

# A TECHNOLÓGIAI TUDOMÁNYOK FŐBB KUTATÁSI ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

Racskó Réka

## Bevezetés

A STE(A)M négy terület – a (S) természettudomány, a (T) technológia, a (E) mérnöki tudományok és a (M) matematika – interdiszciplináris és transzverzális oktatására helyezi a hangsúlyt; napjainkra kiegészülve a művészeti területtel (A) (Schattschneider, 2006 idézi Fenyvesi, 2016)

A fogalom 1995-től létezik, tulajdonképpen a reáltudományok új gyűjtőneveként fogható fel, azonban több mint egy rövidítés. Egy olyan filozófiát takar, amely egyszerre jelenti a kompetenciafejlesztést, a módszertani támogatást és a munkáltatókkal való kooperációt. Hazánkban az MTMI, míg német nyelvterületen a MINT rövidítés használata vált elfogadottá.

Célja az érdeklődés felkeltésén túl, hogy segítse elkerülni azt, hogy a természettudomány iránt érdeklődő gyerekek az iskolai oktatás során elveszítsék a lelkesedésüket, elfordulva a műszaki pályáktól, így e területek oktatására, kutatására, valamint utánpótlásnevelésére fókuszál, hiszen e szakmákban jelentős munkaerőpiaci felvevőigény van, és egyben nagy hiány is mutatkozik napjainkban.

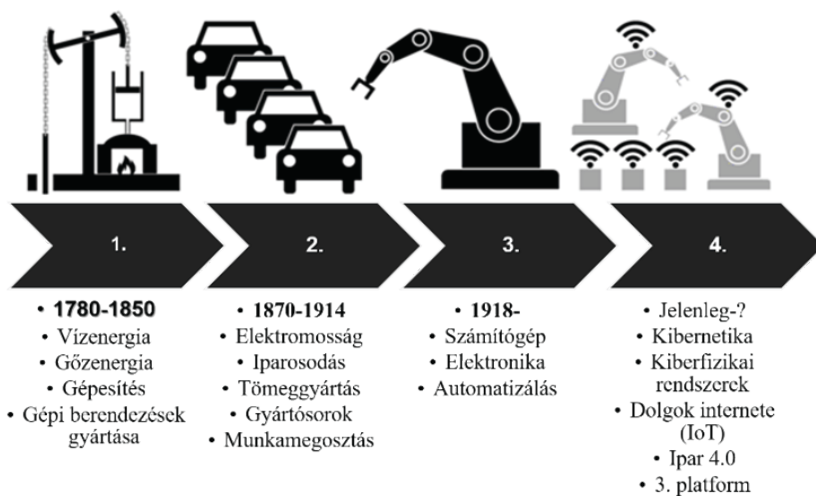
Az ipari forradalom okozta markáns változásokban számos elemző szerint kiemelt szerepet tölt be a STEAM-területek helyzete, hiszen ahogyan Halász Gábor (2014. p. 7.) is kiemeli: *„A legtöbb elemző, aki megpróbálja megfejteni az országok gazdasági versenyképességének titkát, arra a következtetésre jut, hogy ebben meghatározó szerepe van a természettudományos, műszaki és matematikai oktatásnak, azaz – angol mozaikszóval – a STEM tantárgyak sikeres tanításának. Sokan erre vezetik vissza a kelet- és délkelet-ázsiai országok látványos gazdasági sikereit, és a fejlett világ legtöbb országában programok sokaságát láthatjuk, amelyek e terület fejlesztésére irányulnak.”*

Ezen összefüggések felismerését számos nemzetközi intézkedés is igazolta, például az Egyesült Államok elnöke 2009-ben egy, elsősorban a hallgatók STEM-területek iránti pályaorientációját segítő átfogó programot hirdetett, míg Európában az European Round Table of Industrialists, az európai fejlődés kulcstényezőjeként azonosította a matematika és természettudományos oktatást. (Szegeði, 2014. p.10.)

Szomorú tény, hogy a STEAM-területek iránti érdeklődés a fiatalok körében erősen negatív tendenciát mutat, hiszen a kezdeti nagy érdeklődést hamar elveszítik, és sokan nem tanulnak ezen irányban tovább, pedig ezek a területek a negyedik ipari forradalom korában fontos szerepet játszanak a modern gazdaságban és technológiai fejlődésben, amire nagymértékben támaszkodik az ipar és a hazai gazdaság egésze, mind a gyártás, mind a kutatás-fejlesztés területén, főként a matematikusok, biológusok, fizikusok, kémikusok, mérnökök és informatikusok, adattudósok, valamint olyan új szakmák iránt mutatkozik kereslet (Big Data adatelemző, virtuális valóság tervező, prompt-mérnök) amelyek a technológiai fejlődésnek köszönhetően jelennek meg.

#### A 4. ipari forradalom jellemzői

Ipari forradalomnak nevezik azt az átfogó társadalmi, gazdasági és technológiai változást, amely 1769 és 1850 között először Nagy-Britanniában, majd Európa és Észak-Amerika egyes régióiban zajlott le. Jelenleg ennek a folyamatnak egy következő időszakát éljük, amelyet a 4. ipari forradalomnak nevezünk és az életünk minden területére hatást gyakorol a technológiai eszközök megjelenése és minél magasabb szintű integrálása révén, ugyanis mint minden forradalom, gyors, robbanásszerű, gyökeres változást idéz elő a gazdasági, társadalmi és a kulturális életben.



1. ábra Az ipari forradalmak jellemzői

(Ábra alapja: [http://blogs-images.forbes.com/bernardmarr/files/2016/03/Industry\\_4.0.png](http://blogs-images.forbes.com/bernardmarr/files/2016/03/Industry_4.0.png))

Az emberiség életében eddig három ipari forradalom zárult le.

1. ipari forradalom (1770-1870): gépesítés kora
2. ipari forradalom (1870-1918): a technológiai érettség korszaka
3. ipari forradalom (több megszakítással) (1918-1990): automatizáció kora
4. ipari forradalom (2000-): az okoshálózatok, a kiberfizikai és a digitalizáció kora, amely átmenetet képez a régebbi korszakok és az információs társadalom között. (Rónay, 2021)

A klasszikus ipari forradalom a gőzgép és a vasút korszaka volt, amikor az új energiatermelés állt a középpontban és ez generálta az ipar átalakulását. Ezt követte az acél térhódítása, az elektromosság és a nehézipar fejlődése, majd a XX. század elején az olaj, az automobil és a tömegtermelés forradalma. Ezt követően az automatizáció és a robotizáció kapott egyre nagyobb teret, majd az információs és telekommunikációs technológia került a középpontba. Mára pedig az okos üzemek, a dolgok internete és a felhő alapú technológia, a kiberfizikai rendszerek és a 3. platform általános elterjedése a jellemző, amelyet röviden az ipar 4.0 jelzővel illetnek. Erre a korszakra az alacsony belépési korlát és a gyors megtérülési idő jellemző.

Az Európai Parlament 2016-ban megfogalmazott állásfoglalása szerint: *„Az ipar 4.0 a termelési folyamatok olyan szervezését írja le, melynek keretében az eszközök önállóan kommunikálnak egymással az értéklánc mentén: a jövő egy olyan 'okos' gyárat hozva létre ezzel, amelyben a számítógép-vezérelt rendszerek nyomon követik a fizikai folyamatokat, létrehozzák a fizikai valóság virtuális mását és decentralizált döntéseket hoznak önszervező mechanizmusok alapján”.* (Industry 4.0 Policy Department Economic and Scientific Policy, 2016, p. 22-23.)

Egy dologban biztosak lehetünk: Az eddigi ipari forradalmak a társadalom életét és működését is átalakították. (Rónay, 2021) Jelenleg társadalmunk tehát egy újabb kultúraváltás előtt áll, amely a napjainkban is zajló 4. ipari forradalom hatására következik be, az információs és kommunikációs technológia minél erőteljesebb térhódítása révén, amelynek természetes velejáróját jól leírja az alábbi kijelentés: *„A digitalizáció nem választás kérdése, az viszont a mi döntésünk, hogy elszennvedői vagy aktív résztvevői legyünk a változásnak. A digitális jólét ugyanis azt jelenti, hogy [...] alkotóivá válunk a folyamatnak és az elkerülhetetlen változást tudatosan javunkra fordítjuk.”* (Mattheisen, 2016)

Az internet korában a Világbank adatai szerint az információ a negyedik gazdasági ág, ahol az adat az új olaj.



2. ábra: A világképfelfogások alakulása  
(A kép tartalma az alábbi forrás alapján készült: Z. Karvalics (2012).

Az ipari forradalmakhoz világképváltások is társulnak. A korábbi mechanikus, majd energia központú világképről az információközpontú világképre és a megismerés tudományának új szintjére kellene lépniük.

A változás állandó része lett az életünket, amelyet a VUCA-világ jelenségével jellemezhetünk: „A társadalomkutatók és a közgazdászok világunk leírására az elmúlt években egyre gyakrabban a VUCA jelzöt használják (Csepeli, 2015). Az angol nyelvű mozaikszó feloldása: *volatility, uncertainty, complexity, ambiguity*, azaz változékonyság, bizonytalanság vagy kiszámíthatatlanság, bonyolultság és ellentmondásosság. A VUCA világában a technikai fejlődés során fellépő jelenségek vizsgálata így komplex tevékenység, hatásuk megítélése nem egyértelmű. A VUCA világának része az új tanítási és tanulási folyamatok létrehozását magában foglaló digitális pedagógia is, akkor is, ha az oktatáskutatók nem a VUCA jelzöt használják világunk leírására, hanem a folyamatos változásra épülő információs társadalom fogalmát.” (Szűts, 2020. 77.)

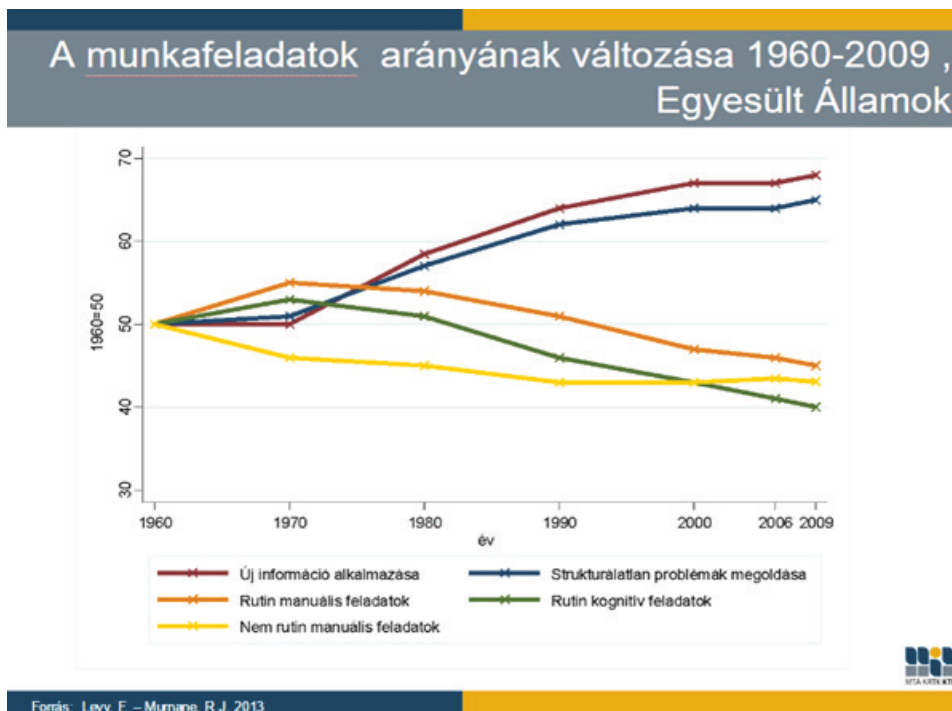
#### A 4. ipari forradalom hatása a munkaerőpiacra

Az új gazdaság korában a munkavállalók helyezte nem könnyű, hiszen a nagyon gyors technológiai változások új készségeket és kompetenciákat kívánnak. A legfontosabb termelési tényezővé a magas hozzáadott értéket biztosítani képes emberi tudás válik. A technológiai fejlődés (automatizáció) következtében nő a termelékenység, de egyúttal csökken a munkával töltött idő. (Radó, 2017)

E változásokra az oktatásnak, mint a jövőre irányuló tevékenységnek reagálni kell, hiszen egyre több kutatás bizonyítja, hogy kiéleződtek a képzettségstruktúra és a munkaerőpiaci kereslet közötti meg nem felelések (pl. műszaki végzettségűek hiánya).

A Világgazdasági Fórum 2016-os felméréseinek adatai alapján növekedni fog a kereslet az üzleti, pénzügyi tevékenységek, a menedzsment, az informatika és matematika, a kereskedelem, az építészet, a mérnöki munkák, valamint az oktatás és képzés területein. (World Economic Forum, 2016 idézi Radó, 2017. p. 63.)

Az Oxfordi Egyetem kutatása is hasonló megállapításokat tesz (Frey és Osborne, 2017), miszerint 2033-ra a technológiai fejlődés miatt az ember által végzett szakmáknak majdnem a fele (47 százalék) tűnik majd el. (Lengyel, 2016)



3. ábra A munkafeladatok arányainak változása az Egyesült Államokban, 1960-2009 Varga Júlia (2017). A közoktatás problémáinak gazdasági okairól és következményeiről. Az eredetije Lévy, Frank – Richard J. Murnane (2013) URL: <https://drive.google.com/file/d/0B1wqAOHyNPV1S0czaGZmUXhrcXc/view>

Ha a munkafeladatok arányának változását megnézzük, jól látszik, hogy a manuális és kognitív rutinfeladatok aránya az elmúlt 50 évben folyamatosan csökken. Ilyen például, a gyártás mellett végzett munka, vagy a könyvelés. Ezek a feladatok ugyanis könnyen gépesíthetők, robotizálhatóak. Nő viszont az igény a strukturalatlan

problémamegoldással járó feladatok iránt, mint az orvosi diagnózis, és az új információ alkalmazását és szintetizálását igénylő munkafeladatok iránt, ahol több információ összekapcsolása alapján kell dönteni. (Lévy és Murnane 2013 idézi Varga, 2017)

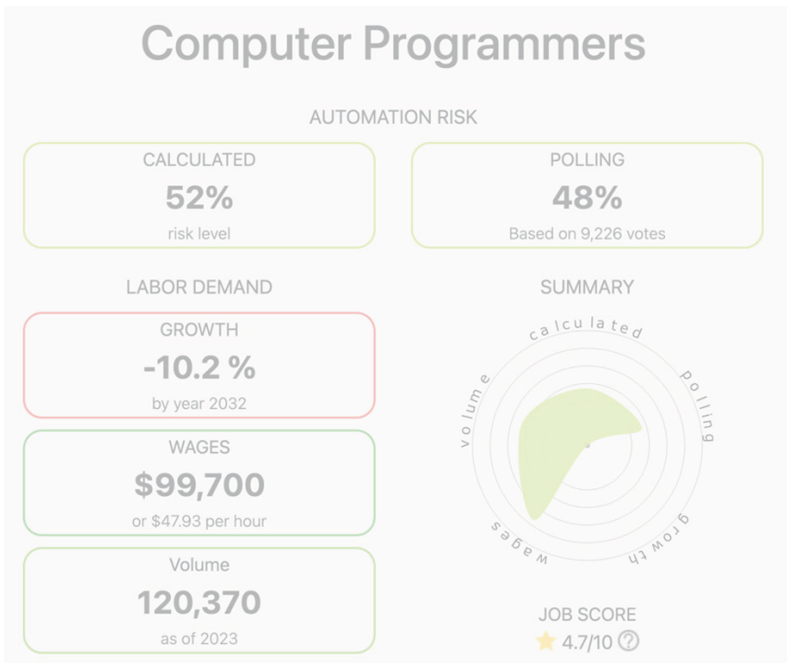
## Munkaerőpiaci változások

Az átalakulások a társadalom és a munkaerőpiac terén már kézzel foghatók, hiszen minden munkakörben megjelenik a digitalizáció, és várhatóan minden munkatípusban növekedni fog a munka elvégzéséhez szükséges “készségigény” (skill demand), hiszen a ma iskolába lépő gyerekek több mint 60 %-a olyan munkát végez majd, amelyek ma még nem léteznek. (Radó, 2017. p. 63.)

Az alábbiakban olyan előrejelzéseket mutatunk be, amely támogathatják a pályaválasztást és utat mutathatnak az ideális szakma kiválasztásában.

### **A robotok már a spájzban vannak!**

A munkakörök robotizációját és automatizáltságának fokát jelzi előre a Will Robots Take My Job? (<https://willrobotstakemyjob.com/>) weboldal, ahol a munkakörök munkahelyi automatizáltsági pontszámot (Job score) kapnak 0-10 között.



4. ábra Programozók jövője az automatizáció korában (<https://willrobotstakemyjob.com/>)

### **Rímekbe szedve...**

11 izgalmas, már létező és jövőbeni foglalkozást mutat be a népszerű magyar költő, Varró Dániel 2018-ban készített. *Ha nagy leszek szoftvertesztelő leszek* című ingyenesen elérhető kiadványa.



5. ábra Varró Dániel versgyűjteménye *Ingyenesen elérhető: <https://mek.oszk.hu/18100/18109/18109.pdf>*

### **A jövő munkahelyei előrejelzések**

A Világgazdasági Fórum 2023-ban megjelent jelentésében a globális munkaerő-piaci helyzetet mutatja be olyan tekintetben, hogy 2023-ban a munkaerőpiac átalakulásának milyen mozgatórugói vannak, milyen a technológiai trendek várható hatása az iparági átalakulásra és a foglalkoztatásra, valamint milyen lehetőségek várnak a tanulókra a jövő munkahelyein.



*<https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>*

**Pályaorientációs kvíz a jövő munkaköreihez**

A jövő 100 munkahelye egy a Ford Australia, a Deakin Egyetem és a Griffith Egyetem közös kutatási projektje, amelynek célja, hogy megvizsgálja a munka jövőjét az egyre inkább technológia által vezérelt társadalomban. A kutatás eredményeként 100 olyan munkakört azonosítottak és jellemeztek, amelyek az alábbi területen a jövőben dominánsak lesznek:

- Technológiai munkakörök
- Emberekkel kapcsolatos munkakörök
- Üzleti és jogi terület
- Környezetvédelem
- Városgondozás
- Mezőgazdaság
- Úrhajózás
- Egészségügy
- Adattal kapcsolatos munkakörök
- Tapasztalati (experience) munkakörök



6. ábra Munkakörök a technológiai területen URL: <https://100jobsofthefuture.com/browse/>

A projekt keretében kifejlesztettek egy "munkakereső eszközt", a Future Job Quiz-t, amely segít a fiataloknak elgondolkodni a munka jövőjéről, és arról, hogy adottságaik, karrierérdeklődésük és készségeik hogyan vezethetik őket ezekhez a munkakörökhöz.





7. ábra Az ideális jövőbeni munka kvíz <https://100jobsofthefuture.com/quiz/>

### **Átalakuló munkahelyek az automatizálás hatása Magyarországon**

Az automatizáció, mint a 4., ipari forradalom természetes velejárója átalakítja a munkaerőpiacot, aminek számos jelét már most is látjuk. A 2018-ban készült ún. McKinsey-jelentés ennek lehetséges útjait és megvalósulási formáit mutatja be.

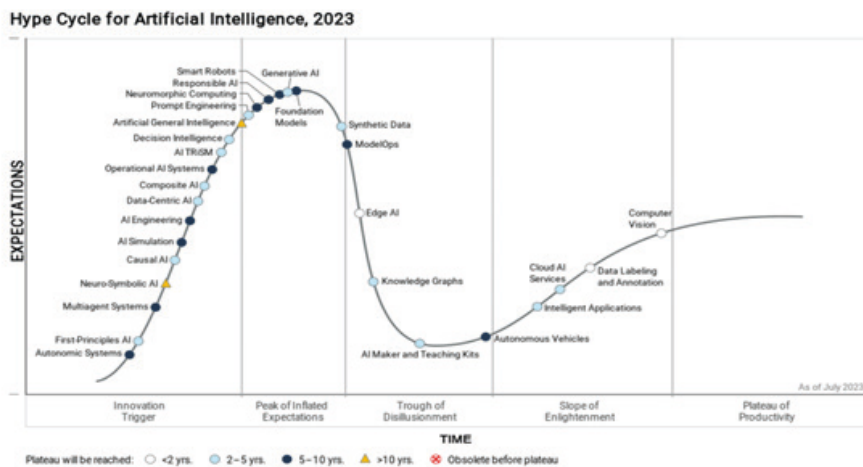


8. ábra A 2018-as Magyarországra vonatkozó jelentés <https://www.mckinsey.com/-/media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Hungary/Our%20Insights/Transforming%20our%20jobs%20automation%20in%20Hungary/Automation-report-on-Hungary-HU-May24.pdf>

### **A technológiai trendek előrejelzése**

A Gartner amerikai piackutató cég, a '90-es évek közepe óta minden évben elkészíti a Hype-görbét, amelyben összesíti az elmúlt évet és a jelenleg elérhető technológiai trendeket foglalja keretbe, annak alapján, hogy hogyan haladnak előre a technológiai újítások az idő múlásával az életciklusok fázisaihoz hasonló úton. (Racsko-Kapalkó-Bana, 2021)

Figure 1: Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2023



Gartner

9. ábra A 2023-as Hype-görbe elemei <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-artificial-intelligence-from-the-2023-gartner-hype-cycle> (Gartner, 2023)

A több mint 2000 technológiai kutató és tanácsadó cégből álló kutatócsoport analízáló-szintetizáló munkája által vázolják fel a jövő trendjeit, amelyek egy technok-rata szemléletet képviselő modellben tárgyasulnak. Az összes vizsgált innovációból azt tartalmazza a modell, amely trendek az elemzések alapján a leginkább képesek a következő 5–10 évben potenciálisan versenyelőnyt biztosítani.

A Hype-görbe egyik tengelyén az adott fejlesztés életútját láthatjuk, amelyben öt fázisra van felosztva a technológia lehetséges helyzete, a másik tengelyen az elvárások mértéke került ábrázolásra, a görbén pedig színekkel jelölve az adott találmány/fejlesztés produktivitási platóra történő elérésének években jósolt időtartama látható.

Az 5 fázis a következő jellemzőkkel bír ((Racsó-Kapalkó-Bana, 2021, 71.):

(1) Az innovációs robbanás kifejezéssel („innovation trigger”) az a fázis jellemezhető, ahol még csak technológiai újdonságról van szó, érdeklődés még csak főleg azok körében jellemző, akik nyomon követik és naprakészek a tervezőasztalról éppen lekerülő újításokkal kapcsolatban.

(2) A második fázis a felfokozott vagy túlzott elvárásokat jelenti („peak of inflated expectations”) „(...) amikor az érdeklődők már egy szélesebb körből érkeznek, sokan alkalmazzák az adott újítást, sokan saját megoldásaikban is alkalmazzák, világmegváltó elképzelések látnak napvilágot, vannak már napi szintű felhasználók”. (Miecs, 2017) Ez a pont már túlmutat a heuréka élményen, és inkább a megváltó megoldások felé viszi az egyes szakterületek képviselőit.

(3) A harmadik fázis, a csalódások, kiábrándulás gödre („trough of disillusionment”), amikor a rózsaszín köd eloszlik, és a „(...) hirtelen jött nagy ötletek szertefoszlanak, az üres buborékok ki-pukkadnak, ennek hatására kiesik a fogyasztók érdeklődési köréből sok esetben, itt csak a technológiát megfelelően képviselő cégek számára marad jövő.” (Miecs, 2017)

(4) A negyedik fázis a megvilágosodás emelkedője („slope of enlightenment”), amely az az időszak, amikor a kezdeti lelkesedést felváltja a tudatos és megfontolt tervezés, amely során azok a fejlesztések maradnak életben, „(...) amelyek valóban megoldást nyújtanak a fogyasztók számára, mintegy a megvilágosodás korszaka tapasztalható a piacon.” (Miecs, 2017)

(5) Az utolsó, minden szolgáltató által vágyott fázis a produktivitás platója vagy termelékenység fennsíkja („plateau of productivity”), amikor a technológia megtalálja valódi helyét, beépül a hétköznapi életbe, „(...) már nincs nagy hírértéke, de mindenki használja, beépült az életünkbe.” (Miecs, 2017)

Jelenleg jól látszik, hogy a túlzott/felfokozott elvárások keresztüzében a mesterséges intelligencia és a robotika áll.

## Nemzetközi technológiai trendek

A jelenleg zajló negyedik ipari forradalomnak számos technológiai innovációt köszönhetünk, amelyek hosszú távon az egyes társadalmi alrendszerekre is hatást gyakorolnak. A fejlesztéseket jelenleg az intelligencia, a digitalizáció és a hálózatok köré csoportosíthatjuk.



Miller, M. J. (2017): Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2018. In: Forward Thinking blog: <https://www.pcmag.com/article/356651/gartners-top-10-strategic-technology-trends-for-2018>  
Fordította és az ábrát készítette: Racsko Réka

10. ábra A technológiai trendek irányai (saját ábra)

Az intelligencia területén zajló fejlesztések főként a mesterséges intelligencia köré csoportosulnak, különös tekintettel az intelligens alkalmazások és elemzések minél több területen való aló alkalmazására.

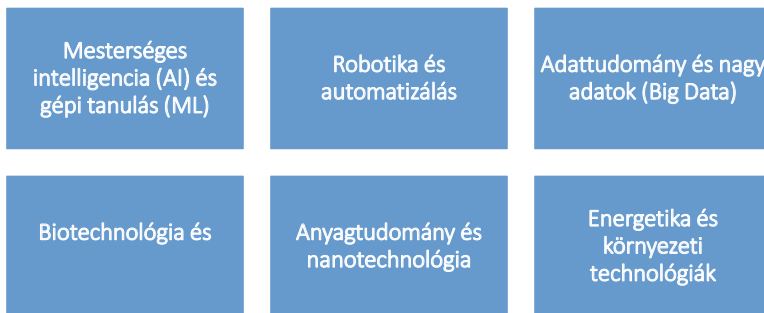
A digitalizációhoz kapcsolódó törekvések közül kiemelendők azok, amelyek az analóg környezet digitális világban való leképezését (digital twins) helyezik előtérbe. Ezen túlmenően a mesterségesen gerjesztett élmények kivitelezését támogatja digitális megoldásokkal.

A digitális ikerpár (digital twins) módszerre jó példa a laboratóriumok virtuális leképezése, így a valós fizikai térben zajló folyamatokkal párhuzamosan történik azok számítógépes szimulációja és a két módszer eredményeit valós időben dolgozza fel egy speciális keretrendszer, amely képes az adatgyűjtésre és a gépi tanulásra.<sup>1</sup> A mesterségesen gerjesztett, immerszív élmények oktatási alkalmazása nagyon széleskörű lehet. A kiterjesztett valóság<sup>2</sup> alkalmazások segítségével például az ókori római piactér megtekintése, az emberi test részei, vagy akár egy részecske felépítése is könnyen elérhetővé válhat bárki számára.

### A technológiai tudományok főbb kutatási és alkalmazási területei

A technológiai tudományok olyan tudományágak összessége, amelyek a technológiai fejlesztésekkel, új technológiák létrehozásával, és a meglévő technológiák hatékonyabbá tételével foglalkoznak. A technológiai tudományok alapvetően interdiszciplinárisak, mivel ötvözik a mérnöki, a természettudományos, a matematikai, valamint az informatikai ismereteket és módszereket.

A technológiai tudományok dinamikusan fejlődnek, így naprakész trendeket ismertetni nagyon nehéz és merész vállalkozás, de 2024-ben az alábbiak vázolhatóak fel:



11. ábra A technológiai trendek irányai (forrása: aggregált adatok a Google Trends 2024 által)

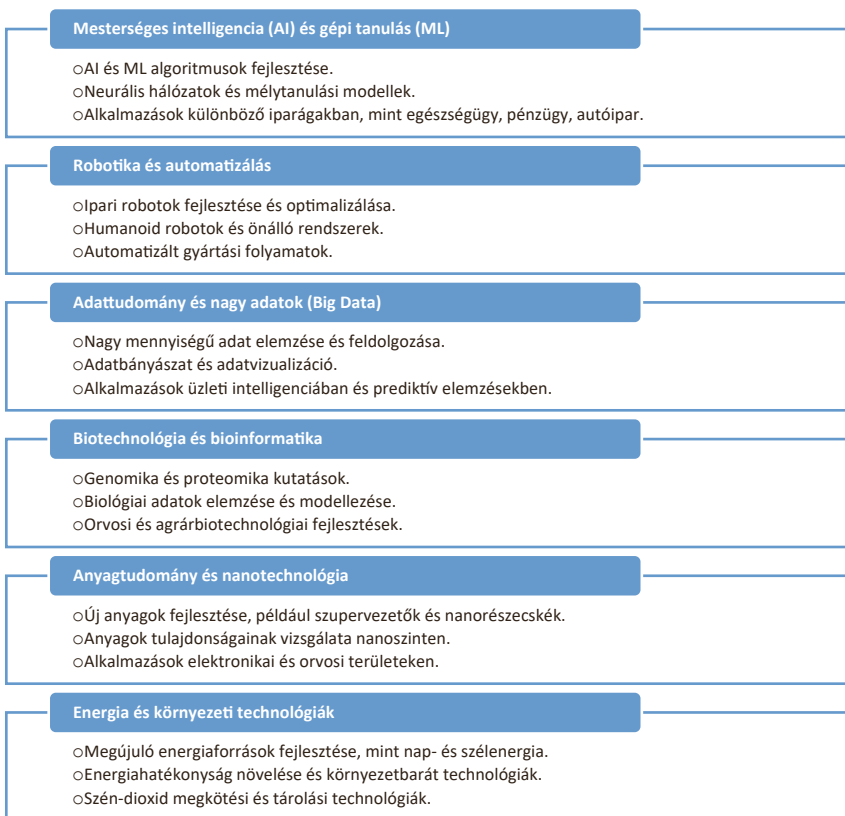
<sup>1</sup> Bővebb információ: Ipar 4.0 Technológiai Központ <https://www.ipar4.hu/page/ipar-4-0-technologiai-kozpont>

<sup>2</sup> A mobilkommunikációs eszközök segítségével számos ilyen megoldás elérhető. Egy hazai sikertörténet Az EDDIE egy magyar fejlesztésű kiterjesztett valóság alkalmazás, amelyet középiskolás tanulók fejlesztettek, elsősorban a STEM (MTMI-matematika, természettudományok, mérnöki tudományok, matematika) területekhez.

A technológiai tudományok célja, hogy új lehetőségeket teremtsenek a gazdasági növekedésre, a hatékonyság növelésére és a fenntartható fejlődés támogatására, hiszen fő jellemzői a K+F+I (RDI) azaz a kutatás, fejlesztés és innováció, amely az új technológiák és megoldások kifejlesztését célozza meg, hozzájárulva az ipar és a társadalom fejlődéséhez.

Sokoldalúság (interdiszciplinaritás<sup>3</sup>) jellemzi, hiszen különböző tudományágak és szakterületek integrációja során komplex problémák megoldása válik lehetővé, ami sok esetben a gyakorlati megoldások keresését jelenti valós problémákra, és ami ipari, gazdasági és társadalmi hasznot hoz.

Az egyes területekhez kapcsolódóan az alábbi kutatási irányok látszanak:



<sup>3</sup>Érdekes külön figyelmet fordítani az adattudomány területére, amely sok szálon kötődik az alapvetően bölcsészettudományokhoz kapcsolódó könyvtár-, és információtudományhoz, viszont napjainkban fókuszába került a digitális megőrzés és a könyvtárak digitális ökoszisztémájának (Lengyel, 2016) kialakítása, így egy informatikus könyvtáros hallgató kiválóan hasznosíthatja tudását a technológiai tudományok területén,

Ezek a területek mind hozzájárulnak a technológiai tudományok fejlődéséhez, és számos új lehetőséget kínálnak az innovációra és az alkalmazásra különböző iparágakban.

Összességében azt mondhatjuk, hogy a technológiai tudományok alkalmazási és kutatási területei az élénk érdeklődés középpontjában állnak, amelyhez elengedhetetlen a magas szintű digitális kompetencia, ezt „... az Európai Bizottság 2022-es *Digitális Stratégiájában* (alapvető és magasabb szintű) a digitális transzformáció kulcs tényezőjének nevezte meg (European Commission 2022; NextGenerationEU 2022)” (Racsó, Szűts és Lengyel, 2023. 68.) és fejlesztését több szinten támogatja. E törekvés nagyban segítheti a STEAM területeken történő munkavállalók számának növekedését, ami hozzájárulhat a társadalmi jólét fejlesztéséhez.

## Irodalom

- Fenyvesi Kristóf. (2016). Bridges: A World Community for Mathematical Art. *The Mathematical Intelligencer*, 38(2), 35-45.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.
- Halász Gábor (szerk.) (2014): *BeleSTEM Felsőoktatási jó gyakorlatok a tudomány, a technológia, a műszaki tudományok és a matematika szolgálatában*. Budapest: Tempus közalapítvány URL: <http://tka.hu/docs/palyazatok/belestem.pdf> (Letöltve: 2024. április 28.)
- Industry 4.0 Policy Department Economic and Scientific Policy (2016): [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) p 22-23.
- Lengyel, Molnár Tünde (2022) *A könyvtárak digitális ökoszisztémája* Budapest, Magyarország: Gondolat Kiadó (2022) , 210 p. ISBN: 9789635561971
- Matthensein, Christian: Nyitóbeszéd. Információs Társadalom Parlamentje 2016. URL: <https://www.tozsdeforum.hu/extra/tech-tudomany/elkerulhetetlen-a-digitalis-atalakulas-69209.html>
- Miecs (2017): Gartner Hype görbe 2017 – Hova tart az okosotthon? *Okosotthon.hu* [https://otthonautomatika.blog.hu/2017/09/12/gartner\\_hype\\_gorbe\\_2017\\_hova\\_tart\\_az\\_okosotthon](https://otthonautomatika.blog.hu/2017/09/12/gartner_hype_gorbe_2017_hova_tart_az_okosotthon) (Utolsó hozzáférés: 2020. 11. 23.)
- Racsó, Réka; Szűts, Zoltán; Lengyel, Molnár Tünde (2023) *A társadalmi szakadék csökkentését szolgáló digitális kompetencia stratégiai körképe*. CIVIL SZEMLE 2023: 5 pp. 67-78. , 12 p. (2023)

- RACSKO, RÉKA; BANA, SZILVIA; KAPALKÓ, RÉKA (2021): Pillanatkép a könyvtári digitális transzformáció aktuális trendjeiről. In Tudományos és Műszaki Tájékoztatás, 68(2), pp. 68–82
- Radó Péter (2017): Az iskola jövője. Budapest: NORAN LIBRO KFT.
- RÓNAY P. TAMÁS (2021): Mi az ipari forradalom? Hogyan hatott és hat most a világra? XFOREST.HU IN.: <https://xforest.hu/ipari-forradalom/> utolsó letöltés: 2023. 11.03
- Szegedi Eszter (2014): Miért került világszerte fókuszba a STEM területek oktatása? pp. 9-14. In: Halász Gábor (szerk.) (2014): BeleSTEM Felsőoktatási jó gyakorlatok a tudomány, a technológia, a műszaki tudományok és a matematika szolgálatában. Budapest: Tempus közalapítvány URL: <http://tka.hu/docs/palyazatok/belestem.pdf> (Letöltve: 2024. április 28.)
- Szűts, Zoltán (2020) Digitális pedagógia módszertanok a VUCA (gyorsan változó, kiszámíthatatlan, bonyolult, ellentmondásos) világában. ISKOLAKULTÚRA: PEDAGÓGUSOK SZAKMAI-TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA, 7. pp. 76-90. ISSN 1215-5233
- Varga Júlia (2017). A közoktatás problémáinak gazdasági okairól és következményeiről. Az eredetije Lévy, Frank – Richard J. Murnane (2013) URL: <https://drive.google.com/file/d/0B1wqAOHynPV1S0czaGZmUXhrcXc/view> (Letöltve: 2024. április 28.)