

Udvaros József:

OKTATÁSTECHNOLÓGIAI INNOVÁCIÓK AZ IPAR 4.0 IDŐSZAKÁBAN¹⁴

A negyedik ipari forradalom, ismertebb nevén Ipar 4.0, alapvető változásokat eredményez a termelési és szolgáltatási szektorokban a korszerű digitális technológiák beépítése által. Ez a koncepció egy német állami high-tech stratégiai kezdeményezésből származik, amely a gyártási folyamatok digitalizálásának előmozdítását célozta, központba helyezve a hatékonyság optimalizálását és a technológiai innovációk hasznosítását (Su et al, 2017). Az Ipar 4.0 kulcsfontosságú elemei közé tartoznak a cyber-fizikai rendszerek, amelyek a fizikai és digitális világok összekapcsolásával intelligens ökoszisztémákat alakítanak ki (Tay et al., 2018); az IoT (Internet of Things), amely biztosítja az eszközök közötti kommunikációt és információáramlást; a Big Data és adatelemzési technológiák, amelyek a hatalmas adatkészletek feldolgozásával támogatják a stratégiai döntéshozatalt és a processzoptimalizálást; valamint a cloud computing, amely méretezhető és flexibilis infrastruktúrát nyújt az adatmenedzsmenthez és -tároláshoz. Emellett központi szerepet játszik a mesterséges intelligencia (MI, artificial intelligence, AI), amely lehetővé teszi a gépek számára az összetett műveletek végrehajtását humán irányítás nélkül (Gautami és Naveenbalaji, 2021), illetve az autonóm robotikai megoldások, amelyek függetlenül, automatizált formában képesek feladatok ellátására (Pour et al., 2023).

Az Ipar 4.0 relevanciája abban mutatkozik meg, hogy növeli az effektivitást és produktivitást az automatizáció és adatelemzés segítségével, megteremti a gyártási folyamatok flexibilitását és személyre szabhatóságát az intelligens technológiák implementációjával. Támogatja a környezettudatos termelést környezetbarátabb és energiahatékonyabb alternatívák révén, valamint számottevő gazdasági befolyással rendelkezik, elsősorban az ipari, energetikai és közlekedési területeken. Emellett átalakítja a foglalkoztatási piacot is, új képességeket és kompetenciákat követelve meg a dolgozóktól, ami szükségessé teszi az átminősítést és a permanens szakmai fejlődést (Hernandez-de-Menendez et al., 2020).

Mindazonáltal az Ipar 4.0 implementálása különféle nehézségeket is magában hordoz, úgymint a technológiai integráció komplexitását, hiszen a szervezeteknek garantálniuk kell az innovatív rendszerek problémamentes beillesztését a jelenlegi infrastruktúrába, valamint az információbiztonság kérdéskörét, mivel az eszközök közötti megnövekedett hálózatosodás fokozza a kibertámadások kockázatát és az adatvédelemmel kapcsolatos félelmeket. Továbbá jelentős az igény a magas szintű szakértelem iránt, akik kompetensen tudják kezelni és üzemeltetni az új technológiákat, miközben az átmenet gazdasági és szociális következményei is figyelmet érdemelnek, mivel az automatizáció és digitalizáció befolyásolhatja a munkahelyeket és a társadalmi egyenlőtlenségeket. Az Ipar 4.0 következeképpen nem pusztán technikai progresszust képvisel, hanem átfogó gazdasági és társadalmi transzformációkat is eredményez, amelyek eredményes realizálása érdekében elengedhetetlen a technológiai, gazdasági és szociális kihívások integrált szemléletű kezelése (Gallo és Santolamazza, 2021).

Az oktatás és a technológia közti kapcsolat komplex és kiemelkedő jelentőségű, mivel fundamentálisan hat a tanítási és tanulási folyamatok különböző dimenzióira, miközben hozzájárul az oktatási rendszerek evolúciójához és modernizációjához a digitális érában. Az oktatásnak folyamatosan alkalmazkodnia kell a dinamikus változó technológiai környezethez annak érdekében, hogy megőrizze relevanciáját és konkurenciaképességét. Ez az adaptáció magában foglalja az önmegújítást és a technológia alkalmazását az oktatási reformok és újítások katalizálására, mivel a digitális eszközök lehetővé teszik dinamikus, interaktív és biztonságos tanulási terek létrehozását, amelyek különböző tanulási módszerekhez alkalmazkodnak, elősegítve a mélyebb bevonódást és megértést (Didmanidze et al., 2023; Stoffová és Gabal'ová, 2023a).

¹⁴ <https://doi.org/10.17048/Tanulases tarsadalom.2025.14>

A technológia oktatási integrálása markánsan fokozza a diákok motivációs szintjét, ugyanakkor elősegíti az esszenciális kompetenciák, mint például a kommunikáció, kreativitás és kritikai gondolkodás kialakítását. A technológiai eszközök oktatási alkalmazása bizonyítottan növeli a tanulók elköteleződését és akadémiai teljesítményét, mivel azok a diákok, akik széles spektrumú online forrásokat használnak fel, kedvezőbb eredményeket produkálnak, ami arra enged következtetni, hogy a technológia támogatja az aktívabb tanulási stratégiák implementálását. Ugyanakkor az oktatás és technológia kapcsolatrendszer összetett, mivel számos komponenst integrál, úgymint az oktatási célkitűzéseket, a tanulókat, a technológiai eszközöket és a tanulási környezetek karakterisztikáit. Bár a technológiai integráció számtalan előnyt biztosít, különféle akadályokkal is szembesül, például a finanszírozási kérdések, a pedagógusok felkészítése és a technológiai erőforrásokhoz való aszimmetrikus hozzáférés problematikája révén (Sun, 2016; Stoffová és Gabal'ová, 2023b).

A technológia oktatási beillesztése szélesebb szocio-gazdasági következményekkel is bír, hiszen például Szingapúr és Finnország példája demonstrálja, hogy a hatékony IKT- és oktatáspolitikai stratégiák hozzájárulhatnak a gazdasági progresszióhoz. Továbbá a technológia nem kizárólag a tanulási outputok optimalizálásáról szól, hanem arról is, hogyan adaptálódjunk a kulturális és társadalmi transzformációkhoz, illetve hogyan alakítsuk azokat (Kozma, 20110). Ahogy a technológia egyre mélyebben integrálódik az oktatásba, fokozott hangsúlyt kell fektetni az etikai aspektusokra annak biztosítása érdekében, hogy a technológiai integráció felelősségteljes módon valósuljon meg, miközben kontinuos kutatásra és fejlesztésre van szükség az oktatás és technológia dinamikus kapcsolatának mélyebb megértése, valamint olyan stratégiák kidolgozása céljából, amelyek maximalizálják a hasznokat és kezelik a nehézségeket (Cloete, 2019). Az oktatás és technológia kapcsolata következőképpen központi jelentőségű az oktatási tapasztalat modernizálásában és fejlesztésében, és noha jelentős előnyökkel jár, mint a fokozott elkötelezettség és készségfejlesztés, számos kihívást is magában rejt, amelyeket menedzselni szükséges, ezért a permanens adaptáció, az etikai szempontok figyelembevétele és az átfogó kutatómunka elengedhetetlen a technológia teljes potenciáljának kiaknázása érdekében az oktatásban (Elen és Fien, 2024).

A technológia szignifikánsan transzformálta az oktatás megvalósításának módozatait, alapvetően befolyásolva a tanítási metodikákat és a tanulási eredményeket, miközben új perspektívákat nyitott az oktatási folyamatok hatékonyabbá és rugalmasabbá tételére. A technológia pozitív következményei közé sorolható a tanulási outputok javulása, mivel a technológialapú oktatás igazolhatóan hozzájárul a diákok akadémiai eredményeinek, tudásretenciós képességének és kritikai gondolkodásának fejlesztéséhez. Emellett a digitális eszközök alkalmazása fokozza a tanulók engagement-jét és motivációját, valamint javítja a pedagógus-diák közötti interakció minőségét. A flexibilis tanulási alternatívák megjelenése szintén a technológia vívmánya, mivel az olyan digitális megoldások, mint a learning management rendszerek, szimulációk és virtuális realitás, olyan diverzifikált tanulási élményeket kínálnak, amelyek egy évtizeddel korábban még irreálisak voltak (Malik, 2023; Hyksova, Stoffová és Gabal'ová, 2022).

A technológia támogatást nyújt a különböző pedagógiai megközelítésekhez is, például a project-based, problémamegoldó és challenge-központú tanuláshoz, amelyek elősegítik az új típusú kompetenciák és az információs literacy készségeinek elsajátítását. A COVID-19 pandémia periódusában a technológia kulcsfontosságú szerepet játszott az oktatás kontinuitásának fenntartásában, mivel az online platformok révén lehetőség nyílt a tanulás folytatására, még a hagyományos osztálytermi környezetek hiányában is, megőrizve a diákok engagement-jét és kapcsolódását az oktatási intézményekkel (Dev és Schleyer, 2021; mat et al., 2022).

Mindazonáltal a technológia oktatási integrálása nehézségeket is magában hordoz, például technikai komplikációk és a diákok elköteleződésével kapcsolatos problémák jelentkezhetnek, különösen az online tanulási környezetekben. További problematikát jelenthet a figyelemelterelés és a technostressz, amely mind a diákokat, mind az oktatókat érintheti, mivel a folyamatos digitális prezencia könnyen kimerültséget és túlterhelést eredményezhet. A digitális megosztottság is komoly aggodalomra ad okot, mivel a

technológiához való hozzáférés egyenlőtlen, ami oktatási lehetőségekben megmutatkozó disparitásokhoz vezethet a különböző régiók és szocio-gazdasági csoportok között. Emellett a technológia használata elmoshatja a határvonalakat a munka és a magánszféra között, ami befolyással van a tanárok, diákok és szülők munka-magánélet egyensúlyára (Hu et al., 2021).

A jövőben elengedhetetlen a folyamatos fejlesztés és az oktatási technológiák finomhangolása annak érdekében, hogy kezelni lehessen a jelenlegi korlátokat és optimalizálni lehessen azok hatékonyságát. Az oktatók megfelelő felkészítése és támogatása szintén kulcsfontosságú ahhoz, hogy magabiztosan és hatékonyan tudják alkalmazni ezeket az eszközöket, mivel a sikeres technológiai integráció alapja a tanárok digitális készségeinek fejlesztése. A vegyes tanulás, azaz az online és a hagyományos, személyes oktatási módszerek kombinálása különösen ígéretes irány, mivel ez a megközelítés maximalizálhatja a tanulási eredményeket és fokozhatja a diákok elégedettségét (Pšenáková, Pšenák és Szőköl, 2023; Szőköl és Pšenáková, 2023).

A technológia alapvető hatást gyakorolt az oktatás megvalósítására, számos előnyt nyújtva, miközben olyan kihívások elé állította az oktatási rendszereket, amelyeket megoldani szükséges. Az oktatás jövője várhatóan továbbra is a technológiai integráció irányába orientálódik, a hangsúlyt az elérhetőség javítására, az oktatók képzésére és a támogató rendszerek fejlesztésére helyezve annak érdekében, hogy a technológia teljes potenciálját kiaknázhassuk az oktatásban.

Az Ipar 4.0 és az oktatás találkozási pontjai

Az Ipar 4.0, más néven a negyedik ipari forradalom, alapvető paradigmaváltást jelent, amelyet olyan fejlett technológiák integrációja jellemez, mint a tárgyak internete (IoT), a kiberfizikai rendszerek, a nagy adatelemzés, az adalékos gyártás, a robotika, a nagy teljesítményű számítástechnika, a mesterséges intelligencia és a kiterjesztett valóság. Ezek a technológiák nemcsak az iparágakat alakítják át, hanem jelentős hatást gyakorolnak az oktatás, a munkaerőpiaci elvárások és az oktatási intézmények szerkezeti működésére is (Santolamazza és Introna, 2023; Mogul és Satya, 2021).

Az Ipar 4.0 technológiáinak térnyerése elősegítette az Oktatás 4.0 koncepció kialakulását, amelynek célja az emberi képességek és a technológiai fejlődés közötti összhang megteremtése. Az Oktatás 4.0 arra törekszik, hogy ezeknek az innovatív technológiáknak a felhasználásával gazdagítsa a tanulási élményt, elősegítse a kritikai gondolkodást, valamint felkészítse a diákokat a jövő munkaerőpiacának kihívásaira. Ez a transzformáció a személyre szabott, alkalmazkodó és kompetenciaalapú tanulási környezeteket helyezi előtérbe, ahol a digitális eszközök központi szerepet játszanak a tudás megszerzésében és a készségek fejlesztésében (Udvaros et al., 2023).

Az Ipar 4.0 által vezérelt munkaerőpiaci elvárások változása új készségek iránti igényt teremt, úgymint a digitális írástudás, a problémamegoldó képesség, a kreativitás, az együttműködési készségek és a fejlett technológiai kompetenciák. A jövő munkaereje nemcsak műszaki tudással kell rendelkezzen, hanem olyan készségekkel is, mint az alkalmazkodóképesség és az érzelmi intelligencia, hogy sikeresen boldoguljon az automatizáció és a digitalizáció által formált dinamikus munkaerőpiacon. Az oktatási intézmények ennek megfelelően újragondolják a tanterveket, interdiszciplináris megközelítéseket alkalmaznak, és folyamatos tanulási kultúrát alakítanak ki annak érdekében, hogy versenyképes és rugalmas munkaerőt képezzenek (Udvaros, Forman és Avorniculi, 2023).

Az oktatási intézmények digitális átalakulása kulcsfontosságú az Oktatás 4.0 célkitűzéseinek elérésében. A digitális oktatási ökoszisztémák olyan keretrendszerek, amelyek a digitális technológiákat beépítik az oktatás minden területére, az ismeretátadástól kezdve a tantermi vezetésen át az értékelésig és a diákok elkötelezettségének növeléséig (Chituc, 2021). Ez a metamorfózis magában foglalja a tanulásirányítási rendszereket, a virtuális osztálytermeket, a mesterséges intelligencia alapú tutorálási rendszereket, valamint az AR és VR alapú interaktív technológiák használatát, amelyek lehetővé teszik a magával ragadó, befogadó tanulási környezetek kialakítását. Ezenkívül az Ipar 4.0 technológiáinak oktatásba történő integrálása hozzájárul az

egyenlő esélyű hozzáférés biztosításához, csökkentve az oktatási különbségeket különböző társadalmi-gazdasági csoportok és földrajzi régiók között (Tabane, Nxumalo és Promise, 2021).

Megállapítható, hogy az Ipar 4.0 alapvetően átalakítja az ipari gyakorlatokat, miközben forradalmasítja az oktatást is az Oktatás 4.0 keretrendszerén keresztül. Az oktatási intézmények feladata, hogy alkalmazkodjanak ezekhez a változásokhoz, amely magában foglalja a tantervek átdolgozását, a digitális eszközök beépítését, valamint olyan készségek fejlesztését, amelyek megfelelnek a modern munkaerőpiac elvárásainak. Bár a meglévő szakirodalom hasznos betekintést nyújt az Ipar 4.0 oktatásra gyakorolt hatásába és a munkaerőpiaci elvárások változásába, további kutatásokra van szükség annak érdekében, hogy átfogóbb képet kapjunk az Ipar 4.0 technológiáinak konkrét hatásairól az oktatási intézmények digitális átalakulására, biztosítva ezzel, hogy az oktatási rendszerek világszerte képesek legyenek felkészíteni a diákokat a jövő kihívásaira.

Innovatív oktatási technológiák az Ipar 4.0 keretében

Az Ipar 4.0 forradalmi technológiai fejlődése nemcsak az ipari termelést és a gazdasági folyamatokat alakítja át, hanem jelentős hatást gyakorol az oktatási rendszerekre is. Az olyan innovatív technológiák, mint a mesterséges intelligencia és a gépi tanulás, a kiterjesztett valóság és a virtuális valóság, az alkalmazkodó tanulási rendszerek, valamint a tárgyak internete új lehetőségeket teremtenek a tanítás és tanulás hatékonyságának növelésére (Udvaros és Forman, 2023).

A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás oktatási következményei az Ipar 4.0 kontextusában

Az Ipar 4.0 technológiáinak, köztük a mesterséges intelligenciának és a gépi tanulásnak az oktatási környezetbe való integrálása rugalmas és személyre szabott megoldásokat kínál, amelyek elősegítik a befogadó és egyenlő esélyű tanulási környezetek kialakítását. Ezek a technológiák képesek egyéni tanulási élményeket létrehozni, figyelembe véve a tanulók egyedi igényeit, elősegítve ezzel a befogadást és az oktatási esélyegyenlőséget. A mesterséges intelligencia célja az oktatásban nemcsak az adminisztratív terhek csökkentése, hanem a tanulási folyamat kontextualizálása, egyedi, átalakító értékelési módszerek kidolgozása és az intelligens tutorálási rendszerek hatékonyságának növelése is (Jiali et al., s.a.; Kayyali, 2024).

A kiterjesztett és virtuális valóság hatékony alkalmazása az oktatásban az Ipar 4.0 szempontjából

A kiterjesztett és virtuális valóság technológiák interaktív, vizuálisan gazdag tanulási környezeteket teremtenek, amelyek lehetővé teszik a diákok számára, hogy szinte kézzelfogható módon tapasztaljanak meg összetett fogalmakat és folyamatokat. Ezek a technológiák különösen hasznosak az orvosi képzésben, a kereskedelemben, az összetett berendezések karbantartásában, a belsőépítészetben, az üzleti logisztikában és a hagyományos tantermi oktatásban (Avakova et al., 2023). A kiterjesztett és virtuális valóság alkalmazása növeli a tanulók érdeklődését, javítja a tanulási légkört, segíti az anyag megértését és elősegíti az együttműködést, miközben fejleszti az emlékezőképességet és a tapintási készségeket, ráadásul költséghatékony megoldást kínál az oktatási intézmények számára (Alam et al., 2024).

Az alkalmazkodó tanulási rendszerek és intelligens oktatási platformok kulcsfontosságú jellemzői és előnyei az Ipar 4.0 kontextusában

A modern technológiák beépítése az oktatásba, például a digitális laboratóriumi modellek révén, jelentősen javítja a tanulási folyamat hatékonyságát. Ezek az eszközök növelik a diákok megértési képességét és kreativitását, több időt biztosítanak a gyakorlati képzésre, valamint lehetővé teszik a tanárok számára, hogy pontosabban értékeljék a diákok teljesítményét és részletes visszajelzéseket adjanak (Sajja, 2024). Az alkalmazkodó tanulási rendszerek és az intelligens oktatási platformok személyre szabott, interaktív és

élményszerű tanulási élményt nyújtanak, elősegítve a mélyebb tudásmegszerzést és a természettudományos, technológiai, mérnöki és matematikai területeken való alkalmazását (Zhu és Wang, 2023).

Az IoT integrálása a tanulási környezetekbe az Ipar 4.0 keretében

A tárgyak internetének oktatási környezetbe való beépítése forradalmi változásokat hozott, új lehetőségeket kínálva a tanulási élmény gazdagítására. Az okoseszközök alkalmazása lehetővé teszi a gyakorlati tapasztalatok szélesebb körű elérhetőségét, elősegítve a többdiszciplináris tanulást mind a gyártási környezetekben, mind az oktatási laboratóriumokban. Az okoseszközök révén a diákok valós idejű adatokkal dolgozhatnak, interaktív módon elemezhetnek folyamatokat, és aktív részesei lehetnek a tanulási folyamatnak, amely a technológiai kompetenciák fejlesztését is elősegíti (Li és Wu, 2020).

Az Ipar 4.0 technológiáinak oktatásba való integrálása alapjaiban változtatja meg a tanítás és a tanulás módszereit, lehetővé téve, hogy rugalmas, személyre szabott megoldásokkal válaszoljanak a tanulók sokszínű igényeire. Ezek a technológiák elősegítik a befogadó tanulási környezetek kialakítását, javítják az oktatási eredményeket és gazdagítják a tanulási élményt. Ugyanakkor fontos figyelembe venni az e technológiák alkalmazásával járó kihívásokat is, mint például a magas bevezetési költségeket, a tartalmak hordozhatóságának problémáit, valamint az oktatási környezetek optimalizálásához szükséges további kutatások és fejlesztések szükségességét. Az Ipar 4.0 technológiák hatékony alkalmazása az oktatásban nemcsak műszaki, hanem stratégiai és pedagógiai átgondoltságot is igényel annak érdekében, hogy valóban hozzájáruljon a jövő oktatási kihívásainak sikeres kezeléséhez (Pavlin és Sužnjević, s.a.).

Az oktatási technológiák hatása a tanulási folyamatokra

Az oktatási technológiák fejlődése forradalmasította a tanulás és tanítás módszereit, számos előnnyel járva a diákok és oktatók számára. Az alábbiakban bemutatom az oktatási technológiák legfontosabb hatásait, kiemelve a kognitív előnyöket, a személyre szabott tanulási lehetőségeket, az interaktív tanulási környezetek jelentőségét, valamint az alkalmazásuk során felmerülő kihívásokat.

Kognitív előnyök az oktatási technológiák használatával

Az oktatási technológiák, például az interaktív tanulási környezetek és a multimédiás eszközök, olyan tanulási helyzeteket teremtenek, amelyek nagyobb kontrollt biztosítanak a diákok számára, elősegítve az aktív tanulási viselkedést és a jövőbeli készségek fejlesztését. Az új technológiák alkalmazása az oktatási rendszerekben növeli a diákok elköteleződését, tanulmányi teljesítményét és motivációját, miközben szórakoztatóbbá teszi a tanulási folyamatot és egyszerűsíti az információátadást az oktatók és a tanulók között. Ezek az eszközök segítik a kritikai gondolkodás, a problémamegoldó képesség és a kreativitás fejlődését, amelyek elengedhetetlenek a 21. századi munkaerőpiacon (Kazakoff et al., 2018; Pokorný, 2023).

Személyre szabott tanulási útvonalak és alkalmazkodó oktatási technológiák

A személyre szabott, alkalmazkodó tanulási rendszerek jelentős pozitív hatással bírnak a tanulmányi teljesítményre, a diákok elkötelezettségére és a tanulási eredményekre, különösen a felsőoktatásban. Egy 69 tanulmányt áttekintő kutatás eredményei szerint az alkalmazkodó tanulási rendszerek javítják az akadémiai teljesítményt és fokozzák a diákok bevonódását a tanulási folyamatba. Az olyan alkalmazkodó tanulási platformok, mint a McGraw-Hill Connect LearnSmart és a Moodle, a leggyakrabban használt eszközök közé tartoznak, mivel lehetővé teszik a tanulók számára, hogy saját igényeikhez és képességeikhez igazított tanulási útvonalakat kövessenek. Ezek a platformok képesek valós időben alkalmazkodni a tanulók teljesítményéhez, ezzel optimalizálva a tanulási folyamatot (Marinho et al., 2024; Pokorný, 2020).

Az interaktív tanulási környezetek főbb jellemzői az együttműködés elősegítésére

Az interaktív tanulási környezetek szerkezete és szervezése nagyban befolyásolja, hogyan szervezik meg a diákok az együttműködő kapcsolatokat és tanulási tevékenységeket. Az aktív tanulási terek elősegítik a diákok együttműködési készségeinek fejlődését, amelyek kulcsfontosságú kompetenciák a mai munkaerőpiacon. Az oktatási technológia támogatja az együttműködést a diákok és az oktatók között, előmozdítva a befogadást és javítva az oktatáshoz való hozzáférést. Az interaktív eszközök, mint például a digitális táblák, az együttműködést támogató szoftverek és az online platformok, lehetővé teszik a csoportos projektek hatékonyabb lebonyolítását és elősegítik az aktív részvételt (du Plooy et al., 2024).

Kihívások és korlátok az oktatási technológiák alkalmazásában

Bár az oktatási technológia jelentős előnyökkel jár, számos kihívással és korláttal is szembesül. Az egyik legfontosabb szempont az etikai és társadalmi kérdések figyelembevétele a technológia oktatási folyamatba történő integrálásakor. Az információs és kommunikációs technológiák hatásának értékelése az oktatási folyamatokra és eredményekre nehézségekbe ütközik az oktatási rendszerek összetett kapcsolatrendszere miatt. Emellett a technológiai fejlődés üteme kihívást jelent az oktatási intézmények számára az infrastruktúra folyamatos frissítésében, a pedagógusok megfelelő képzésében, valamint az új eszközök hatékony bevezetésében (Tian, Wang és Hong, 2023; Razali et al., 2015).

Az oktatási technológiák használata számos kognitív előnnyel jár, javítja a diákok elkötelezettségét és tanulási eredményeit. A személyre szabott tanulási utak és az alkalmazkodó oktatási technológiák pozitív hatással vannak a tanulmányi teljesítményre és a tanulói motivációra, míg az interaktív tanulási környezetek elősegítik az együttműködés fejlődését. Ugyanakkor az oktatási technológiák alkalmazása során figyelembe kell venni az etikai, társadalmi és pedagógiai szempontokat is, hogy biztosítani lehessen azok hatékony és fenntartható integrálását az oktatási folyamatba. Az oktatás jövője szorosan összefonódik a technológiai fejlődéssel, ezért elengedhetetlen a folyamatos kutatás, fejlesztés és alkalmazkodás az új kihívásokhoz.

Összefoglalás és vita

Az Ipar 4.0 technológiái, például a mesterséges intelligencia, a gépi tanulás, a kiterjesztett és virtuális valóság olyan személyre szabott és befogadó tanulási környezeteket hoznak létre, amelyek a diákok sokszínű igényeit szolgálják ki. Ezek a technológiák elősegítik az egyenlő hozzáférést az oktatáshoz, növelve a tanulási eredményeket és az oktatás befogadó jellegét.

Az Ipar 4.0 igényeihez igazodva egyre nagyobb hangsúly kerül a szakképzés és a szakmai oktatás átalakítására. Az Európai Unión belül nemzetközi együttműködések és mobilitási projektek támogatják egy átfogó oktatási keretrendszer kialakítását, amely megfelel a műszaki szakemberek képzési igényeinek. Bár sok oktatási intézmény alkalmazza az Ipar 4.0 technológiáit, kihívást jelent annak biztosítása, hogy ezek a technológiák valóban megfeleljenek az ipari elvárásoknak, és ne csak a természettudományos, technológiai, mérnöki és matematikai területekre korlátozódjanak.

Az Ipar 4.0 technológiák hatékony bevezetése jelentős tanárképzést és átgondolt pedagógiai stratégiákat igényel annak érdekében, hogy az oktatók megfelelően tudják alkalmazni ezeket az eszközöket a tanulási folyamatban.

Az Ipar 4.0 technológiáinak oktatásba való integrálása világszerte egyre szélesebb körben terjed, különösen Európában és Ázsiában, ahol az oktatási intézmények különböző stratégiákat alkalmaznak ezeknek az eszközöknek a tantervekbe való beépítésére. Ezek a kezdeményezések célja a tanulási élmény gazdagítása, az oktatás ipari igényekhez való igazítása, valamint a diákok felkészítése a jövő munkaerőpiacának kihívásaira. A technológiák sikeres bevezetése azonban megfelelő infrastrukturális beruházásokat, pedagógiai fejlesztéseket és folyamatos nemzetközi együttműködést igényel.

Az Ipar 4.0 forradalma alapvető paradigmaváltást hozott nemcsak az ipar és a gazdaság, hanem az oktatás területén is. A tanulmány bemutatja, hogyan befolyásolja az Ipar 4.0 az oktatási technológiák fejlődését és

alkalmazását, különös tekintettel az olyan innovatív megoldásokra, amelyek elősegítik a digitális kompetenciák fejlesztését és a munkaerőpiaci igényekhez való alkalmazkodást.

Az Ipar 4.0 technológiai pillérei, mint a mesterséges intelligencia, a kiterjesztett és virtuális valóság, az alkalmazkodó tanulási rendszerek és a tárgyak internete, jelentős hatást gyakorolnak az oktatási rendszerekre. Ezek a technológiák növelik a tanulási hatékonyságot, támogatják az interaktív és személyre szabott oktatási élmény kialakítását, valamint elősegítik az élethosszig tartó tanulás elterjedését. Az alkalmazkodó tanulási rendszerek például lehetővé teszik a diákok számára, hogy egyéni igényeikhez igazodó tanulási útvonalakat kövessenek, míg a kiterjesztett és virtuális valóság technológiák vizuálisan gazdag, interaktív környezeteket kínálnak.

A tanulmány rávilágít arra is, hogy az oktatási technológiák integrálása nem csupán műszaki kihívás, hanem összetett pedagógiai és szervezeti feladat is. Az oktatási intézményeknek alkalmazkodniuk kell az új technológiai környezethez, amely magában foglalja a tantervek átdolgozását, a digitális eszközök beépítését, valamint a tanárok digitális kompetenciáinak fejlesztését. Ezenkívül az Ipar 4.0 által vezérelt munkaerőpiaci változások új készségek iránti igényt teremtenek, például a digitális írástudás, a kreativitás és az együttműködési készségek terén.

Az Ipar 4.0 technológiáinak oktatásba történő integrálása új távlatokat nyit az oktatási módszerek és stratégiák terén. Ugyanakkor kihívásokat is rejt magában, például az infrastrukturális fejlesztések szükségességét, az etikai kérdések figyelembevételét és az oktatók folyamatos képzésének fontosságát. Az oktatás jövője szorosan összefonódik az Ipar 4.0 fejlődésével, amely átfogó stratégiai gondolkodást és folyamatos innovációt igényel az oktatási intézmények részéről.

Köszönetnyilvánítás

E kutatás pénzügyi támogatását a KEGA 015TTU-4/2024 számú projekt biztosította: „A flipped classroom módszer bevezetése a felsőoktatásba” címmel.

Irodalom

- Akavova, Aida, Zarema Temirkhanova, and Zarina Lorsanova. "Adaptive learning and artificial intelligence in the educational space." In *E3S Web of Conferences*, vol. 451, p. 06011. EDP Sciences, 2023.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345106011>
- Alam, Md Shamsheer, Surjeet Kumar, Zeeshan Khursheed, Hemant Kumar Mahato, Shadan Bashar, and Anjali Suman. "Designing an AI driven intelligent Tutorial System." In *2024 5th International Conference on Recent Trends in Computer Science and Technology (ICRTCST)*, pp. 585-588. IEEE, 2024. <https://doi.org/10.1109/ICRTCST61793.2024.10578476>
- Chituc, Claudia-Melania. "A framework for Education 4.0 in digital education ecosystems." In *Smart and Sustainable Collaborative Networks 4.0: 22nd IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2021, Saint-Étienne, France, November 22-24, 2021, Proceedings 22*, pp. 702-709. Springer International Publishing, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85969-5_66
- Cloete, Anita L. "Unstoppable: A critical reflection on the socio-economic embeddedness of technology and the implications for the human agenda." *HTS Teologiese Studies/Theological Studies* 75, no. 2 (2019). <https://doi.org/10.4102/hts.v75i2.5550>
- Dev, Parvati, and Schleyer, Titus. "Digital Technology in Health Science Education." In *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*, pp. 841-865. Cham: Springer International Publishing, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58721-5_25
- Didmanidze, Ibraim, Lela Tavdgiridze, Volodymyr Zaslavskiy, Ia Khasaia, Dali Dobordginidze, and Yamkova Olga. "The Impact of Digital Technologies in Education." In *2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, pp. 1-7. IEEE, 2023. <https://doi.org/10.1109/DESSERT61349.2023.10416515>

- du Plooy, Eileen, Daleen Casteleijn, and Denise Franzsen. "Personalized adaptive learning in higher education: a scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement." *Heliyon* (2024). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39630>
- Elen, Jan, and Fien Depaepe. "Education and technology: elements of a relevant, comprehensive, and cumulative research agenda." *Educational technology research and development* (2024): 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10420-7>
- Gallo, Tommaso, and Santolamazza, Annalisa. "Industry 4.0 and human factor: How is technology changing the role of the maintenance operator?." *Procedia Computer Science* 180 (2021): 388-393. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.364>
- Gautami, A., and Naveenbalaji, Gowthaman. "A Holistic Approach: Issues and Challenges in Autonomic Computation Toward Industry 4.0." *Autonomic Computing in Cloud Resource Management in Industry 4.0* (2021): 111-121. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71756-8_6
- Hernandez-de-Menendez, Marcela, Ruben Morales-Menendez, Carlos A. Escobar, and Megan McGovern. "Competencies for industry 4.0." *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 14 (2020): 1511-1524. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00716-2>
- Hu, Xinyun, Ming Ming Chiu, Wai Man Vivienne Leung, and Nicola Yelland. "Technology integration for young children during COVID-19: Towards future online teaching." *British Journal of Educational Technology* 52, no. 4 (2021): 1513-1537. <https://doi.org/10.1111/bjet.13106>
- Hyksova, H., V. Stoffová, and V. Gabařová. "Teaching robotics and online programming using a virtual robot." In *INTED2022 Proceedings*, pp. 7140-7147. IATED, 2022. <https://doi.org/10.21125/inted.2022.1812>
- Jiali, Sun, Fatima Dayo, Gui Jun, Liu Shuangyao, and Suman Najam. "The Impact of Artificial Intelligence on Personalized Learning in Education: A Systematic Review."
- Kayyali, Mustafa. "Future possibilities and challenges of AI in education." In *Transforming education with generative AI: Prompt engineering and synthetic content creation*, pp. 118-137. IGI Global, 2024. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1351-0.ch006>
- Kazakoff, Elizabeth R., Melissa Orkin, Kristine Bundschuh, and Rachel L. Schechter. "Fostering engagement in educational technologies through developmental theory and program data." In *End-user considerations in educational technology design*, pp. 99-122. IGI Global, 2018. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2639-1.ch005>
- Kozma, R. "Relating Technology, Education Reform and Economic Development." In P. Peterson, E. Baker, & B. McGaw (Eds.), *International Encyclopedia of Education* (pp. 81-87). 2010. Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00709-0>
- Li, Liping, and Wu, Xiaosong. "Application of virtual reality and augmented reality technology in Teaching." In *2020 15th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, pp. 543-546. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.1109/ICCSE49874.2020.9201763>
- Malik, Rashi. "Impact of technology-based education on student learning outcomes and engagement." In *2023 10th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, pp. 784-788. IEEE, 2023.
- Marinho, Alexandre, Ig Ibert Bittencourt, Diego Dermeval, Jário Santos, Geiser Chalco, and Marcelo Reis. "How does the Mechanics of Competition and Collaboration Impact on Student's Flow Experience in a Gamified Educational Environment? An Experimental Study in Higher Education (under review)." *Technology, Knowledge and Learning* (2024): 1-26. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09796-5>
- Mat Sood, Noor Fatehah, Nor Syawallina Azman, Nangkula Utaberta, Ida Marlina Mazlan, Ilyana Sujak, Yijiao Zhou, and Xin Yan. "Students' Engagement in Virtual Learning of Heritage Building During the Pandemic." In *Advances in Civil Engineering Materials: Selected Articles from the 6th International*

- Conference on Architecture and Civil Engineering (ICACE 2022), August 2022, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 163-176. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023.
https://doi.org/10.1007/978-981-19-8024-4_13
- Mogul, Ibtisam, and Satya Shah. "Examine the impact of Technology and Industry 4.0 for Student Performance in Higher Education." In 2021 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD), pp. 1-7. IEEE, 2021.
<https://doi.org/10.1109/ICTMOD52902.2021.9739579>
- Pavlin, M. Homen and Sužnjević, Mirko. "The opinions and attitudes of students-future IT teachers-on the use of VR and AR in teaching."
- Pokorný, Milan. "Experience with e-learning in Teaching Combinatorics and Data Processing." In 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), pp. 838-842. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.23919/MIPRO48935.2020.9245319>
- Pokorný, Milan. "Online Learning in Teaching Initial Math Education." In Proceedings of International Conference on Recent Innovations in Computing: ICRIC 2022, Volume 1, pp. 657-667. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9876-8_50
- Pour, Parham Dadash, Aser Alaa Ahmed, Mohammad A. Nazzal, and Basil M. Darras. "An Industry 4.0 Technology Selection Framework for Manufacturing Systems and Firms Using Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods." Systems 11, no. 4 (2023): 192. <https://doi.org/10.3390/systems11040192>
- Pšenáková, Ildikó, Pšenák, Peter and Szőköl, István. "Flipped Classroom in Pedagogical Practice." In International Conference on Interactive Collaborative Learning, pp. 279-290. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53382-2_26
- Razali, Sharifah Nadiyah, Faaizah Shahbodin, Hanipah Hussin, and Norasiken Bakar. "Factors affecting the effective online collaborative learning environment." In Pattern analysis, intelligent security and the internet of things, pp. 215-224. Springer International Publishing, 2015.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-17398-6_20
- Sajja, Ramteja, Yusuf Sermet, Muhammed Cikmaz, David Cwiertny, and Ibrahim Demir. "Artificial intelligence-enabled intelligent assistant for personalized and adaptive learning in higher education." Information 15, no. 10 (2024): 596. <https://doi.org/10.3390/info15100596>
- Santolamazza, A., and V. Intron. "Industry 4.0 and education: evolving content and learning experiences." ... SUMMER SCHOOL FRANCESCO TURCO. PROCEEDINGS (2023).
- Stoffová, V., and V. Gabařová. "Creation Of Electronic Teaching Aids And Didactic Applications By Teachers." In ICERI2023 Proceedings, pp. 5344-5353. IATED, 2023a.
<https://doi.org/10.21125/iceri.2023.1333>
- Stoffová, V., and V. Gabařová. "Interactive Simulation Models for Teaching and Learning of Computer Science." In INTED2023 Proceedings, pp. 3945-3953. IATED, 2023b.
<https://doi.org/10.21125/inted.2023.1050>
- Su, Shun-Feng, Imre J. Rudas, Jacek M. Zurada, Meng Joo Er, Jyh-Horng Chou, and Daeil Kwon. "Industry 4.0: A special section in IEEE access." IEEE Access 5 (2017): 12257-12261.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2704758>
- Sun, Jun. "Multi-dimensional alignment between online instruction and course technology: A learner-centered perspective." Computers & Education 101 (2016): 102-114.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.003>
- Szőköl, István és Pšenáková, Ildikó. "CONTINUAL IMPROVEMENT OF THE EDUCATIONAL PROCESS." Ad Alta: Journal of Interdisciplinary Research 13, no. 1 (2023).

- Tabane, Elias, Nxumalo Lindelani, and Promise Mvelase. "Classroom of the future realization in the industrialization era: towards 4.0 learning." In *Smart Education and e-Learning 2021*, pp. 263-272. Springer Singapore, 2021. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2834-4_22
- Tay, Shu Ing, Te Chuan Lee, N. Z. A. Hamid, and Ahmad Nur Aizat Ahmad. "An overview of industry 4.0: Definition, components, and government initiatives." *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems* 10, no. 14 (2018): 1379-1387.
- Tian, Bin; Wang, Chao, and Hong, Hanyu. "A Survey of Personalized Adaptive Learning System." In *2023 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Computer Information Technology (AICIT)*, pp. 1-6. IEEE, 2023. <https://doi.org/10.1109/AICIT59054.2023.10277850>
- Udvaros, József és Forman, Norbert. "Using Artificial Intelligence in Education 4.0." *Journal of Technology & Information Education* 15, no. 1 (2023). <https://doi.org/10.5507/jtie.2023.004>
- Udvaros, József, Forman, Norbert and Avornicului, M.. "Developing computational thinking with microcontrollers in Education 4.0." (2023): 103-108. <https://doi.org/10.59287/ijanser.563>
- Udvaros, József, Miklós Gubán, Ákos Gubán, and Ágnes Sándor. "Industry 4.0 from the perspective of Education 4.0." *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches* 7, no. 4 (2023): 230-234. <https://doi.org/10.59287/ijanser.705>
- Zhu, Qiongli, and Wang, Minjuan. "Team-based mobile learning supported by an intelligent system: Case study of STEM students." In *Cross Reality (XR) and Immersive Learning Environments (ILEs) in Education*, pp. 5-21. Routledge, 2023. <https://doi.org/10.4324/9781003457121-2>