg, amelyeket pedagógiai célú paraméterezéssel az oktatók a tanulók közötti együttműködés optimalizálására használhatnak fel azért, hogy az algoritmusok figyelembe veszik a tanulók tudását, készségeit, tanulási stílusait és preferenciáit is, ezáltal olyan csoportokat hozzanak létre, amelyekben a tagok egymást kiegészítve és egymástól tanulva hatékonyabban érhetik el a közös céljaikat.

A jövő intelligens oktatási rendszereitől a tanítási folyamat tervezésének és megvalósításának terén is fokozott támogatásra számíthatunk. Mindez várhatóan nemcsak az egyre kifinomultabb tananyagkészítési eszközöket, a gyakorló és számonkérő feladatgeneráló funkciókat, valamint az oktatási tervek és időbeosztások automatikus összeállítását foglalja magában, de adott esetben a szolgáltatások közé tartozik majd a felhasználó pedagógusok számára történő – például az ITS-ek mögött rejlő AI-megoldások működésének megértése érdekében generált – ismeretbővítő tananyagok és képzések biztosítása is, ami adaptívan segítheti a pedagógusokat a legújabb pedagógiai módszerek megismerésében, bevezetésében, ezáltal a tanítási készségeik fejlesztésében.

Az ITS-ek töretlen fejlődését vizionáló kutatók mellett akadnak olyan véleményformáló hangok is, akik szerint az ITS-ek jövője – az egyre teljesebb mértékben gépi intelligencia által vezérelt oktatási rendszerekre vonatkozó túlzott várakozásokból való kijózanodás jegyében – a jelen technológiák pedagógiai szempontú, minél hatékonyabb kihasználására irányuló empirikus és adatbányászati kutatások eredményeit tartogatja számunkra.

Ezen tudósok táborának egyik korai képviselőjeként Baker (Baker, 2016) már 2016-ban megfogalmazta azt a meglátását, hogy a sokoldalú, tanulói modelleket és élenjáró pedagógiai paradigmákat implementáló, komplex, a tanulási folyamatot menedzselő és abba hatékonyan beavatkozó ITS-ek fejlesztésére irányuló törekvések helyett – mivel azok túlzottan ambiciózusak, és megfelelően magas megbízhatósági elvárások mellett nehezen megvalósíthatók – a jövőt az ad hoc adatbányászat egyre kifinomultabb alkalmazása jelenti, ami jóval hatékonyabb lehet a tanulók tanulási

eredményeinek javításában, mint a mesterséges intelligencia alkalmazásának az eddig elértnél jelentősen magasabb szintre történő kiterjesztése.

5. Következtetések és további kutatások

A rendelkezésre álló szakirodalmi eredmények és a fenti elemzésünk alapján egyértelműen megállapítható, hogy a mesterséges intelligencia napjainkban is jelentős szerepet játszik már az oktatás területén, elsősorban az intelligens tanítási rendszerek fejlődése révén, és ez a szerepvállalás a jövőt illetően valószínű, hogy fokozódni fog. A technológia fejlettségének köszönhetően az ITS-ek képesek alkalmazkodni a diákok egyéni képességeihez és tanulási stílusaihoz, valamint proaktívan befolyásolni a tanulási utakat a tanulók iskolai teljesítményének optimalizálása érdekében.

A jövőbeni lehetséges fejlődési irányok közül kiemeltük az ITS-eknek az érzelmi állapotokra, valamint a különböző tanulási stílusokra való adaptív reagálási képességeinek finomítását, a tanulási élmény és ezáltal a tanulás hatékonyságának további fokozása érdekében. Ezenkívül úgy véljük, hogy a jövő intelligens oktatási rendszereinek hangsúlyosabb figyelmet kellene fordítaniuk a különböző tanulási helyzetekben alkalmazandó pedagógiai módszertanok implementálására, integrálására is. Ennek mentén jegyeztük meg azt is, hogy bár a jelenlegi ITS-ek ígéretes eredményeket mutatnak, több kihívással is szembe kell nézniük, mivel fejlett technikai jellegük ellenére a pedagógiai jógyakorlatok követését, az adekvát pedagógiai célok felismerését és támogatását az AI-rendszerek még csak korlátozottan képesek biztosítani.

Elvégzett feltáró kutatómunkánk egy másik végkövetkeztetéseként adódik az a véleményünk, hogy az ITS-rendszerek fejlődésében a továbblépés irányát olyan empirikus kutatások jelölhetik ki, amelyek ezeknek a rendszereknek a jobb megértésére és optimális alkalmazási lehetőségeire irányulnak ahelyett, hogy pusztán próbálnánk azokat még inkább mesterségessé és intelligenssé tenni. Ebből fakadóan és mindezek mentén a rendszerek fejlesztése során felmerülő technikai, pedagógiai és etikai kihívások kezelése mellett úgy véljük, nagy szükség van további kutatásokra az ITS-ek hatékony pedagógiai bevezetése, használatba vétele és napi használatban tartása terén is.

Továbbá ahhoz, hogy ezeket a rendszereket sikeresen ki tudjuk használni az oktatásban, megfelelő képzésekre és minősítésekre van szükség annak érdekében, hogy az oktatók komfortosan tudjanak velük együttműködni, és – például a XAI mint magyarázó, feltáró technológia segítségével – ellenőrizni tudják működésüket. A mesterséges intelligenciát alkalmazó oktatási rendszerek bevezetése tehát jelentős befektetést igényel nem csupán technológia terén, hanem a humán erőforrás fejlesztésében is.

Irodalom

- Baker, R. S. (2016). Stupid Tutoring Systems, Intelligent Humans. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 600–614. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0105-0>
- Bandura, A. (2008). Social Cognitive Theory. In W. Donsbach (Ed.), *The International Encyclopedia of Communication* (p. wbiecs053). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781405186407.wbiecs053>
- CEU. EAC_1. (2022). Etikai iránymutatások oktatók számára a mesterséges intelligencia (mi) és az adatok oktatási és tanulási célú felhasználásáról. (DOI: 10.2766/927496). Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/927496>
- Costa, A. C. F., De Mello Santos, V. H., & De Oliveira, O. J. (2021). Towards the revolution and democratization of education: A framework to overcome challenges and explore opportunities through Industry 4.0. *Informatics in Education*. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.01>
- Crompton, H., & Song, D. (2021). The Potential of Artificial Intelligence in Higher Education. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 62, 1–4. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n62a1>
- Davidovic, A., Warren, J., & Trichina, E. (2003). Learning benefits of structural example-based adaptive tutoring systems. *IEEE Transactions on Education*, 46(2), 241–251. <https://doi.org/10.1109/TE.2002.808240>
- Elkot, M. A. (2019). Embedding Adaptation Levels within Intelligent Tutoring Systems for Developing Programming Skills and Improving Learning Efficiency. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(12). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0101211>
- EP E. P. (2023). Mi az a mesterséges intelligencia és mire használják? <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20200827STO85804/mi-az-a-mesterseges-intelligencia-es-mire-hasznaljak>
- Greene, J. A., & Azevedo, R. (2007). A Theoretical Review of Winne and Hadwin's Model of Self-Regulated Learning: New Perspectives and Directions. *Review of Educational Research*, 77(3), 334–372. <https://doi.org/10.3102/00346543030303953>
- Holstein, K., Alevan, V., & Rummel, N. (2020). A Conceptual Framework for Human–AI Hybrid Adaptivity in Education. In I. I. Bittencourt, M. Cukurova, K. Muldner, R. Luckin, & E. Millán (Eds.), *Artificial Intelligence in Education* (Vol. 12163, pp. 240–254). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52237-7_20
- Kulik, C.-L. C., & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of Computer-Based Instruction: An Updated Analysis. *Computers in Human Behavior*, 7, 75–94.

- Leal Filho, W., Yang, P., Eustachio, J. H. P. P., Azul, A. M., Gellers, J. C., Gielczyk, A., Dinis, M. A. P., & Kozlova, V. (2023). Deploying digitalisation and artificial intelligence in sustainable development research. *Environment, Development and Sustainability*, 25(6), 4957–4988. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02252-3>
- Liu, M., Kang, J., Zou, W., Lee, H., Pan, Z., & Corliss, S. (2017). Using Data to Understand How to Better Design Adaptive Learning. *Technology, Knowledge and Learning*, 22(3), 271–298. <https://doi.org/10.1007/s10758-017-9326-z>
- Molenaar, I. (2022). Towards hybrid human-AI learning technologies. *European Journal of Education*, 57(4), 632–645. <https://doi.org/10.1111/ejed.12527>
- Molenaar, I., Horvers, A., & Baker, R. S. (2021). What can moment-by-moment learning curves tell about students' self-regulated learning? *Learning and Instruction*, 72, 101206. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.05.003>
- Narvekar, S., Peng, B., Leonetti, M., Sinapov, J., Taylor, M. E., & Stone, P. (2020). Curriculum Learning for Reinforcement Learning Domains: A Framework and Survey. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2003.04960>
- Ni, A., & Cheung, A. (2023). Understanding secondary students' continuance intention to adopt AI-powered intelligent tutoring system for English learning. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3191–3216. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11305-z>
- Nye, B. D. (2015). Intelligent Tutoring Systems by and for the Developing World: A Review of Trends and Approaches for Educational Technology in a Global Context. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25(2), 177–203. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0028-6>
- Orji, F. A., & Vassileva, J. (2021). Modelling and Quantifying Learner Motivation for Adaptive Systems: Current Insight and Future Perspectives. 79–92. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-77873-6>
- Panadero, E. (2017). A Review of Self-regulated Learning: Six Models and Four Directions for Research. *Frontiers in Psychology*, 8, 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
- Peifer, C., Wolters, G., Harmat, L., Heutte, J., Tan, J., Freire, T., Tavares, D., Fonte, C., Andersen, F. O., Van Den Hout, J., Šimleša, M., Pola, L., Ceja, L., & Triberti, S. (2022). A Scoping Review of Flow Research. *Frontiers in Psychology*, 13, 815665. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.815665>
- Schuett, J. (2019). A Legal Definition of AI. Goethe University Frankfurt. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.01095>
- Shubhendu, S., & Vijay, J. (2013). Applicability of Artificial Intelligence in Different Fields of Life. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, 1(1), 8.

- Singh, S., & Singh, V. (2022). A GRAPH BASED APPROACH TO LEARNER PROFILING IN AN INTELLIGENT TUTORING SYSTEM. *Indian Journal of Computer Science and Engineering*, 13(3), 669–677. <https://doi.org/10.21817/indjce/2022/v13i3/221303048>
- Szűts Z. (2020). A digitális pedagógia jelenségei és megnyilvánulási formái. *Új Pedagógiai Szemle*, 2020(5–6), 15–38.
- Thinakaran, R., Chupra, S., & Batumalay, M. (2023). Motivation assessment model for intelligent tutoring system based on mamdani inference system. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 12(1), 189. <https://doi.org/10.11591/ijai.v12.i1.pp189-200>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J.-M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
- VanLehn, K. (2011). The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- 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>
- Zhu, X., Singla, A., Zilles, S., & Rafferty, A. N. (2018). An Overview of Machine Teaching (arXiv:1801.05927). arXiv. <http://arxiv.org/abs/1801.05927>
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining Self-Regulation. In *Handbook of Self-Regulation* (pp. 13–39). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012109890-2/50031-7>
- Zourmpakis, A. I., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2022). Education of preschool and elementary teachers on the use of adaptive gamification in science education. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 14(1), 16. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2022.120556>