

## USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION 4.0

József UDVAROS\*, Budapest Business School, Maďarsko

Norbert FORMAN, Budapest Business School, Maďarsko

Přijato: 10. 3. 2023 / Akceptováno: 9. 10. 2023

Typ článku: Teoretická studie

DOI: 10.5507/jtie.2023.004

**Abstract:** Education 4.0 is a new educational paradigm that aims to address the needs and opportunities of Industry 4.0. The paradigm allows students to determine their own model and pace of learning. Education 4.0 is based on the concept of learning by doing, in which students are encouraged to learn and discover different things in an experimental, unique way. Despite the fact that the possibilities offered by Education 4.0 excite the imagination of more and more people, the level of implementation and support is still in the very early stages, although in some parts of the world we can already find smaller and larger attempts, but these are still mostly running on a test basis. In Education 4.0, Artificial Intelligence (AI) can play a key role in identifying new factors influencing student performance and implementing personalized learning, answering routine student questions, using learning analytics and predictive modelling. A new challenge is to redefine Education 4.0 to recognize creative and innovative intelligent students, and it is difficult to define student outcomes. This article presents how Artificial Intelligence combined with machine learning creates a constructive relationship between the student and the instructor, what AI-driven tools exist to implement this, how AI can be useful for individual development, and how it can effectively collaborate with the instructor in order to ensure that the student receives the best education.

**Key words:** Artificial Intelligence, Education 4.0, AIED

## POUŽITIE UMELEJ INTELIGENCIE VO VZDELÁVANÍ 4.0

**Abstrakt:** Vzdelávanie 4.0 je nová výchovná paradigma, ktorá sa snaží riešiť požiadavky a možnosti Priemyslu 4.0. Paradigma umožňuje študentom určiť si svoj vlastný model učenia a tempo. Vzdelávanie 4.0 sa zakladá na koncepte učenia prostredníctvom činnosti, kde sa študenti podnecujú k experimentovaniu a objavovaniu rôznych vecí jedinečným

---

\*Autor pro korespondenci: udvaros.jozsef@uni-bge.hu

spôsobom. Hoci možnosti, ktoré Vzdelávanie 4.0 poskytuje, pobudzujú fantáziu čoraz viac ľudí, realizácia a úroveň podpory sa zatiaľ nachádzajú vo veľmi skorom štádiu, hoci v niektorých častiach sveta už existujú rôzne skúšobné projekty. Vo Vzdelávaní 4.0 môže mať umelá inteligencia (AI) kľúčovú úlohu pri identifikácii nových faktorov ovplyvňujúcich výkon študentov a realizácie personalizovaného učenia, zodpovedaní otázok týkajúcich sa študentského života, používaní analýz učenia a prediktívneho modelovania. Novú výzvu predstavuje redefinícia Vzdelávania 4.0 pre uznávanie kreatívnych a inovatívnych inteligentných študentov a je ťažké určiť ich výsledky. Tento článok ukazuje, ako umelá inteligencia pomocou strojového učenia pomáha vytvoriť konštruktívny vzťah medzi študentom a učiteľom, aké nástroje využíva AI a ako môže byť AI prospešné pre individuálny rozvoj a efektívnu spoluprácu s učiteľom pre zabezpečenie najlepšieho vyučovania v prospech študenta.

**Kľúčové slová:** Umelá inteligencia, Vzdelávanie 4.0, AIED

## 1 Úvod

Umelá inteligencia prispieva k najnovším vývojom v Priemysle 4.0. Odvetvia sa sústreďujú na zlepšenie konzistencie a produktivity výrobkov a zníženie prevádzkových nákladov pomocou robotiky a spolupráce medzi robotmi a ľuďmi. V inteligentných priemyselných odvetviach sú previazané výrobné procesy závislé na rôznych strojoch, ktoré spolupracujú s automatizačnými systémami umelou inteligenciou, pričom zaznamenávajú a interpretujú všetky typy dát. Automatizačné inteligentné platformy môžu zohrávať rozhodujúcu úlohu v transformácii moderného výrobného procesu. Umelá inteligencia poskytuje primerané informácie pre rozhodovanie a upozorňuje na možné poruchy. Priemyselné odvetvia spracúvajú dáta z internetu vecí (IoT) a pripojených zariadení pomocou umelo inteligentných technológií, ktoré integrujú do svojich zariadení. Tým umožňujú spoločnostiam úplné monitorovanie všetkých svojich činností a procesov (Javaid et al., 2022). Priemyselná revolúcia ovplyvňuje nielen výrobu, ale aj trh práce a vzdelávanie. Preto je Priemysel 4.0 považovaná za kyberneticko-fyzikálno-spoločenskú revolúciu (Vhryssoulouris et al., 2013). Realizácia koncepcie Priemysel 4.0 umožní zvýšenie produktivity roboty a významnú zmenu na trhu práce. V dôsledku realizácie niektoré povolania a pracovné miesta zaniknú. Predovšetkým fyzicky náročné a rutinné práce zmiznú a nahradia ich roboty. Naopak, vzniknú nové pracovné miesta, ktoré budú vyžadovať vyššie požiadavky na znalosti digitálnych technológií a inžinierskych zručností (Baygin et al., 2016). Okrem normálnej záťaže budú

musieť pracovníci rozhodovať individuálne, pričom ich podporí zavedenie nových monitorovacích a optimalizačných systémov. Tieto nové technológie bude môcť riadiť iba personál kvalifikovaný na vysokej úrovni. Kvalifikovaní pracovníci budú kľúčom k úspechu budúcich spoločností.

Konkurencieschopnosť spoločností bude závisieť na vysoko kvalifikovaných zamestnancoch alebo na časovo a kvalitatívne správnom preškolení zamestnancov (Gehrke et al., 2015). Preto bude výučbový rámec veľmi dôležitou súčasťou koncepcie Priemysel 4.0. Tento výučbový rámec sa tiež nazýva Vzdelávanie 4.0 (Benesova et al., 2019).

## 2 Metódy a metodológia

V článku využívame kvalitatívny výskum. Zvolenou metódou je analýza dokumentov a obsahu. Účelom kvalitatívnej metódy je analyzovať definovanú vedeckú oblasť, nie určovať všeobecné zistenia. Čo to vlastne znamená? Umožňuje nám odhaliť zložitejšie, zmysluplnejšie a hlbšie súvislosti. Pri analýze dokumentov sa väčšinou zaoberáme internou analýzou, ktorá je typickou formou tradičnej analýzy. To znamená, že dokument, ktorý sa má analyzovať, sa skúma subjektívne. Pri tejto metóde je potrebný aj kritický prístup, preto sa pri výskume snažíme venovať pozornosť častiam, ktoré možno bude potrebné opraviť, formulovať konštruktívnu kritiku, prípadne poskytnúť možné riešenie problému. V niektorých vedách sa výskumná metóda a proces nazývaný obsahová analýza používa na identifikáciu skrytého významu a kontextuálnej štruktúry textu na základe faktov v ňom zistených a na vyvodenie spoľahlivých, opakovateľných záverov.

Vo výskume sme ako základ pre obsahovú analýzu použili viaceré verejné vedecké databázy. Zamerali sme sa na články, ktoré ukazujú, ako umelá inteligencia pomocou strojového učenia pomáha budovať konštruktívny vzťah medzi študentom a učiteľom, aké nástroje umelá inteligencia používa a ako môže byť AI prospešná z hľadiska individuálneho rozvoja a efektívnej spolupráce s učiteľom poskytnúť najlepšiu výučbu v prospech študentov.

Na túto tému uskutočníme prehľad vedeckej literatúry. Následne predstavíme využitie umelej inteligencie v oblasti vzdelávania.

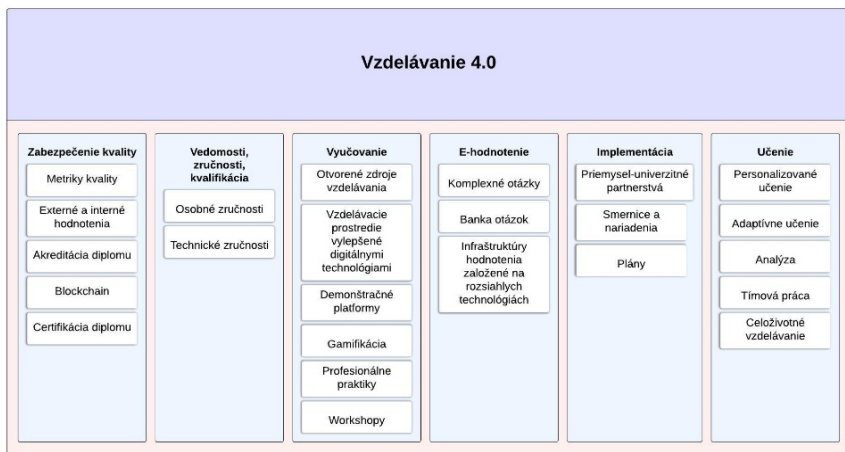
### 3 Teoretické východiská

Vzdelávanie 4.0 je novým prístupom k vzdelávaniu, ktorý si kladie za cieľ prispôsobiť sa požiadavkám a možnostiam priemyslu 4.0. Metódy a metodológia, ktoré sa v rámci tejto novej vzdelávacej paradigmy uplatňujú, majú za úlohu podporiť študentov v samostatnom určovaní ich modelu učenia a tempa. Jednou z kľúčových metód Vzdelávania 4.0 je učenie prostredníctvom činnosti, kde sa študenti podnecujú k experimentovaniu a objavovaniu nových vecí jedinečným spôsobom. Táto metóda zabezpečuje aktívne zapojenie študentov a umožňuje im praktické uplatnenie teoretických poznatkov. Študenti majú príležitosť aplikovať svoje znalosti v reálnych situáciách a prostredníctvom experimentovania si osvojiť nové zručnosti a schopnosti. V rámci Vzdelávania 4.0 zohráva dôležitú úlohu aj umelá inteligencia (AI). AI môže prostredníctvom strojového učenia identifikovať nové faktory ovplyvňujúce výkon študentov a prispieť k personalizovanému učniu. Pomocou analýzy učenia a prediktívneho modelovania môže AI odpovedať na otázky týkajúce sa študentského života a podporiť ich individuálny rozvoj. AI je schopná poskytnúť študentom relevantné informácie a navrhnúť najefektívnejšie vzdelávacie stratégie. Rozvoj Vzdelávania 4.0 predstavuje aj novú výzvu v oblasti uznávania kreatívnych a inovatívnych študentov. Je ťažké určiť presné výsledky a hodnotiť ich výkony, keďže tradičné meracie nástroje a hodnotiace metódy môžu byť nedostatočné na zachytenie komplexnosti a jedinečnosti študentského úspechu. Pre úspešnú implementáciu Vzdelávania 4.0 je potrebná podpora a rozvoj adekvátnych metód a metodológií. Zatiaľ sa nachádzame vo veľmi skorom štádiu a mnohé iniciatívy sú stále v skúšobnej fáze. Je nevyhnutné ďalej rozvíjať a vylepšovať existujúce metódy, aby sa dosiahol optimálny výsledok pre študentov. Okrem toho je dôležité investovať do odbornej prípravy učiteľov, ktorí budú schopní efektívne využívať nové technológie a metódy v rámci Vzdelávania 4.0. Metódy prinášajú nové možnosti a výzvy pre vzdelávací systém. Využitie umelej inteligencie a inovatívnych prístupov môže viesť k personalizovanejšiemu a efektívnejšiemu vzdelávaniu, ktoré bude lepšie pripravené na požiadavky moderného priemyslu a spoločnosti. Avšak, aby sme dosiahli úspech, je potrebné pokračovať výskumom a rozvojom v tejto oblasti a zabezpečiť primeranú podporu pre učiteľov a študentov.

## 4 Prehľad vedeckej literatúry

Poslaním koncepcie Vzdelávanie 3.0 bolo rozvíjať počítačové myslenie (Czakóová, 2020; Fülöp et al., 2022), algoritmické myslenie a riešenie problémov (Czakóová, 2019). Na dosiahnutie týchto cieľov boli vyvinuté rôzne metódy. Jednou z týchto metód bolo zavedenie používania robotov pre výučbu programovania. Výsledky ukazujú, že tento prístup sa dá úspešne použiť na základných a stredných školách aj na univerzitách (Czakóová & Stoffová, 2020). Ďalšou často používanou metódou je programovanie mikrokontrolérov počas výučby programovania (Udvaros & Végh, 2020; Udvaros & Takáč, 2022). Obidve metódy sú vizuálne atraktívne a zaujímavé pre študentov a podnecujú ich k experimentovaniu.

Digitálne technológie umožňujú transformáciu vzdelávacích inštitúcií (Udvaros, 2019), menia spôsob prenosu a hodnotenia znalostí a zručností a umožňujú realizáciu digitálnych vzdelávacích ekosystémov. Priemysel 4.0 vyžaduje vysoko kvalifikovaných zamestnancov a z tohto dôvodu sa objavila koncepcia Vzdelávanie 4.0, ktorá sa zameriava na prípravu budúcich pracovníkov pre Priemysel 4.0. Napriek dôležitosti Vzdelávania 4.0 sa výskum a vývoj v tejto oblasti nachádza na začiatku a oblasti Vzdelávanie 4.0 a digitálnych vzdelávacích ekosystémov sa rozširujú takým spôsobom, že neexistuje jasná predstava o tom, ako budú spĺňať požiadavky Priemyslu 4.0 a ako budú digitálne vzdelávacie ekosystémy podporovať dosiahnutie cieľov (Chituc, 2021).



**Obr. č. 1:** Koncepcia Vzdelávanie 4.0 (Zdroj: Vlastné úpravy na základe vedeckých zdrojov.)

Podľa definície uvedenej v Cambridge Dictionary znamená umelá inteligencia schopnosť počítačov alebo iných strojov prejavovať alebo simulovať inteligentné správanie. Táto definícia podporuje pochopenie, že výraz "umelá" sa môže vzťahovať na počítače alebo iné druhy strojov, ale nedáva odpoveď na otázku, čo zvyčajne chápeme pod pojmom "inteligentné správanie" alebo "inteligencia". V skutočnosti definícia inteligencie a otázka, či stroje môžu preukazovať inteligentné správanie, je predmetom diskusií už veľmi dlho. Alan Turing, ktorého mnohí považujú za otca modernej počítačovej vedy a umelej inteligencie, tvrdil, že počítač sa môže považovať za inteligentný, ak úspešne splní úlohu nazývanú imitačná hra (ktorá sa dnes najčastejšie nazýva Turingov test). V tejto hre počítač, ktorý je skrytý pred nami, imituje človeka a odpovedá na otázky rovnako, ako by to urobil človek v priebehu série rozhovorov.

Existuje veľa definícií umelej inteligencie. Výskum Russella a Norviga ukazuje, že definície umelej inteligencie môžu byť usporiadané do štyroch rôznych matic, v závislosti od toho, či kladú väčší dôraz na myslenie alebo akcie a či prijímajú ľudský alebo racionálny pohľad:

- umelá inteligencia, ktorá sa snaží dosiahnuť myslenie a činnosť podobné ľuďom, s automatizáciou ľudských kognitívnych schopností ako sú rozhodovanie a riešenie problémov;
- umelá inteligencia, ktorá sa snaží dosiahnuť činnosť a myslenie podobné ľuďom, s automatizáciou ľudských nereflexívnych schopností ako je rozpoznávanie obrazov a zvukov;
- umelá inteligencia, ktorá sa snaží dosiahnuť racionálne myslenie, vnímanie a argumentáciu pomocou počítačových modelov (čo môže byť potrebné pre umelo- inteligentného asistenta);
- umelá inteligencia, ktorá sa snaží dosiahnuť racionálne činy. (Russell & Norvig, 2016).

Na používanie slova "umelá" v umelej inteligencii Searle tvrdí, že počítačový program nikdy nemôže byť schopný samostatného uvažovania a aby sme prešli hermeneutickej debate, mali by sme úplne opustiť použitie výrazu "umelej inteligencie" (Searle, 1980). Umelá inteligencia sa odvoláva na inteligenciu, ktorú prezentuje niečo, čo nie je ľudské. Mnohí autori, vrátane Douga Engelbarta a Vinta Cerfa, namiesto toho radšej poukazujú na to, čo nazývajú rozšírenou inteligenciou (Engelbart, 1962; Cerf, 2013). V skutočnosti je toto vysvetlenie predmetom mnohých diskusií. Tento prístup obchádza Searleho námietky tým, že tvrdí, že ľudský mozog je zdrojom inteligencie a počítač a jeho programy sú formulované

ako pokročilé nástroje, ktorými môžeme rozvíjať alebo zvyšovať naše intelektuálne schopnosti. V tomto prístupe sa počítače používajú na vykonávanie práce, ktorú ľudia majú ťažšie vykonávať (ako napríklad hľadanie vzorov v obrovských množstvách dát) a týmto spôsobom sa táto stratégia stáva efektívnejšou. Je pravda, že niektorí veria, že kombinácia človeka a umelej inteligencie má najväčší potenciál a prekoná človeka aj umelú inteligenciu samotnú. Napriek tomu sa debata medzi rozšírenou a umelou inteligenciou nevyhnutne bude nekonečne pokračovať a umelá inteligencia sa stane víťazom, aspoň z hľadiska populárneho použitia, aj keď sa ukáže, že rozšírená inteligencia je presnejšia alebo užitočnejšia.

Umelá inteligencia sa už vkradla do našich každodenných životov a stala sa často skrytým, ale základným, prenikavým a nevyhnutným aspektom. Čím viac sa vplietá do našich životov, tým menej ju vnímame ako druh umelej inteligencie. Namiesto toho na umelú inteligenciu často odkazujeme ako na sofistikovaný počítačový program, ako napríklad na spamový filter e-mailov, osobného asistenta ako Cortana, odporúčací engine v Netflixe alebo dokonca na softvér na učenie sa jazykov ako Duolingo. Potom sú tu inteligentné reproduktory riadené hlasom, ako Google Home a Amazon Echo. V skutočnosti v oblasti umelej inteligencie sa v nedávnej dobe dosiahli významné pokroky, najmä vďaka trom faktorom: rýchlejšie procesory, obrovské množstvo dát a nové výpočtové metódy. V mnohých ohľadoch boli tieto pokroky súčasne prelomové a hlboko revolučné. Neustále sa objavujú nové metódy, zdroje a produkty umelej inteligencie, ako napríklad autonómne vozidlá, online nakupovanie, automobilové novinárske písanie, online zoznamovanie, manipulácia s obrázkami, akciové obchodovanie, alebo dokonca právne a finančné služby. Všetky tieto aplikácie využívajú techniky umelej inteligencie, ako strojové učenie (supervízne, nesupervízne a posilňovacie učenie), neuronové siete (vrátane hlbokého učenia) a algoritmy. Umelá inteligencia, ako aj soft computing, je stále dôležitejšia v praxi. Na stredných školách a v netechnickom alebo vedeckom vysokoškolskom vzdelávaní je potrebné zabezpečiť zrozumiteľné zavedenie týchto technológií pre ich neskoršie využitie. V súčasnom výučbovom prostredí informatiky zohrávajú deterministické algoritmy veľkú úlohu a študenti sa ich naučia, pochopia a možno ich aj realizujú. Dôležité by bolo, aby sme nezávislé riešenia a techniky, ktoré sa neopierajú len o tradičné deterministické pozorovania, urobili známymi a zrozumiteľnými nielen pre študentov informatiky. Najlepším riešením je dosiahnutie určitých výsledkov vyhľadávania. Keďže tieto techniky tvoria jadro postupov v našom BigData svete, majú obrovský význam v ich vysokom stupni pochopenia na stredných školách. Nie je potrebné poznať

fungovanie jadra. V prvom kroku je potrebné predstaviť a objasniť dôležitosť, praktické problémy a relevanciu optimalizačných úloh v reálnom svete. V ďalšom kroku musíme ukázať, že ak robíme ústupky pre optimalizáciu pomocou iných, matematicky menej správnych prístupov, môžeme dosiahnuť skutočne dobré výsledky (Udvaros et al., 2019). Asimilácia umelej inteligencie do vzdelávania je nevyhnutným javom. Inteligentné nástroje poskytujú možnosti ako personalizovaná výučba, automatizované hodnotenie a v neposlednom rade výučba s virtuálnymi asistentmi alebo chatbotmi. Chatboty a iní virtuálni asistenti sú na trhu už roky a používajú sa na vzdelávacie účely na rôznych platformách otázok a odpovedí. ChatGPT však možno považovať za intelektuálnu revolúciu chatbotov, ktoré boli doteraz vydané. ChatGPT posunul koncept umelej inteligencie na novú úroveň a bolo nevyhnutné, aby debutoval vo vzdelávaní. V školách však môže táto úroveň a relatívna novosť priniesť nielen výhody, ale aj nebezpečenstvá (Annuš, 2023).

## 5 Aplikácie umelej inteligencie v oblasti vzdelávania

Vo využití umelej inteligencie v oblasti vzdelávania (Artificial Intelligence in Education – AIED) nie je možné urobiť všeobecné závery o tom, či dobre funguje AIED alebo nie. Namiesto toho si musíme byť vedomí toho, o aký typ využitia umelej inteligencie ide, pretože existuje mnoho teoretických aplikácií, ako aj takých, ktoré sú z etických, pedagogických alebo vzdelávacích dôvodov spochybňované. Preto je podľa Holmesa užitočné rozdeliť nástroje a aplikácie AIED do troch rôznych, ale prekrývajúcich sa typov:

1. AIED zameraný na študentov,
2. AIED zameraný na učiteľov a
3. AIED zameraný na inštitúciu (Holmes, 2019).

Je nesporné, že tieto kategórie sú diskutabilné a nejasné, ktorá kategória sa vzťahuje na ktorý AIED nástroj. Napriek tomu poskytujú užitočný rámec na uľahčenie diskusií. Ďalej uvádzame príklady pre každý typ, ktoré sú určujúce z hľadiska AIED.

### AIED zameraný na študentov

Pred skúmaním rôznych typov vzdelávania a rozvojom inteligenciou, ktoré boli vytvorené špeciálne na podporu študentov, je dôležité si uvedomiť, že nie každý nástroj podporovaný umelou inteligenciou, ktorý používajú študenti, bol vytvo-



rený pre študentov. Presnejšie povedané, tieto technológie boli "prepracované" pre vzdelávacie účely. Hoci sa tieto nástroje obvykle nezaraďujú do kategórie AIED, musia byť zahrnuté po dôkladnom preskúmaní do AIED zameraných na študenta. Príkladom na opätovné použitie technológií podporovaných umelou inteligenciou na vzdelávacie účely sú Google Docs a Google Sheets, ako aj aplikácie podobných organizácií ako Tencent. Rôzne populárne platformy sociálnych médií tiež podporujú vzdelávanie študentov (napríklad počas obdobia pandémie COVID-19). Nasledujú tri typy AIED zameraných na študentov.

### *Intelligentné vyučovacie systémy (ITS)*

Najbežnejším a pravdepodobne najlepším financovaným využitím umelej inteligencie v oblasti vzdelávania sú tzv. "intelligentné vyučovacie systémy" (Intelligent Tutoring Systems – ITS). Tieto systémy ponúkajú väčšinou krok za krokom typ počítačového vzdelávania prostredníctvom dobre definovaných, štruktúrovaných predmetov, ako je matematika. ITS poskytuje každému študentovi informácie, aktivity a testy prispôbené jeho potrebám. Počas vykonávania aktivity systém zaznamenáva tisíce dátových bodov, napríklad kliknutia, zadané texty, správne vykonané úlohy a chyby (Holmes & Tuomi, 2022). Tieto informácie sa používajú na to, aby sa zistilo, aké sú najlepšie ďalšie informácie, aktivity alebo kvízy pre daného študenta. Vytvára sa tak personalizovaná cesta cez učivo a proces sa opakuje. ITS tiež vytvára správy pre učiteľov, aby videli, čo sa každý študent naučil. Príkladom obchodného ITS od francúzskej spoločnosti Domoscio je systém Spark. Spark robí učebné cesty jedinečné pre každého študenta a poskytuje učiteľom správy o analýze učenia. Ďalším skvelým príkladom ITS je Gooru Navigator, ktorý sa snaží byť ako Google Maps pre vzdelávanie. Gooru platforma využíva silne dátami riadené technológie umelej inteligencie. Analyzuje témy pokryté otvorenými vzdelávacími zdrojmi a prispôsobuje ich profilom a potrebám jednotlivých študentov. Momentálne má Gooru približne štyri milióny vzdelávacích zdrojov, ktoré vyberá umelá inteligencia.

### *Chatboty*

Chatboty, ktoré fungujú pomocou umelej inteligencie, sa neustále skúmajú a predávajú a stávajú sa čoraz bežnejším riešením pre rôzne účely v oblasti vzdelávania. Chatboty sú naprogramované tak, aby pomáhali a usmerňovali študentov v univerzitných službách, v oblasti zariadení, skúšok, informatiky, ubytovania, zdravotníctva a ďalších oblastiach. Študent sa môže opýtať, aký bol vyučovaný

materiál na dnešnej hodine, kde bude zajtra skúška alebo aké hodnotenie dostal za úlohu, ktorú nedávno vypracoval. (Holmes & Tuomi, 2022) Ada Lovelace je príkladom vzdelávacieho chatbota, ktorý bol vytvorený britskou univerzitou pomocou IBM Watson Conversation platformy. Ďalším známym príkladom je umele inteligentný virtuálny asistent (TA) na Georgia Tech, ktorý bol vyvinutý na základe umelej inteligencie. (Goel & Joyner, 2017) V počítačovej triede TA robot odpovedal na otázky študentov, akoby bol ľudským asistentom. Automaticky odpovedal na otázky, na ktoré už vedel odpoveď (napr. dátum odovzdania úlohy), ostatné otázky poslal ľudským asistentom na zodpovedanie. Takýto spôsob môže byť veľmi užitočný v online školách, kde by bolo pre personál ťažké zodpovedať všetky otázky od študentov online. Skutočnosť však, že virtuálny asistent neinformoval študentov o tom, že hovoria s robotom s umelou inteligenciou a, že niekedy sa snažil študentom klamať, že je človek (napr. meškanie odpovedí), môže vzbudiť etické otázky.

### *ChatGPT*

Vzdelávacie technológie ponúkajú študentom stredných škôl množstvo informácií a prispôbené vzdelávacie skúsenosti (Selwyn, 2016). Títo študenti často používajú digitálne nástroje a platformy, vrátane systémov riadenia vzdelávania, online vzdelávacích zdrojov a aplikácií (Greenhow et al., 2009). Okrem toho sa zapájajú do spoločného vzdelávania prostredníctvom platforiem, ako sú Google Docs a sociálne médiá (Lenhart et al., 2010). Študenti používajú ChatGPT na rôzne účely vrátane akademickej podpory, sociálnej komunikácie a osobného manažmentu a to vo vzdelávacom aj sociálnom kontexte. Na základe štúdie (Forman et al., 2023) študenti majú pozitívny pohľad na potenciál ChatGPT, výrazne ovplyvniť ich životy v nasledujúcich rokoch, pričom uznali možné prekážky. Na základe zistení tejto štúdie je zrejmé, že nástroje NLP, ako je ChatGPT, zohrávajú kľúčovú úlohu pri formovaní skúseností a očakávaní študentov stredných škôl. Pri komunikácii s ChatGPT je možné, že vygenerované odpovede môžu obsahovať neúplné alebo nesprávne informácie. To môže byť osobitný problém, ak študenti nie sú schopní identifikovať alebo opraviť tieto chyby. Prijímanie nesprávne interpretovaných alebo nesprávnych informácií môže študentov zavádzať a viesť k nesprávnym poznatkom. V dôsledku toho, ak chatboty nerozumejú požiadavkám používateľov, môžu tiež spôsobiť frustráciu v dôsledku neúspešnej komunikácie (Molnár & Szűts, 2018). Študenti môžu mať tendenciu príliš sa spoliehať na systémy AI ako je ChatGPT a môžu stratiť kritické myslenie alebo nezávislosť zručnosti pri

riešení problémov. Táto závislosť neprispieva k samostatnému učeniu a rozvoju študentov a môže z dlhodobého hľadiska brániť ich osobnému rozvoju. Iskenderov výskum tiež ukázal, že nadmerné používanie ChatGPT predstavuje riziko zníženia kritického myslenia študentov a nerovností vo vzdelaní (Iskander, 2023). Toto tvrdenie vyslovil samotný ChatGPT. Komunikácii so systémami AI môže chýbať prvok ľudskej interakcie a osobného kontaktu. Pre proces učenia je dôležitá interakcia s inštruktormi a rovesníkmi vo vzdelávaní. Systémy AI nedokážu vytvoriť osobné spojenie, ktoré zahŕňa emocionálnu podporu a spoluprácu. Systémy AI, ako aj ChatGPT, môžu pri komunikácii so študentmi zhromažďovať a ukladať údaje. Je dôležité, aby sa otázky súkromia a bezpečnosti správne riešili, aby sa zabezpečilo, že údaje študentov sú chránené a nedostanú sa do nepovolaných rúk (Annuš, 2023).

#### *Generátory obrázkov s umelou inteligenciou*

Generátory obrázkov Stable Diffusion, Midjourney a Dall-E 2 využívajú umelú inteligenciu a strojové učenie na vytváranie vizuálneho obsahu a obrázkov na základe textových inštrukcií – prinášu tak život prakticky nekonečnému množstvu nápadov z iného sveta. Ich používanie však nie je jednoduché (Borji, 2022). Vznikli komunity umelcov a amatérov, ktorí zdieľali výzvy a obrázky vytvorené pomocou týchto nástrojov. Výstupné obrázky nástrojov DALL-E a Midjourney sú diskrétné vizuálne formy založené na štatistickom vzorkovaní. Vo väčšine tradičných procesov vytvárania obrázkov reprezentatívne obrázky označujú jedinú entitu obsiahnutú v hraniciach obrázka. Generátory textu do obrázku treba chápať ako veľmi odlišnú formu reprezentácie, napriek ich povrchnej, možno až neskutocnej podobnosti s obrázkami generovanými inými prostriedkami. V dnešnej dobe je táto technológia stále veľmi nová (Wasielewski, 2023).

#### *Simulácie založené na umelej inteligencii (AR, VR, hry na učenie)*

Virtuálna realita (VR), rozšírená realita (AR) a simulácie založené na hraní sa často kombinujú so strojovým učením založeným na umelej inteligencii, rozpoznávaním obrazov a spracovaním prirodzeného jazyka a sú čoraz častejšie používané v oblasti vzdelávania. Umelé inteligencie založené na VR, budú použité napríklad na výcvik rezidentov neurochirurgie na rôzne operácie (McGuire & Alaraj, 2018), zatiaľ čo AI založené na AR sa používa na to, aby študenti mohli objavovať a hrať si s trojrozmernými modelmi organických molekúl, aby podporili pochopenie chémie (Behmke et al., 2018). Viac ako tisíc VR a AR expedícií vytvo-

rených spoločnosťou Google je tiež vhodných na vzdelávacie účely. V digitálnom hernom vzdelávaní (DGBL) sa čoraz častejšie používajú technológie umelej inteligencie na prispôbenie herného procesu jednotlivým študentom (Holmes & Tuomi, 2022). Vzniká otázka, čo je digitálne herné vzdelávanie. Digitálne herné vzdelávanie (DGBL) je úmyselné využívanie videohier na získanie určitých vedomostí, zručností a postojov. To môže zahŕňať učenie sa prostredníctvom hry, ale môže tiež zahŕňať učenie sa prostredníctvom tvorby hier. DGBL je teória, ktorá popisuje, ako sa učenie deje počas používania (najmä digitálnych) hier. Herné vzdelávanie zahŕňa množstvo iných teórií učenia, ktoré vysvetľujú, ako sa ľudia učia prostredníctvom hier.

### **AIED zameraný na učiteľa**

Mnoho AIED zameraných na študenta, najmä ITS, má rozhranie pre učiteľov, ktoré poskytuje živý obraz o tom, čo jednotliví študenti a skupiny študentov dosiahli a aké chybné predstavy majú. Tieto rozhrania často využívajú otvorené modely učenia (Bodily & Verbert, 2017). Jeden unikátny prístup spočíva v tom, že učiteľ nosí rozšírenú realitu (AR) okuliare, ktoré projektujú rozhraničené informácie nad hlavy študentov, keď integrujú s ITS (Holstein et al., 2018). Aj keď je to neuveriteľné, je to príklad použitia umelej inteligencie na riešenie problému spôsobeného samotnou AI (v tomto prípade riešenie problému, keď študenti používajú ITS, učiteľ nevidí, čo robia študenti a nemôže tak rýchlo poskytnúť vhodnú pomoc). Väčšina ITS a ďalších AIED založených na rozhraní sú zamerané na študenta. V skutočnosti existuje len málo príkladov AIED, ktoré sú vyslovene zamerané na učiteľa, ak ignorujeme prekryvania. Nasledujú tri praktické možnosti využitia, ktoré sú určite diskutabilné, ale stále do tejto kategórie zapadajú.

#### *Dozor v triede*

Systémy podporované umelou inteligenciou, ktoré sledujú žiakov v triede, sa čoraz častejšie používajú výskumnými a komerčnými organizáciami. Video aplikácie s využitím umelej inteligencie, ktoré sledujú, kam sa študent pozerá, môžu určiť, či sa sústreďa na učiteľa alebo na danú úlohu. Študentov tiež žiadajú, aby nosili EEG slúchadlá, ktoré zaznamenávajú ich mozgovú aktivitu, aby monitorovali ich pozornosť (Poulsen, 2017). Americká spoločnosť BrainCo tvrdí, že pomocou slúchadiel môžu učitelia skúmaním priemerného mozgového vlnenia celej triedy zistiť, ktorý študent potrebuje viac pomoci. V čínskych školách používa mnoho

Ľudí podobné headsety, kde učitelia a rodičia môžu online sledovať mozgovú aktivitu študentov (Holmes & Tuomi, 2022). Bez ohľadu na zrejmé etické obavy je dôležité zdôrazniť, že tieto systémy už teraz sú kontroverzné, pretože ich účinnosť má len málo dôkazov. Zároveň viaceré inštitúcie používajú systémy podporované umelou inteligenciou na sledovanie stôp študentov na univerzite (najčastejšie cez mobilnú aplikáciu), čo sťahujú z online učebných systémov, čo nakupujú v bufete a mnoho ďalších vecí.

### *Inteligentné zloženie učebných materiálov*

Internet zaplavujú vzdelávacie obsahy, ktoré sú k dispozícii v rôznych jazykoch a formách, s rôznou úrovňou prístupnosti a kvality. Pre učiteľov a študentov nie je problém nájsť obsah, ale skôr nájsť ľahko prístupný, kvalitný, relevantný a úspešne použiteľný obsah. K dispozícii sú dva komerčné produkty, Teacher Advisor a Clever Owl a aspoň jeden výskumný nástroj, X5GON, ktoré automaticky pracujú na webe, aby našli vhodné zdroje pre vyučovanie a učenie, ktoré vyhovujú požiadavkám učiteľov (Holmes & Tuomi, 2022).

### *Automatické zhodnotenie súhrnných výsledkov*

Už dlho existuje snaha o to, aby umelá inteligencia ušetrila čas a úsilie učiteľov tým, že automatizuje hodnotenie študentských úloh a domácich úloh (Watters, 2022). Automatické zhodnotenie, ktoré sa zvyčajne nazýva "autograder", je druhou najväčšou komerčnou a financovanou výskumnou oblasťou po ITS. Autograderi sa už používajú na hodnotenie kurzov informatiky a matematiky, ako aj písomných úloh (Ramesh & Sanampudi, 2021). Niektoré autogradery dokážu identifikovať typ problému a poradiť študentovi, ako ho opraviť, zatiaľ čo iné autogradery dokážu hodnotiť odpovede študentov s približne 90% presnosťou v závislosti od témy (Hsu, 2021). Avšak použitie počítačového hodnotenia stále vyvoláva diskusiu, najmä ak má test vysokú stávkú. Pre testovanie s vysokými rizikami by platili pravidlá navrhovaného zákona EÚ o AI, pretože ide o jeden z dvoch prípadov vysokého rizika podľa tohto zákona (Holmes & Tuomi, 2022). E-Rater je jeden z komerčne dostupných príkladov automatizácie súhrnného hodnotenia.

### **AIED zameraný na inštitúciu**

Technológie podporujúce rozdelenie finančnej podpory, plánovanie kurzov, harmonogramov a rozvrhov, identifikácia odstúpenia a ohrozených študentov tvoria

súčasť inštitucionálnej AIED (Del Bonifro et al., 2020). Tieto nástroje vykonávajú jednoznačné administratívne funkcie a majú veľa spoločných znakov s podnikovou umelou inteligenciou. Ďalej sa rozoberajú dva kritické a protichodné informačné technológie zamerané na inštitúcie, ktoré sú založené na umelej inteligencii: prijímací proces (jeden z vysokorizikových prípadov použitia definovaný v navrhovanej európskej smernici o umelej inteligencii) a e-Proctoring.

### *Prijímací proces*

Mnoho vysokoškolských inštitúcií už používa na podporu prijímacieho procesu softvéry podporované umelou inteligenciou, ktoré sú k dispozícii na trhu. Tieto softvéry sú najviac využívané v Spojených štátoch, ale zďaleka nie sú imúnne voči kritike. Ich cieľom je pomôcť odstrániť skryté ľudské predsudky, ktoré ovplyvňujú rozhodnutia (ako skupinové zmýšľanie a rasové a pohlavné predsudky) a zároveň zabezpečiť úsporu nákladov a zlepšenie spravodlivosti pri prijímacom procese. Napríklad University of Texas v Austine vytvorila systém GRADE, ktorý na základe výsledkov testov, študijných výsledkov a odporúčaní rozhoduje o tom, či by mali prijať uchádzača. Univerzita tvrdí, že tento prístup ušetrí aspoň 74 % času, ktorý by sa zvyčajne vynakladal na prijímacie skúšky (Waters & Miikkulainen, 2014). V roku 2020 bola GRADE zrušená, pretože opäť vytvorila problémy, ktoré mala riešiť. Používanie umelej inteligencie na podporu prijímacieho procesu sa však stáva čoraz bežnejším, často použitým nástrojom poskytovaným ziskovo orientovanými podnikmi ako je Salesforce.

### *e-Proctoring (e-Kontrola)*

Na začiatku pandémie COVID-19 sa mnoho výučby a skúšok presunulo na internet, čo spôsobilo obrovský nárast podnikania pre viacerých poskytovateľov kontrolnej technológie, alebo e-Proctoring (Nigam, 2021). E-Proctoring sa snaží počas online skúšky zabezpečiť študentskú integritu pomocou automatizovaného sledovania kamier a mikrofónov podporovaných umelou inteligenciou – sledovaním tvárových mimík a sledovaním stlačenia klávesov a pohybu myšou. Tieto technológie sú však veľmi kontroverzné. Bolo im vyčítané porušovanie súkromia, nesprávne fungovanie, diskriminácia, narušenie schopnosti študentov podstúpať skúšky a zhoršovanie duševného zdravia (Henry & Oliver, 2021). V skutočnosti je e-Proctoring pravdepodobne jedným z najlepších príkladov toho, ako sa umelá inteligencia využíva na automatizáciu neúčinných pedagogických postupov namiesto toho, aby sa vytvorili nové, skutočne účinné alternatívy.

## 6 Diskusia a záver

Aj keď je dôležitosť Vzdelávania 4.0 zrejme, výskum a vývoj sa nachádzajú stále v počiatočnej fáze. Vzdelávanie 4.0 a digitálne oblasti vzdelávania sa rozširujú a neexistuje jasná predstava o tom, ako budú uspokojené požiadavky Priemyslu 4.0 a ako digitálne vzdelávacie ekosystémy podporia dosiahnutie cieľov. Umelá inteligencia prispieva k najnovším vývojom v oblasti Priemyslu 4.0.

V súčasnosti nie je pre nedostatok primeraného výskumu isté, či existujúce AIED nástroje, ktoré sa v praxi používajú, skutočne podporujú dlhodobý učebný proces študentov. ITS, ktorý je jedným z najobľúbenejších a najviac používaných nástrojov v rámci AIED, je stále v začiatkoch a nepomáha práci v triedach tak, ako by bolo nevyhnutné. ITS systémy nie sú ešte pripravené nahradiť prácu učiteľov a z hľadiska študentov nenahrádzajú prítomnosť učiteľa. Pre niektoré kognitívne funkcie je nevyhnutné skupinové vzdelávanie a diskusie v rámci skupiny. V súčasnej podobe ITS bráni týmto aktivitám a izoluje študentov od seba, čo podľa osobných názorov neprospeje ich rozvoju. Možnosťou riešenia problémov ITS môže byť použitie DBTS systému. Na rozdiel od ITS, DBTS je schopný prijímať a spracúvať študentskú odpoveď v rovnakom čase a v dialógu so študentom upozorňuje na prípadné nesprávne odpovede a navrhuje opravu. Takýto systém môže podporovať dlhodobé vzdelávanie študentov. Všetko toto na jeho rečou ovládanom smartfóne. Budúcnosť nástrojov AIED závisí od "etického" faktora, ktorý je nevyhnutné zvažovať. Etické otázky AIED sa musia najprv plne vyjasniť, čo je ťažké úsilie, ktoré zahŕňa mnoho zainteresovaných strán (od detí až po filozofov, od učiteľov až po politických rozhodovateľov, od rodičov po vývojárov). Pedagógovia, rozhodovatelia a odborníci v oblasti učenia si musia uvedomovať hlavné obavy súvisiace so zhromažďovaním údajov (aké údaje zbierajú a aké údaje ignorujú). Pre zabezpečenie presnosti a transparentnosti rozhodnutí musíme porozumieť aj používaným výpočtovým metódam (ako sa robia rozhodnutia a aké odchýlky sa vyskytujú) (Bódi, 2021). V našom článku sme zdôraznili niektoré vyučovacie

metódy a nástroje, ktoré môžu pomôcť odborníkom, ktorí pracujú na integrácii aplikácií umelej inteligencie do vzdelávania. Tieto vzdelávacie zdroje môžu pomôcť učiteľom a študentom využiť mnohé výhody umelej inteligencie, zatiaľ čo sa zároveň zorientujú v etických otázkach, najmä tých týkajúcich sa predsudkov a ochrany súkromia. Výskumy zamerané na rozvoj vyučovacích techník pre umelú inteligenciu a etiku sú však stále nedostatočné. Pre navrhovanie budúcich materiálov by bolo užitočné, ak by učitelia a študenti mohli vyjadriť svoje obavy ohľadom dohľadu a autonómie a kriticky ich preskúmať. Pri navrhovaní vzdelávacích materiálov zameraných na dohľad, ochranu súkromia, autonómiu a predsudky by tvorcovia učebných osnov mohli uvažovať o dôraze na kultúrne relevantnú a citlivú pedagogiku (s ohľadom na predchádzajúce skúsenosti a kultúrne pozadie študentov). V takýchto vzdelávacích situáciách zameraných na študentov sa študenti môžu vyjadrovať o svojich vlastných kultúrnych a kontextuálnych skúsenostiach, pričom sa snažia spochybňovať a prekračovať existujúce mocenské štruktúry a rozvíjať svoje sociálne povedomie. Etika by sa nemala prispôbovať AIED, ale AIED by sa mala prispôbiť etike. Preto by malo byť samozrejmé, že nástroje, ktoré vzbudzujú etické pochybnosti pri ich používaní, by nemali byť používané v triedach a ak je to potrebné, mali by byť upravené alebo dokonca zakázané v súlade s etickými pravidlami.

## 7 Použitá literatúra

- Annuš, N. (2023). Chatbots in Education: The impact of Artificial Intelligence based ChatGPT on Teachers and Students. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(4), 366–370. <https://doi.org/10.59287/ijanser.739>
- Baygin, M., Yetis, H., Karakose, M., & Akin, E. (2016). An Effect Analysis of Industry 4.0 to Higher Education. 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 1–4. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2016.7760744>.
- Behmke, D., Kerven, D., Lutz, R., Paredes, J., Pennington, R., Brannock, E., Deiters, M., Rose, J., & Stevens, K. (2018). Augmented Reality Chemistry: Transforming 2-D Molecular Representations into Interactive 3-D Structures. *Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference*, 2(1). <https://doi.org/10.20429/stem.2018.020103>
- Benesova, A., Hirman, M., Steiner, F., & Tupa, J. (2019). Requirements for Education 4.0 and study programs within Industry 4.0. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Pilsen, Czech Republic, July 23–26. IEOM Society International.
- Bódi S. (2021). A gyermek jogai, In: Alapjogok, Az emberi jogok alkotmányos védelme Magyarországon, szerk. Bódi S. Schweitzer G., Budapest, Ludovika kiadó, 451–466. ISBN 978-963-531-399-0.



- Bodily, R., & Verbert, K. (2017). Review of Research on Student-Facing Learning Analytics Dashboards and Educational Recommender Systems. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(4), 405–418. <https://doi.org/10.1109/tlt.2017.2740172>
- Cerf, V. G. (2013). Augmented intelligence. *IEEE Internet Computing*, 17(5), 96–96.
- Borji, A. (2022). Generated faces in the wild: Quantitative comparison of stable diffusion, midjourney and dall-e 2. *arXiv preprint arXiv:2210.00586*.
- Chituc, C. M. (2021). A Framework for Education 4.0 in Digital Education Ecosystems. In *Working Conference on Virtual Enterprises*, pp. 702–709. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85969-5\\_66](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85969-5_66)
- Czakóová, K. (2019). Mathematical model based interactive simulations in education. In *ICERI 2019 Proceedings of the 12th International Conference of Education, Research and Innovation: Enlightening Minds through Education*. p. 10120–10125, Seville: IATED Academy. ISSN 2340-1095. <https://doi.org/10.21125/iceri.2019.2479>
- Czakóová, K. (2020). Developing algorithmic thinking by educational computer games. In *Proceedings of the 16th International Scientific Conference: "eLearning and Software for Education: eLearning sustainment for never-ending learning*. Volume 1, p. 26–33. Bucharest, "CAROL I" National Defence University Editura, Universitara, 2020. ISSN 2066-026X, <https://doi.org/10.12753/2066-026X-20-003>
- Czakóová, K., & Stoffová, V. (2019). Training teachers of computer science for teaching algorithmization and programming. In: *IMSCI '20 : proceedings, The 14th International Multi-conference on Society, Cybernetics and Informatics : Proceedings (Post-Conference Edition)*. Winter Garden: International Institute of Informatics and Systemics, 2020, p. 231–235. ISBN 978-1-950492-40-4.
- Del Bonifro, F., Gabbrielli, M., Lisanti, G., & Zingaro, S. P. (2020, July). Student dropout prediction. In *International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 129–140). Springer, Cham.
- Engelbart, D. C. (1962). Augmenting human intellect: A conceptual framework. Menlo Park, CA: Stanford Research Institute.
- Forman, N., Udvaros, J., & Avornicului, M. S. (2023). ChatGPT: A new study tool shaping the future for high school students. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(4), 95–102. <https://doi.org/10.59287/ijanser.562>
- Fülöp M.T., Udvaros, J., Gubán Á., & Sándor Á. (2022). Development of Computational Thinking Using Microcontrollers Integrated into OOP (Object-Oriented Programming), Sustainability (Switzerland), 14 (12), art. no. 7218, <https://doi.org/10.3390/su14127218>
- Gehrke, L., Kühn, A.T., Rule, D., Moore, P., Bellmann, C., Siemes, S., et al. (2015). A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. Düsseldorf.
- Goel, A. K., & Joyner, D. A. (2017). Using AI to Teach AI: Lessons from an Online AI Class. *AI Magazine*, 38(2), 48–59. <https://doi.org/10.1609/aimag.v38i2.2732>
- Greenhow, C., Robelia, B., & Hughes, J. E. (2009). Learning, teaching, and scholarship in a digital age: Web 2.0 and classroom research: What path should we take now? *Educational Researcher*, vol. 38, no. 4, pp. 246–259. <https://doi.org/10.3102/0013189X09336671>
- Henry, J. V., & Oliver, M. (2021). Who Will Watch the Watchmen? The Ethico-political Arrangements of Algorithmic Proctoring for Academic Integrity. *Postdigital Science and Education*, 4(2), 330–353. <https://doi.org/10.1007/s42438-021-00273-1>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Independently Published.

- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
- Holstein, K., Hong, G., Tegene, M., McLaren, B.M., & Alevén, V. (2018). The classroom as a dashboard: co-designing wearable cognitive augmentation for K-12 teachers. *Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. <https://doi.org/10.1145/3170358.3170377>
- Hsu, S., Li, T. W., Zhang, Z., Fowler, M., Zilles, C., & Karahalios, K. (2021). Attitudes Surrounding an Imperfect AI Autograder. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445424>
- Iskender, A. (2023). Holy or Unholy? Interview with Open AI's ChatGPT, *European Journal of Tourism Research*, 34, 3414, 2023. <https://doi.org/10.54055/ejtr.v34i.3169>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R.P., & Suman, R. (2022). Artificial Intelligence Applications for Industry 4.0: A Literature-Based Study. *J. Ind. Integr. Manag. Innov. Entrep.*, 7, 83–111, <https://doi.org/10.1142/S2424862221300040>
- Lenhart, A., Purcell, K., Smith, A., & Zickuhr, K. (2010). Social media & mobile internet use among teens and young adults. Pew Internet & American Life Project.
- McGuire, L. S., & Alaraj, A. (2018). Competency Assessment in Virtual Reality-Based Simulation in Neurosurgical Training. *Comprehensive Healthcare Simulation: Neurosurgery*, 153–157. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75583-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75583-0_12)
- Molnár, G. & Szűts, Z. (2018). The Role of Chatbots in Formal Education, in *IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*.
- Nigam, A., Pasricha, R., Singh, T., & Churi, P. (2021). A Systematic Review on AI-based Proctoring Systems: Past, Present and Future. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6421–6445. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10597-x>
- Poulsen, A. T., Kamronn, S., Dmochowski, J., Parra, L. C., & Hansen, L. K. (2017). EEG in the classroom: Synchronised neural recordings during video presentation. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/srep43916>
- Ramesh, D., & Sanampudi, S. K. (2021). An automated essay scoring systems: a systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*, 55(3), 2495–2527. <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10068-2>
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Global Edition. Pearson.
- Searle, J. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(3), 417–424. doi:10.1017/S0140525X00005756
- Udvaros J. (2019). Teaching Object Oriented Programming By Visual Devices, *eLearning and Software for Education* 15 pp. 407–413. Paper: 7, 7 p. <https://doi.org/10.12753/2066-026X-19-054>
- Udvaros, J., Gubán, Á., & Gubán, M. (2019). Methods of artificial intelligence in economical and logistical education. *eLearning and Software for Education Conference*, pp. 414–421, <https://doi.org/10.12753/2066-026X-19-055>.
- Udvaros J., & Takács O. (2022). TECHNICAL IT SOLUTIONS IN TEACHING, (2022), *INTED2022 Proceedings*, pp. 4047–4052. <https://doi.org/10.21125/inted.2022.1107>
- Udvaros J., & Végh L. (2020). New teaching methods by using microcontrollers in teaching programming, *eLearning and Software for Education Conference*, pp. 630 – 637, <https://doi.org/10.12753/2066-026X-20-082>
- Selwyn, N. (2016). *Education and technology: Key issues and debates*. Bloomsbury Publishing.
- Vhryssolouris, G., Mavrikios, D., & Mourtzis, D. (2013). Manufacturing systems: skills & competencies for the future, *Procedia CIRP*, 7, pp. 17–24.

- Wasielewski, A. (2023). "Midjourney Can't Count": Questions of Representation and Meaning for Text-to-Image Generators. *The Interdisciplinary Journal of Image Sciences*, 37(1), 71–82.
- Watters, A. (2022). Teaching Machines: The History of Personalized Learning. *Perspectives on Science and Christian Faith*, 74(3), 190–191. <https://doi.org/10.56315/pscf9-22watters>
- Watters, A., & Miikkulainen, R. (2014). GRADE: Machine Learning Support for Graduate Admissions. *AI Magazine*, 35(1), 64. <https://doi.org/10.1609/aimag.v35i1.2504>