

TUDOMÁNYOS TÁJÉKOZTATÓ

A mesterséges intelligencia elterjedésének geoökonómiai hatásai és Magyarország

BÁNKUTY-BALOGH LILLA*

A technológiai változásokat övező szenzációciklus jellemzője, hogy az emberek rövid távon túlbecsülik egy-egy innováció felforgató jellegét, míg hosszú távon alábecsülik azt. A mesterséges intelligencia (MI) elterjedése olyan általános célú technológiai innováció, amely a gőzgép, az elektromosság vagy az internet megjelenéséhez hasonló mértékben formálhatja át a ma ismert társadalmi-gazdasági berendezkedést, azonban nem feltétlenül látványos, emberi teljesítményeket felülmúló mivolta, hanem számos ma még fel nem ismert közvetlen és közvetett hatása révén. Jelen tanulmány a mesterséges intelligencia mint általános célú technológia elterjedésének egyes globális és lokális, elsősorban geoökonómiai hatását vizsgálja, valamint betekintést nyújt a Magyarországot érintő kockázatokba és lehetőségekbe, különös tekintettel a várható munkaerőpiaci trendekre.

Journal of Economic Literature (JEL) kódok: O3, O5, F5.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, Magyarország, geoökonómia, innováció, technológia.

* *Bánkuty-Balogh Lilla* PhD-hallgató, Gazdaságföldrajz, Geoökonómia és Fenntartható Fejlődés Tanszék, Budapesti Corvinus Egyetem; mesteroktató, MNB Intézet, Neumann János Egyetem.
E-mail: lilla.balogh@stud.uni-corvinus.hu

A kézirat 2021. november 29-én érkezett a Külgazdaság szerkesztőségébe.

<https://doi.org/10.47630/KULG.2022.66.7-8.102>

Abstract

The geoeconomic aspects of the emergence of artificial intelligence technologies with respect to Hungary

LILLA BÁNKUTY-BALOGH

The hype-cycle surrounding new technologies is characterised by the general public overestimating the disruptive nature of an innovation in the short-term, while underestimating it in the long run. The emergence of artificial intelligence is the advent of a general purpose technology similar to the invention of the steam engine, electricity or the internet, that has the potential to reshape our current socio-economic systems. However, its impact will not necessarily be felt through its spectacular, human-surpassing capacities, but rather its many direct and indirect effects affecting our societies. The present study aims to give an overview of some of the global and local effects of the use of AI mainly from a geoeconomic perspective, and to assess risks and opportunities posed to Hungary specifically, with an emphasis on job market trends.

Journal of Economic Literature (JEL) codes: O3, O5, F5.

Keywords: Artificial Intelligence, Hungary, geoeconomics, innovation, technology.

Bevezetés

A schumpeteri megállapítás szerint „általában nem a postamesterek alapították a vasutakat” (Schumpeter, 1980: 112). A teremtő rombolás (*disruptive innovation*) elméleti atyja ezzel azt a jelenséget írta le, amely szerint a gazdasági tevékenységekben új kombinációkkal, innovatív megoldásokkal általában nem ugyanazok állnak elő, mint akik a régi struktúrákat uralták. Az üzleti logika már évszázadokkal ezelőtt is azt diktálta, hogy a vasúttársaságokat nem a lovas postakocsi-hálózatok működtetői hozták létre, mert nem állt érdekükben felszámolni saját jövedelmező vállalkozásukat (Bögel, 2008). Azóta volt ugyan számos ellenpélda is, talán a leginkább közismert az Apple Inc. esete, amikor egy vállalat maga használta a kreatív rombolás metodológiáját a saját termékei ellen. A schumpeteri megállapítás mégis magában hordozza azt az univerzális üzenetet, hogy az innováció önmagában nem egyértelműen pozitív vagy negatív előjelű, hanem más-más hatással lehet a különböző gazdasági szereplőkre. Amíg egy technológiai vagy üzleti modellben történő újítás egyeseknek új lehetőségeket nyit meg, addig mások számára a fennálló körülmények és az innovációra adott válaszok függvényében lecsúszást vagy végleges elavulást eredményezhet (Bögel, 2008). A mesterséges intelligenciával kapcsolatos

megoldások széles körű elterjedésének hajnalán pontosan ilyen radikális átalakulás történik. Általános célú technológiai innováció (*General Purpose Technology – GPT*) megjelenéséről lévén szó, a mesterséges intelligencia gyökeresen változtat meg teljes gazdasági szektorokat, és a globális gazdasági rendszerben jelenleg meghatározó struktúrákat is átformálhatja.

A tanulmány a mesterséges intelligencia definiálásában az Európai Parlament tudományos és technológiai panelének releváns szakirodalmi definíciókat egyesítő fogalomrendszerére épít (EPRS, 2020:1). Eszerint mesterséges intelligenciának nevezhetők az olyan rendszerek, amelyek intelligens működést mutatnak, amennyiben elemzik saját környezetüket, és ez alapján bizonyos fokú autonómiával cselekednek specifikus célok elérése érdekében. A keretrendszer (EPRS, 2020) kronologikusan három mesterségesintelligencia-hullámot különböztet meg, amelyek egyben az adott MI-megoldások fejlettségi szintjét is jelzik. Az MI első hullámát leíró, *szimbolikus mesterséges intelligencia* vagy *szakértői rendszerek* elnevezés a régimódi MI-megoldásokra utal. Ezekben programozók határoznak meg pontos lépéseket tartalmazó szabályrendszereket, azaz algoritmusokat, amelyeket a számítógép követ, és az adott szituációra reagálva előre meghatározott protokollok alapján hoz döntéseket.

Az MI-megoldások második hulláma, az *adat által vezérelt megközelítéseket* (EPRS, 2020:3) foglalja magába, amelyek automatizálják a gépi tanulási folyamatot, ezzel csökkentve vagy teljesen kiváltva az emberi beavatkozást. A második hullámos MI-megoldások teszik lehetővé a legtöbb ma ismert felhasználást is. Ide tartoznak az internetes böngészések, a navigációs és közlekedéstervezési rendszerek (Google Maps, Waze), a közlekedési szolgáltatások és autómegosztók (Uber, Bolt, GreenGo), az arcfelismerés (Face ID), a természetes nyelvfelismerés (NLP-algoritmusok [National Language Processing], chatbotok), egyes okosotthon-megoldások, a netbankos alkalmazások, a digitális személyi asszisztensek (Siri, Cortana, Google Assistant, Alexa) és a közösségimédia-üzenőfalak (Facebook, Instagram, Twitter, Reddit, TikTok). A gépi tanulás (*machine learning – ML*) során az algoritmus a rendelkezésre álló adatok felhasználásával saját magát fejleszti. Adott bemeneti információkra idővel hasznos kimeneti eredményeket generál. Ez elméleti szempontból nem számít újszerű megoldásnak. Az elmúlt két évtizedben a rendelkezésre álló jó minőségű adattömeg megléte és elérhetősége eredményezett nagy áttörést a területen.

A második hullámos mesterségesintelligencia-megoldásokhoz kapcsolódnak az emberi agy struktúrája által inspirált neurális hálózatok is, amelyekben az adatok feldolgozása több mesterséges neuronból álló rétegben párhuzamosan zajlik.

Ez lehetővé teszi komplexebb feladatok végrehajtását, különös tekintettel a mély tanulás (*deep learning*) technológiájára, amely a legalább két rejtett mesterséges neuronréteggel működő rendszereket képviseli. A neurális hálózatok tanítása elsősorban jó minőségű, címkézett adatok betáplálásával érhető el. Ez az ún. felügyelt tanulás (*supervised learning*), amelynek közismert példája az algoritmikus képfelismerés. A gyakorlatban a felügyelt tanulást sokszor felügyelet nélküli tanulóval (*unsupervised learning*) is párosítják. Ez akkor jellemző, amikor nem áll rendelkezésre jó minőségű adatbázis. Hétköznapi példák rá az online tartalomjegyzék és streamingplatformok (Netflix, Amazon Prime, HBO Go, YouTube Premium) személyre szabott ajánlásokat generáló algoritmusai. A neurális hálózatok tanítása részben a kalkulus hagyományos módszertanával, részben más, például a természetes evolúciót modellező eljárásokkal valósítható meg.

Az úgynevezett harmadik hullámos mesterséges intelligencia, szemben az első kettővel, nemcsak korlátozott felhasználási területeket tesz lehetővé, hanem elmozdul az általános intelligencia irányába. A jelen technológiai fejlettségnél ez egyelőre csak spekuláció szintjén létező megoldásokat foglal magába. A harmadik hullámos MI-megoldások közé sorolják többek között a robotika és a mesterséges intelligencia szimbiózisát, a kvantum számítástechnika felhasználását, az emberi elme digitális leképezését, a biológiai alapú MI-t és végső soron a technológiai singularitást (EPRS, 2020:13). Bár a harmadik hullámos felhasználások jelenleg még futurisztikusan hatnak, és nem biztos, hogy mindegyik felsorolt irány hasznosnak bizonyul majd, vagy egyáltalán megvalósul, mégis a technológiai szenciációciklusok korábban említett jelensége figyelmeztet arra, hogy hosszú távon alábecsülhetik a mesterséges intelligencia felforgató jellegét.

A tanulmány *aktualitását* a mesterséges intelligencia gyors fejlődése, valamint sokrétű és bővülő alkalmazási formái és területei adják. *Középpontjában* az ismert fogalmi rendszer alapján a már létező és széles körben elterjedt második hullámos mesterségesintelligencia-megoldások geoökonómiai¹ hatásai állnak, különös tekintettel annak gazdasági fejlettséget és jövedelmi egyenlőtlenségeket érintő aspektusaira. *A fő kutatási kérdés* az, hogy az MI-átalakulás a javak hatékonyabb és igazságosabb elosztásához vezet-e majd, vagy éppen ellenkezőleg: extrapolálja a je-

¹ A geoökonómia mint tudományág a „...földrajzi tényezőkkel összefüggő államközi konfliktusokkal, ezek kezelésével, valamint a gazdasági eszközrendszer szerepével, ezek alkalmazhatóságának és alkalmazásának feltételeivel és lehetséges következményeivel foglalkozik az államok nemzetközi stratégiájában, külpolitikájában” (Simai, 2014). A fogalom közismertté válása Edward Luttwak (1990) nevéhez fűződik, aki a geopolitikához kapcsolódóan definiálta azt mint a globalizált világban működő államok közötti versengés új, elsősorban gazdasági erőn alapuló formája.

lenben is kiélezett vagyoni és fejlettségbeli különbségeket az egyes országok között és azokon belül. A cikk a mesterséges intelligencia használatából származó javak elosztásának vizsgálatával és a nyomában kialakuló piaci dinamikák elemzésével arra a kérdésre keresi a választ, hogy az MI-átalakulás segíthet-e mérsékelni, illetve bezárni a fejlett és fejlődő gazdasági térségek közötti rést, vagy tovább mélyíti a technológiai központok és a perifériák közötti szakadékot.

További vizsgálódási szempont, hogy mindez milyen módon érinti Magyarországot. Az innováció országokon belüli, társadalmi csoportok és földrajzi régiók között jelentkező, egyenlőtlenségeket befolyásoló hatása kontextusában elsősorban a munkaerőpiacot érintő trendeket elemzi. Megvizsgálja, hogy valóban igaz-e az a közkeletű nézet, miszerint az MI-megoldások munkaerő-megtakarító jellege elsősorban az alacsonyabb képzettséget igénylő munkakörökre terjed ki. Kitér arra, hogy Magyarország esetében ezek a trendek milyen következményekkel járhatnak az egyes ágazatokban és tevékenységi területeken, különös tekintettel az európai centrum-periféria szerkezetű munkamegosztásra és a hosszú távú versenyképesség alakulására.

Az alkalmazott módszer döntően irodalomkutatás, amely a témára vonatkozó nemzetközi és hazai szakirodalmi források összegyűjtését, feldolgozását, rendszerezését és elemzését foglalja magába. Ezt kiegészíti a nyilvánosan hozzáférhető statisztikai adatok elemzése. A hazai gazdaság sajátos jellemzőit szem előtt tartva a tanulmány mindebből következtetéseket von le Magyarországra.

Jelen tanulmány a mesterséges intelligencia használata kapcsán elsősorban makrogazdasági szintű jelenségeket tárgyal, és a globálistól a lokálisig haladva tekinti át és elemzi a Magyarországot érintő hatásokat az innovációk jövedelemelosztásra gyakorolt hatása, az innovációs járadékok társadalmi hasznosulása, a hozamok újraelosztásának nemzetgazdasági korlátai, az oligopol piaci struktúrák kialakulása, a globalizáció hatásait erősítő és attól eltérő dinamikák megjelenése alapján, különös tekintettel a munkaerőpiaci trendekre. Ezeknek a jelenségeknek a bemutatására támaszkodva a pertinens vagy pontosan odailló közgazdaságtani koncepciók alkalmazásával rendszerszinten kívánja megközelíteni az MI-átalakulást. A globális és hazai tendenciák összefüggéseit átfogóan vizsgáló megközelítéssel kíván hozzájárulni a tanulmányban érintett egyes résztémákat külön feldolgozó szakirodalomhoz.

A tanulmány felépítése a következő. A szemléleti keretek bemutatása után az MI használatából származó javak globális elosztását tárgyaló releváns MI-specifikus közgazdaságtani koncepciókat tekinti át az elmúlt évek nemzetközi szakirodalma alapján. Ezután a digitális technológiák néhány sajátosságát tárgyalja a mondani-

valót a „győztes mindent visz” jellegű gazdaság és a szupersztárországok fogalmi köré csoportosítva. A globálistól a lokális felé haladás szemlélete alapján következik az MI hazai vonatkozásainak az elemzése különös tekintettel a munkaerőpiac globális és hazai kontextusára. A cikket az összefoglalást és a következtetéseket tartalmazó rész zárja. A mesterséges intelligencia használatához köthető gazdasági fejlettség eltérő szintjei és a jövedelmi egyenlőtlenségek kapcsán megjelenít pró és kontra érveket, és vázol potenciális fejlődési pályákat.

Szemléleti keretek

Az utóbbi években az MI-megoldások termelékenységre, versenyképességre, gazdasági fejlődésre és munkaerőpiacra gyakorolt hatásainak a tárgyalása kiemelt figyelmet kapott a nemzetközi szakirodalomban. A legnagyobb hatású szakkönyvek közül Agrawal et al. (2018) az előrejelzések drasztikus költségsökkenésének termelékenységet növelő hatásait emelte ki. Brynjolfsson & McAfee (2014) a növekvő termelékenység és a csökkenő bérek paradigmájával foglalkozott. Lee (2018) az USA és Kína közötti MI-versenyfutás munkaerőpiacot érintő hatásairól értekezett. Kurzweil (2005) az MI használatának elméleti távlatait vázolta. Acemoglu & Restrepo (2018a; 2018b), Arntz et al. (2017), valamint Autor & Salomons (2018) az automatizáció munkaerő-megtakarító jellegére, Autor et al. (2003), Autor & Dorn (2013) és Michaels et al. (2014) a munkaerőpiaci polarizáció jelenségére hívta fel a figyelmet. Az MI-re való átállás globális hatásai kapcsán, a témával szélesebb geoökonómiai perspektívában, a fejlett és fejlődő országok, illetve különböző munkaerőpiaci rétegek közötti egyenlőtlenséget növelő dinamikákkal foglalkozott Korinek & Stiglitz (2017, 2019, 2021), Aghion et al. (2017) és Varian (2019).

A mesterségesintelligencia-megoldások gazdasági hatásait a hazai szakirodalomban Szalavetz (2016a, 2016b, 2019, 2020) az ipar 4.0, a termelékenység és a digitális átállás kontextusában vizsgálta. Egyik következtetése az volt, hogy a mesterséges intelligencia elterjedése lassúbb, mint amit a kutatók korábban feltételeztek, így a technológia költségmegtakarító alkalmazásaiban hosszú késleltetéssel kell számolni. Másik következtetése szerint az automatizálás nem csupán az alacsony tudásigényű foglalkoztatottak tevékenységét érinti, hanem a legmagasabb bérezésű munkakörök tevékenységportfólióját is átalakítja (Szalavetz, 2016b; Szalavetz & Somosi, 2019). Matolcsy (2020a, 2020b) a mesterséges intelligencia forradalmáról írt, ami a korábbi technológiai forradalmakkal szemben a háttérben működik. En-

nek következtében a felhasználók kevésbé érzékelik, de szektorokon átívelő hatása van, és fontos szerepet játszhat a csökkenő számú munkaerő kiváltásában. Boros & Kolozi (2019) a mesterségesintelligencia-fejlesztés mint technológiai versenyfutás geopolitikai aspektusait vizsgálta Kína és az USA viszonylatában. Vértesy (2020) az MI-megoldások terén beadott szabadalmakat számszerűsítve értékelte Magyarország perifériás helyzetét. Gulyás (2020) rámutatott, hogy az adatvagyonért folytatott háborúban Európa jelenleg vesztesre áll. A platformgazdaság jellemzően monopól vagy oligopól piaci struktúrái szinte lehetetlenné teszik az inkumbens, azaz a már piacon lévő szereplők leváltását. Dietz (2020) az MI oktatásban betöltött szerepe kapcsán vizsgált versenyképességi és munkaerőpiaci kérdéseket. Ezzel összefüggésben emelte ki a digitális kompetenciák fejlesztésének szükségességét. Brávác & Krebsz (2021) kimutatta, hogy a magyar kkv-k teljesítménye digitális megoldásokkal lesz növelhető és versenyképes.

A mesterséges intelligencia használatából származó javak globális elosztása

Magyarország esetében a félperifériás gazdasági pozíciót érdemes a közepes jövedelmi csapda (*middle-income trap*) fényében elemezni, mert az innovációs és technológiaadaptációs képesség szorosan összefügg a gazdasági felzárkózással. Bár a közepes jövedelmi csapda meghatározására nincs egységesen elfogadott szakirodalmi definíció (Csath, 2019), a megfigyelések közös pontja, hogy egyes kevésbé fejlett országok esetében egy gyors gazdasági fejlődési szakasz után – amikor az adott ország már elért egy közepes jövedelmi szintet – lassulás következhet be, ami megnehezíti a magasabb jövedelmű országokhoz való felzárkózást (Csath, 2019). A sikeresen felzárkózott országok – mint a Koreai Köztársaság, Írország és Finnország – példája azt mutatja, hogy nincs egyetlen sikeres recept a közepes fejlettségi tartomány elhagyására. A kitörés országoként eltérő természeti adottságok, intézményi és politikai rendszerek folyamányaként mehet végbe. Mégis, minden esetben központi szerepet játszik a társadalmi-gazdasági stabilitás, valamint a humán és a fizikai tőkébe való beruházás. Az innovációs és technológiaadaptációs képesség kiemelkedő fontosságú a globális versenyben való sikeres részvételben (Palotai & Virág, 2016: 27–58.).

A közép- és kelet-európai versenytársakkal való összehasonlításban Magyarország helyzete ugyan viszonylag kedvező a vállalati kutatás és fejlesztés, valamint az innovációs képességek terén, a hazai vállalkozások, különösen a kkv-k azonban az

értékláncok alacsonyabb hozzáadott értékkel jellemezhető szintjein működnek, így a nemzetgazdasági összeteljesítmény továbbra is elmarad az európai uniós átlagtól (Kolozsi, 2017). Jellemző, hogy fejlett technológiák elsősorban a külföldi működő tőke dominanciájával jellemezhető szektorokban találhatók, míg a hazai cégek termelékenysége alacsonyabb szintű. Mindez egy duális gazdasági szerkezeti minta megőrzésére utal (György, 2015; Györffy, 2021).

A *jövedelemelosztással* összefüggésben Korinek & Stiglitz (2019) arra hívta fel a figyelmet, hogy általános irányzatként az innováció, azon belül a mesterséges intelligencia eredményeinek használatából származó jövedelmek olyan kvázi járadékokat (*quasi rents*) eredményezhetnek, amelyekből a technológiai fejlődés nyertesei nagyobb mértékben részesülnek, mint azt a hozzájárulásuk indokolná. Ezzel szemben a haladás vesztesei viselik a változás minden negatívumát. Az innováció egyenlőtlenséget növelő hatását két mechanizmusra vezették vissza: az innovátorok által megkeresett többletjövedelmekre, valamint az egyéb gazdasági szereplőkre gyakorolt közvetlen és közvetett hatások összességére. Mivel az innovatív megoldások és technológiák felvevőpiacai nem feltétlenül – vagy jellemzően nem – tökéletesen versengők, az innovátorok által megkeresett többletjövedelmek általában meghaladják az adott találmány fejlesztési költségeit, amit innovációs járadéknak (*innovator rents*) neveznek (Korinek & Stiglitz, 2021). Ez önmagában nézve nem kifogásolható, mert az innovációs járadékra való törekvés ösztönzi a gazdasági szereplőket új találmányok létrehozására. Ezeknek a járadékoknak az egészséges társadalmi hasznosulását azonban normális esetben a gazdasági versenyt szabályozó rendelkezések – adózási és trösztellenes politikák, szellemi tulajdonhoz fűződő jogok – biztosítják, amelyek végrehajtását a mesterségesintelligencia-megoldások határokon átívelő jellege nagymértékben nehezíti vagy egyenesen ellehetetleníti. A mesterségesintelligencia-megoldásokon alapuló üzleti modellek tovább élezzik a globális nagyvállalatok működése kapcsán ismert újraelosztási kérdéseket. Az olyan vállalatok, mint a Facebook és az Amazon, üzleti modelljükből adódóan meglehetősen könnyen el tudják választani működésük fizikai és jogi kereteit. Olyan országokban is tudnak üzleti tevékenységet folytatni és profitot realizálni, ahol nincs fizikai telephelyük vagy jelenlétük. A vállalat szellemi tulajdonát szabadon mozgathatják földrajzi helyek között, és így kihasználhatják a nemzeti adórendszerek közötti különbségeket. Jó példa erre Európában Írország, ahol a legtöbb tengerentúli technológiai cég regionális központja működik. A mesterséges intelligencián alapuló digitális szolgáltatások további jellemzője, hogy lehetővé teszik az anyacégek számára: szolgáltatásokon vagy szektorokon átívelően monetizálják az üzleti tevékenység-

geiket, például úgy, hogy ingyenes email-fiókhoz vagy közösségimédia-üzenőfalhoz kapcsolják az eladott hirdetési felületet, vagy fogyasztói profilozással optimalizálják ajánlásaikat. A tranzakcióban az értékteremtő tevékenység, azaz a közösségi hálón való információgyűjtés és az ezen alapuló árbevétel más-más csatornán jelentkezik. Az összegyűjtött adatok szektorokon átívelő felhasználása versenyjogi és trösztellenes szempontból is torzítja a piaci viszonyokat. Különleges helyzetet eredményezett a technológiai cégek társadalmi szerepvállalásában a koronavírus-járvány nyomán kialakult helyzet, aminek hatására a hétköznapi tevékenységek jelentős része online felületekre terelődött át. A technológiai vállalatok által realizált többletjövedelmek felvetik azt a kérdést is, hogy ezek a cégek kellő mértékben kivették-e a részüket a járvány következményeinek enyhítését célzó társadalmi teherviselésből, különösen az anyaországukon kívül.

Más innovációkéhez hasonlóan természetesen az innovatív MI-megoldások által létrehozott tőke hozama is kvázi-járadék jellegű, azaz csak rövid vagy középtávon elérhető. Kimagasló megtérüléssel járhat viszont, ami szignifikáns különbséget idézhet elő a mesterséges intelligencia egy adott országra gyakorolt és globális hatásai között. Amíg globális szinten Pareto-javulás lenne elérhető egy-egy új technológia elterjedése révén, addig a mesterséges intelligencia esetében jelenleg a nemzeti kormányok adórendszerük közvetítésével ennek csak töredékéből tudnak részesülni. Így a kimagasló hozamok újraelosztása nemzetgazdasági szinten nem megy hatékonyan végbe. Olyan szélsőséges esetek is elképzelhetők, amikor egy adott ország egy bizonyos technológiai vívmány minden pozitív hozadékát élvezzi, míg egy másik viseli annak minden költségét vagy negatív externáliáját (Korinek & Stiglitz, 2021). Az ilyen diszkrepanciákkal kapcsolatos, már ismert példák közé tartoznak a közösségimédia-manipuláció hatásai, a személyes adatokkal való visszaélések, az algoritmus torzításából eredő bármintemű diszkrimináció, de szélesebb értelemben ide sorolható a tőzsdei kereskedési algoritmusok által okozott piaci volatilitás felforgató hatása és a környezeti, fenntarthatósági szempontokat figyelmen kívül hagyó, algoritmikusan támogatott befektetési döntések gyakorlata is.

A mesterséges intelligencia elterjedésének hatásai sok vonatkozásban hasonlítanak a globalizáció azon jellegzetességéhez, amikor egy adott gazdasági tevékenységhez tartozó haszon, profit, tőkemegtérülés és adóbevétel, illetve annak negatív externáliái, például környezetrombolás vagy munkacélú kizsákmányolás, más-más földrajzi helyeken jelentkeznek (Korinek & Stiglitz 2019). A globalizáció kritikájának központi érveit alkotják a munkaerőpiacra, illetve az országok közötti és országokon belüli egyenlőtlenség növekedésére gyakorolt kedvezőtlen hatások (Lund &

Tyson, 2018). A mesterséges intelligencia esetében ezek a tendenciák szintén nyomon követhetők, mivel az országok közötti említett különbségek mellett a mesterséges intelligencia munkaerő-megtakarító jellege negatívan érintheti a dolgozók egyes csoportjait, jellemzően az alacsonyabb képzettségű munkaerőt, míg a magasabb képzettségű foglalkoztatottak iránti kereslet és munkájuk árazása relatív értelemben felértékelődhet (Korinek & Stiglitz, 2019; Lund & Tyson, 2018). Ezzel együtt, az alacsony termelési költségekre optimalizált globális értékláncok hatékonysága már meglehetősen nehezen növelhető. Még folyik ugyan az egyre olcsóbb termelési kapacitások kiaknázása, például gyártóüzemek Vietnámba vagy Bangladesbe való átköltöztetése más délkelet-ázsiai országokból, ez azonban többnyire csak a bilaterális kereskedelmi kapcsolatokban okoz változást. Amíg a globalizáció előző szakaszára a Nyugat dominanciája volt jellemző, addig a digitális technológiák elterjedése révén ma már lassan átveszi a vezető szerepet Kína és több más felzárkózó ország (Lund & Tyson, 2018). Így tolódi el a súlypont az alacsony költségű termelés felől az új digitális technológiák kihasználása felé, ami jóval több szereplőnek teszi lehetővé a határokon átnyúló gazdasági kapcsolatokba történő integrálódást. A globális nagyvállalatok mellett ma már úgynevezett *mikro-multinacionális cégek* – jellemzően technológiai és internetes kis- és középvállalkozások, amelyek a hatékonyabb piacra jutás érdekében kezdettől fogva globális stratégiát követnek – is be tudnak kapcsolódni a nemzetközi kereskedelembe olyan digitális piacterek révén, mint az Amazon és az Alibaba. A hagyományos kkv-k is új belföldi és külföldi értékesítési csatornákat tárhatnak fel. Ez a tendencia a munkavállalók számszerűleg nagyobb szegmensét érintheti, mint a globalizáció korábbi szakaszaiban tapasztalt gazdaságstruktúra-váltások (Lund & Tyson, 2018).

Az 1990-es években a globalizáció nyomán kialakult regionális különbségeket hagyományosan egyfelől a globális gazdasági eredmény közel 80 százalékát előállító triád, azaz az észak-amerikai, európai, csendes-óceáni gazdasági térség, másfelől az ezen kívül álló szubszaharai Afrika és Dél-Ázsia közötti éles jövedelemszakadék és a külföldi működőtőke-áramlásban mérhető kontraszt érzékeltette (Castells, 1996:106). Emellett az egyes országokon belül is nagyon eltérő fejlődés volt a különböző szubrégiókban, amire jó példa Kína part menti, illetve belföldi régióinak gazdasági elszakadása, de még az olyan fejlett gazdaságokban tapasztalt divergencia is, mint az USA partvidékének és belső területeinek eltérő fejlődése (O'Brien & Leichenko, 2000). Eddig a globalizáció nyerteseinek a multinacionális vállalatokat és a fejlett gazdaságokat tekintették. A mesterséges intelligencia elterjedésével azonban megváltozhatnak az országok közötti, az egyes országokon belüli szubrégiók

és egyes társadalmi csoportok közötti dinamikák. A „győztes mindent visz” dinamika a piaci koncentráció növekedése felé hat, míg ezzel párhuzamosan és némileg ellentétesen a digitális megoldások révén a kisebb szereplők globális hozzáférési lehetőségei bővülnek. A munkaerőpiaci hatások összessége pedig komplexen érinti az egyes társadalmi csoportok és régiók közötti munkamegosztást, ami túlmutat a hagyományos versenyképességi szempontok alapján alakuló szakosodáson. A fejlődés mozgatórugói ugyan még mindig a fejlett gazdaságokban vannak, a Magyarországhoz hasonló félperifériás és fejlődő régiók azonban lehetőséget kaphatnak a centrumtérsegekhez való felzárkózásra, ellenkező esetben a behozhatatlan lemaradást kockáztatják.

A digitális technológiák és a „győztes mindent visz” jellegű gazdaság

Korinek & Stiglitz (2021), valamint Brynjolfsson & McAfee (2014) is hivatkozik a mesterséges intelligencia felhasználásában élen járó piaci szereplők körül létrejövő szupersztáreffektus vagy a „győztes mindent visz” piacok jelenségére. A jelenség elnevezése utal Rosen (1981) szupersztárok közgazdaságtana (*Economics of Superstars*) elméletére, illetve Frank & Cook (1995) a győztes mindent visz elvű társadalmiműködés-leírására, amely a globalizáció és a technológiai fejlődés összhatásából alakul ki. Az elméletek szerint a modern világban egyre inkább meghatározó az úgynevezett szupersztárjelenség (*phenomenon of superstars*). Ez azt jelenti, hogy a piaci szereplők kis csoportja domináns hatást gyakorol az általuk folytatott tevékenység szinte teljes piacára, ezzel hatalmas hasznot generál. Rosen (1981) a főállású humoristák, a klasszikus zenei előadók, élsportolók és művészek piacát említi példaként. Mindegyik esetben kevés kiemelkedően tehetséges egyén képes kiszolgálni a teljes piacot, azaz például a humor és a szórakoztatás iránti ösztönös társadalmi igényt. A jelenség magyarázata azonban nem a kiemelkedő egyéni tehetségben keresendő, hanem sokkal inkább az új technológiák által nyújtott lehetőségekben, amelyek elérhetővé teszik a javak közös fogyasztását. Rosen (1981) megfigyelésének idején egy televíziós műsor, rádióadás vagy a nyomtatott sajtó töltött be ilyen szerepet, de manapság gyakorlatilag bármilyen digitális tartalom esetében közel nulla marginális költség mellett lehetséges szinte korlátlan mennyiségű fogyasztó egyidejű kiszolgálása. Olyan piaci helyzetben, ahol nincs tökéletes helyettesítő termék, a technológiai megoldások lehetővé teszik a közös fogyasztást. Ezzel egyidejűleg a jogi keretrendszer biztosítja a szolgáltatóknak, hogy élvezzék az ebből származó hasznot (például

belépők, előfizetések, szabadalmak és licencek révén). Így egy nagyon nagy piacot a szolgáltatók nagyon kis csoportja is le tud fedni. Minél hatékonyabb (tehetségebb) szolgáltatókról van szó, annál kisebb lesz ez a csoport. Az infokommunikációs megoldások és a mesterséges intelligencia alkalmazása révén a szupersztáreffektus rendkívül erőteljesen érvényesül, mivel az MI-megoldásokkal tökélyre fejleszhető a tömeges testre szabás. Algoritmikus megoldások és gépi tanulás segítségével elhanyagolható marginális költségek mellett lehet az egyéni igényekhez maximálisan alkalmazkodni. A technológia nem pusztán egyes piacok szinte teljes kiszolgáltatását teszi lehetővé, hanem határokon átívelő vagy globális oligopóliumokat és természetes monopóliumokat hozhat létre (Korinek & Sitglitz, 2021). Erre példák a technológiai óriáscégek (FAANG: Facebook, Amazon, Apple, Netflix és Alphabet), amelyek globális szinten szolgálják ki a fogyasztókat, és domináns módon befolyásolják a közösségi média, a tartalomszolgáltatás, az e-kereskedelem, az üzleti és felhasználói szoftverek és további kapcsolódó szolgáltatások piacát.

A mesterséges intelligencia mint termék információs jószág (*information good*), azaz az értéke az őt alkotó információból származik (Korinek & Sitglitz, 2021). Közgazdaságtani szempontból ez azt jelenti, hogy – Romer (1986) terminológiáját alkalmazva – a mesterséges intelligencia egyrészt párhuzamosan felhasználható jószág (*non-rivalrous good*), azaz egyszerre többen tudják fogyasztani annak erodálása nélkül, másrészt a felhasználás marginális költsége gyakorlatilag nulla (*zero-marginal cost*). Ezért a piacon már jelen lévő MI-megoldásokat kínáló szereplők jelentős helyzeti előnyt élveznek az új belépőkhöz képest.

Az MI-megoldások kifejlesztése jellemzően magas kezdeti fix költségekkel jár. Az adatgazdálkodás sajátosságaiból adódóan azonban használatuk során megjelennek a hálózati hatások, amelyek szintén az inkumbens, azaz a piacon már jelenlévő szereplőket favorizálják.

Az MI-algoritmusok tápláléka a bevitt adat, ami rendszerezett, tisztított, adott esetben címkézett formában kell, hogy rendelkezésre álljon, mivel a pontatlan, hiányos vagy eredendően részrehajló adatbázisok hibás algoritmikus megoldásokat eredményezhetnek (Dietz, 2020). A nagyobb mennyiségű és magasabb minőségű rendelkezésre álló adat tehát jellemzően hatékonyabb MI-algoritmusok létrehozását eredményezi, ami előnyt jelent a piacra korábban belépett, nagyobb felhasználói bázissal és ennek révén megfelelően gondozott adatvagyonnal rendelkező vállalatok számára.

Ezek a tényezők – az MI információsjószág-jellege, közel nulla termelési háttérköltsége, a magas kezdeti fix költségek és a hálózati hatások – hozzájárulnak a

piaci belépési korlátok emelkedéséhez. Ez kedvez az oligopol vagy monopol piaci struktúrák kialakulásának, illetve azok hosszabb távú fennmaradásának (Korinek & Sitglitz, 2021). Brynjolfsson & McAfee (2014) ugyanezt a dinamikát írja le a győztes mindent visz jellegű piacokon, ahol a fogyasztói igényekre legjobban rezonáló termékek gyártói szerzik meg a piaci részesedés döntő részét, míg a többi szereplő – akár a második legjobb szolgáltató – már érdemben nem tud részesedést szerezni, még akkor sem, ha objektív kritériumokkal mérve nagyon is versenyképes lehetne. Különösen érvényes ez a digitális termékek piacára, ahol a világon mindenütt jelen lévő szolgáltatók minimális marginális költségek mellett terjeszthetik termékeiket globálisan.

Szupersztárországok

Azok a tendenciák, amelyek a természetes monopóliumok létrejöttének kedveznek, a mesterséges intelligencia használatával nemcsak szupersztárvállalatok, hanem szupersztárországok kiemelkedését is eredményezhetik, ahol földrajzilag összpontosulnak az MI-fejlesztések. Elég Kína és az USA mesterséges intelligencia terén zajló versenyfutására utalni. Amíg az alap kutatások esetében hagyományosan nagy teret kap az állami szerepvállalás és a kutatási eredmények megosztása a tudományos közösségben, addig az MI-megoldások körében – a nyílt forráskódú (*open-source*) technológiák kivételével – a magánvállalatok jellemzően az innovációs járadék maximalizálásra törekednek, üzletititok-kitételek, szabadalmak és licenck révén. Kína ebben némiképp eltérő utat követ, mivel a Nyugaton meghatározó szemlélettől eltérően a kínai állami vállalatok és kutatóintézetek oroszlánrészt vállalnak az MI-fejlesztésekből. Az elért eredmények azonban nem a szélesebb tudományos közönségnek szólnak, hanem jellemzően az országhatáron belül maradnak.

A tudás monopolizálása szélesítheti a szakadékot a fejlett és a fejlődő vagy közepes fejlettségű országok között, és megakaszthatja a gazdasági felzárkózási folyamatokat. Vértesy (2020) közel 150 ezer, a mesterséges intelligenciához és robotizációhoz köthető szabadalomcsaládot és az ezeket jegyző vállalatokat vizsgálva felhívta a figyelmet, hogy Magyarország a mesterséges intelligencia földrajzának periferiáján helyezkedik el, mivel a hazai vállalatok jelenleg nem rendelkeznek azokkal a műszaki képességekkel, amelyek révén az MI-fejlesztés globális élvonalába kerülhetnének, akár csak szűk piaci szegmensekben is. A szabadalmak alakulása és a kockázati-tőke-befektetések alapján az elmúlt két évtizedben Japán és az USA,

időben legutoljára pedig Kína emelkedett ki a mesterségesintelligencia-megoldások piacán, míg az Európai Unió² hátránya jelentős maradt (Vértesy 2020). Ráadásul az európai uniós szabadalmak száma lassabban növekedett a globális átlagnál. A meghatározó gazdasági térségeknek a mesterséges intelligencia terén tapasztalt eltérő fejlődési sebessége mellett még uniós viszonylatban mérve is jelentős különbségeket találunk az országok között. A szerző által vizsgált időszakban, 2000 és 2016 között, az MI-szabadalmak közel kétharmadát Németországban, Franciaországban és az Egyesült Királyságban nyújtották be, míg a közép- és kelet-európai országokra a teljes európai uniós szabadalmi bejelentéseknek csak mintegy 5 százaléka jutott. Ebből Magyarország mindössze fél százalékkal részesült. Önmagában ugyan a benyújtott szabadalmak száma nem ad teljes képet a mesterséges intelligencia használatának elterjedtségéről, ha azonban egy ország saját technológiai megoldások hiányában mesterségesintelligencia-importőrré válik, annak a következménye valószínűleg mind a gazdaság költségintjében, mind a személyes és közadatok kényszerű exportjában is jelentkezni fog (Vértesy 2020). Miként a magyar kormány által meghirdetett digitálisjólét-program is fogalmaz, „...a digitalizáció legalább annyira szuverenitási, mint amennyire versenyképességi kérdés” (DJP, 2021), azaz a digitális adatvagyon kezelésének nem kizárólag gazdasági, hanem fontos stratégiai és biztonsági dimenziója is van.

A mesterségesintelligencia-megoldásokat alkalmazó szolgáltatások importját vizsgálva elég a legnépszerűbb okostelefon-applikációk listájára tekinteni. Globális szinten 2019-ben 115 milliárdra nőtt az alkalmazások letöltéseinek a száma. Az első öt helyből négy a kaliforniai központú Facebook-csoportozáshoz tartozott. A Facebook, a Messenger, a WhatsApp és az Instagram együtt 16 milliárd alkalommal került letöltésre világszinten, míg a 2017-ben debütáló kínai illetőségű TikTok 700 millió letöltést ért el (Növekedés.hu, 2020). Egy specifikusan magyar felhasználókat vizsgáló kutatás szerint a hazai felhasználók körében leggyakrabban használt alkalmazások sora is hasonló képet mutatott: a legnépszerűbb a Facebook, a Messenger és az Instagram volt, míg a TikTok különösen kisvárosokban tett szert nagyobb felhasználói bázisra (Pénzcentrum, 2020). A mesterséges intelligenciához és robotizációhoz kapcsolódó globális piaci koncentráció erősödését jelzi az a trend is, amely szerint az USA-ban és Kínában az utóbbi évtizedben gyorsabban nőtt a szabadalmak száma, mint a szabadalmazóké (Vértesy, 2020). Az új fejlesztések tehát egyre inkább a már

² Vértesy (2020) ugyan Európára hivatkozik az írásában, és nem részletezi a térség pontos definícióját, azonban a szerző által szemléztet eredeti tanulmány (Van Roy et al., 2020) az Európai Uniót vizsgálja.

megalapozott üzlettel rendelkező vállalatoknál összpontosultak, nem pedig az új belépők jegyezték őket. Az innovatív technológiákhoz való hozzáférés korlátozása, illetve a globális cégek kezében koncentrálódó piacvezető algoritmusok következtében behozhatatlanul lemaradhatnak azon piaci szereplők és szélesebb perspektívában azok az országok, amelyek nem szállnak be a versenybe már az MI-fejlesztések korai időszakában.

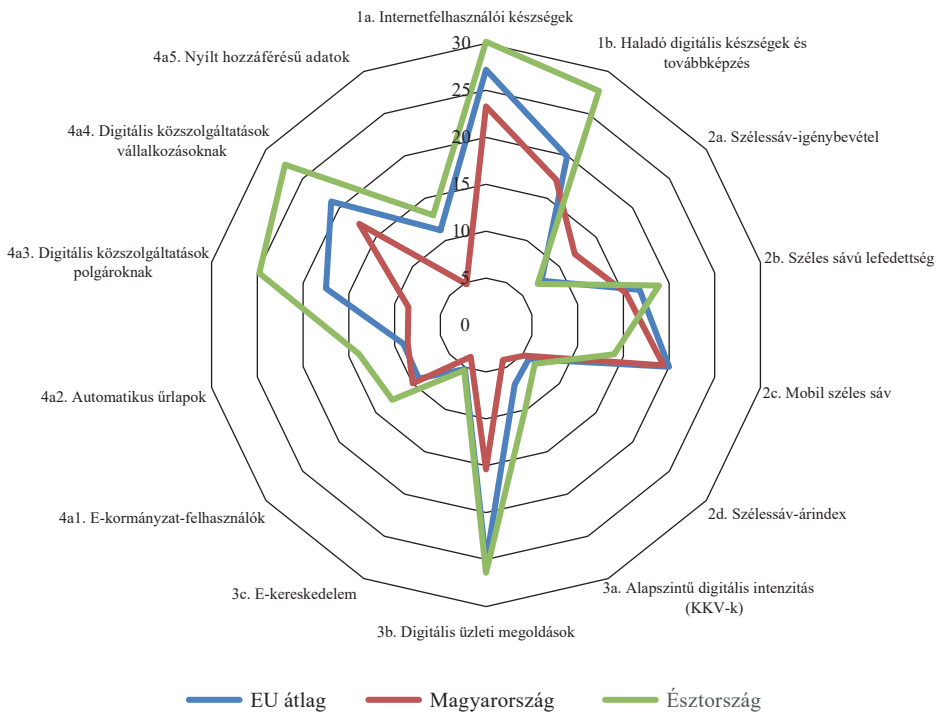
Magyarország esélyei az MI-versenyben

Felvetődik a kérdés, hogy egy olyan, potenciálisan a közepes fejlettség csapdájával küzdő, kis méretű, a világgazdaságra nyitott gazdaság, mint a magyar, hogyan képes hatékonyan felvenni a versenyt a globális nagyvállalatokkal, és technológiai fejlettségben lépést tartani a mögöttük álló MI-szuperhatalmakkal. Pozitív példaként szokás említeni a mindössze 1,3 millió lakosú Észtországot, ahol az intenzív és központosított digitális átállás lehetővé tette, hogy a hagyományosan fakitermelésen alapuló gazdaság, ma már a technológia startupokról – többek között a Skype, a TransferWise, a Bolt cégekről – legyen ismert, és Tallinn a digitális nomádok kedvelt célpontjává váljon (Lund & Tyson, 2018). Észtországban a rendszerváltás után jelentős dezindustrializáció ment végbe. Az alacsony termelékenységet a szolgáltató szektorban, ezen belül is kiemelten az infokommunikáció területén végrehajtott fejlesztésekkel kívánták orvosolni. Az 1996-ban meghirdetett Tigrisugrás (*Tigrihüpe*) program keretében például szinte az összes iskolát csatlakoztatták az internethez. Informatikai laborokat hoztak létre, hogy a vállalkozói készségek fejlesztésével párhuzamosan már ebben a korai időszakban integrálják a digitális jártasságot a tanmenetbe. Központi szerepet játszott a digitális átállásban az e-Észtország (*e-Estonia*) program, amelynek részeként az állampolgárok online szavazhatnak, adózhatnak és vehetnek részt bírósági tárgyaláson is, kizárólag digitális személyazonosítás alapján (Lund & Tyson, 2018). Az európai uniós átlaghoz viszonyított, vásárlóerő-paritáson számított egy főre eső GDP alapján Észtország és Magyarország közel azonos szintről indult a 2010-es évtized elején, mégis mára már több mint 10 százalékpont a különbség a balti ország javára (Györffy, 2021). Ebben döntő jelentőségük volt az intézményi reformoknak, azokon belül is az említett e-Estonia programnak, amely elősegítette a tranzakciós költségek csökkentését, ennek révén növelte a gazdaság hatékonyságát. Egyes becslések szerint tíz év alatt az újonnan beállított informatikai rendszereknek betudhatóan több ezer évnyi ügyintézési időt sikerült megtakarítani

a különböző gazdasági szereplőknek (Lund & Tyson, 2018). Ma már az észt foglalkoztatottak közel öt százaléka a csúcstechnológiai szolgáltatásokban dolgozik, ami az EU élmezőnyébe juttatta az országot Írország, Finnország és Svédország társaságában (Lund & Tyson, 2018). Az észt példa jól szemlélteti, hogy a mesterséges intelligencia hasznosítását feltételező gyors alkalmazkodásra képes, rugalmas munkaerő kialakításában központi szerepet játszik az oktatási rendszer és szélesebb értelemben a humán erőforrást támogató egészségügyi ellátórendszer. Ezek hatékony és korszerű működése elengedhetetlen a kívánt termelékenységnövekedési ütem eléréséhez és a versenyképesség hosszú távú javulásához (Palotai & Virág, 2016: 27–58.).

1. ábra

Magyarország digitális fejlettsége az európai uniós átlaghoz és Észtországhoz viszonyítva, a 2021. évi DESI Index alapján



Forrás: Saját szerkesztés a DESI (2021) adatbázis alapján.

Az Európai Bizottság által évente publikált Digitális Gazdaság és Társadalom Index (DESI, 2021) négy dimenzió – humán tőke, internet-hozzáférés, digitális technológiák integráltsága és digitális közszolgáltatások – súlyozott átlaga alapján értékeli az uniós országok digitális fejlettségi színvonalát. Magyarország az összesített eredmények alapján az országok utolsó egyharmadában foglal helyet, azonban az egyes dimenziókban mért fejlettségi szintje jelentős eltéréseket mutat. Az *1. ábra* az egyes DESI-komponenseket alkotó mutatók alapján szemlélteti Magyarországi digitális fejlettségét az európai uniós átlaghoz, illetve Észtországhoz képest.

Amíg az internethez való hozzáférésben és a digitális infrastruktúra terén Magyarország az uniós átlag közelében, a széles sáv igénybevételében jóval az átlag fölött helyezkedik el, addig jelentős elmaradás tapasztalható az állampolgárok digitális kompetenciái, a digitális közszolgáltatások, de legfőképpen az üzleti szféra digitalizációja terén. Érdeemes megnézni Észtország példáját is, ahol a mért számokban is visszaköszönnek a kiemelkedően magas eredmények a digitális kompetenciák és digitális közszolgáltatások terén. A haladó digitális készségek és a továbbképzések egy kategóriában vannak, ezzel is jelezve az életfogytig tartó tanulás fontosságát a digitális fejlődésben, ebben Magyarország szintén elmaradást mutat. Kulcsfontosságú indikátor az MI-átállás terén a jó minőségű nyílt hozzáférésű adatok elérhetősége, amely Magyarországon még alacsonyabb az uniós átlagnál. Az utóbbi két mutató – a digitális készségek és az adatokhoz való hozzáférés – jelentősége meghatározó lehet a gazdaság jövőbeli mesterségesintelligencia-intenzitása (milyen nagy arányban használják) kapcsán, mivel ez biztosíthatja az alapanyagot és a szaktudást a saját MI-megoldások kialakításához.

Az MI terén az innovációs perifériára szorulás talán leghatásosabb ellenszere lehet a tágran értelmezett digitális infrastruktúra fejlesztése és az új technológiák hasznosításához szükséges szakértelem egyidejű biztosítása. Ez, ha önmagában nem is eredményez feltétlenül MI-fejlesztéseket, megnyitja az utat a globális MI-vérkeringésbe való bekapcsolódáshoz. Annak, hogy egy adott ország a mesterségesintelligencia-megoldások fejlesztésének élvonalába kerüljön, szükséges (de nem elégséges) feltétele a technológiai és szakmai háttérnek és a jó minőségű digitális adatvagyonnak a rendelkezésre állása, ami közép- és hosszú távon lehetővé teszi a saját MI-megoldások kifejlesztését. Magyarországon is láthatók jó példák a közigazgatás és a közszolgáltatások digitalizálásának terén, amilyen például a Nemzeti Adó- és Vámhivatal digitális nyilvántartása és online ügyintézési rendszere, az ügyfélkapu közigazgatási infrastruktúrája és az elektronikus egészségügyi szolgáltatási tér. Az ezekben a rendszerekben keletkező adatvagyon jövőbeli értéke talán még

nem is mérhető fel teljes mértékben, mert a big data analitika segítségével olyan összefüggések, trendek és ezekből származó megoldások állhatnak elő a közszolgáltatásokban és az egészségügyi ellátásban, amelyek pillanatnyilag még nem ismertek. Lehetőség nyílhat továbbá a megfelelően anonimizált adatok kereskedelmi célú felhasználására is, természetesen szem előtt tartva a követendő etikai irányelveket.

Fontos kezdeményezés a mesterségesintelligencia-koalíció létrehozása, amely közel 400 üzleti, kutatási, felsőoktatási és társadalmi szervezetet és több mint 900 szakértőt tömörít a hazai mesterséges intelligenciával, automatizációval és robotizációval kapcsolatos ökoszisztémában (MI Koalíció, 2022). Az MI-koalíció közös célként tűzte ki a társadalom és a vállalatok digitális transzformációját, illetve a nagyobb hozzáadott értéket tartalmazó termékek és szolgáltatások előállításának elmozdítását (Trautmann & Vertetics, 2020). Az MI-koalíció kezdeményezése az MI-kihívás is, amelynek célja, hogy a magyar társadalom legalább egy százaléka szerezzon alapvető ismereteket a mesterséges intelligenciáról egy ingyenesen elérhető online kurzus segítségével. A témával kapcsolatos ismeretterjesztő anyagok és rendezvények révén összesen legalább egymillió állampolgárt szeretnének megszólítani, ezzel is propagálva a digitális jártasság fontosságát (MI Koalíció, 2022).

A mesterséges intelligencia munkaerőpiacra gyakorolt hatásai

Az új technológiák munkaerőpiacra gyakorolt hatásai a kezdetektől a közgazdasági gondolkodás középpontjában állnak. Egyes gazdaságtörténészek szerint az első ipari forradalom és a gépesítés körül kialakult vita egyenesen központi szerepet játszott a közgazdaságtan mint önálló tudományág kifejlődésében (Card & DiNardo, 2002). Manapság az új technológiák megjelenését és munkaerőpiaci implikációit leginkább a jövedelmi egyenlőtlenségek kialakulása miatt elemzik. Évekig tartotta magát az úgynevezett szakképzettséget preferáló technológiai fejlődés (*skill-biased technological change – SBTC*) elmélete,³ amely szerint a technológiai fejlődés hatására folyamatosan nő a kereslet a magasabb iskolai végzettségű munkavállalók iránt (Bördös & Major, 2017). Népszerűsége ellenére az SBTC-elmélet azonban elégtelennek bizonyult egyes empirikus megfigyelések alátámasztására, például a fokozatos technológiai fejlődés mellett stabilizálódó jövedelmi különbségek, illetve a nemek, a különböző etnikai csoportok és a korosztályos kohorszok átlagmunkabérekben

³ Az SBTC-elmélet részletes kifejtését lásd Katz & Autor, 1999.

való eltérésének jellemzésére (Card & DiNardo, 2002). E hagyományos szemlélet alapján alakult ki az a vélekedés, amely szerint elsősorban a közepes és alacsony bérszintű, rutinszerű, jellemzően manuális munkaköröket veszélyezteti a számítógépes automatizáció és a robotizáció, míg a magas képzettségű munkavállalókat, akik komplex, emberi mérlegelést, analitikus gondolkodást és *soft skilleket* igénylő problémákat oldanak meg, nem fenyegeti ilyen veszély. A mesterségesintelligencia-megoldások elterjedése most ezt a paradigmát látszik megváltoztatni (Acemoglu & Restrepo, 2018a).

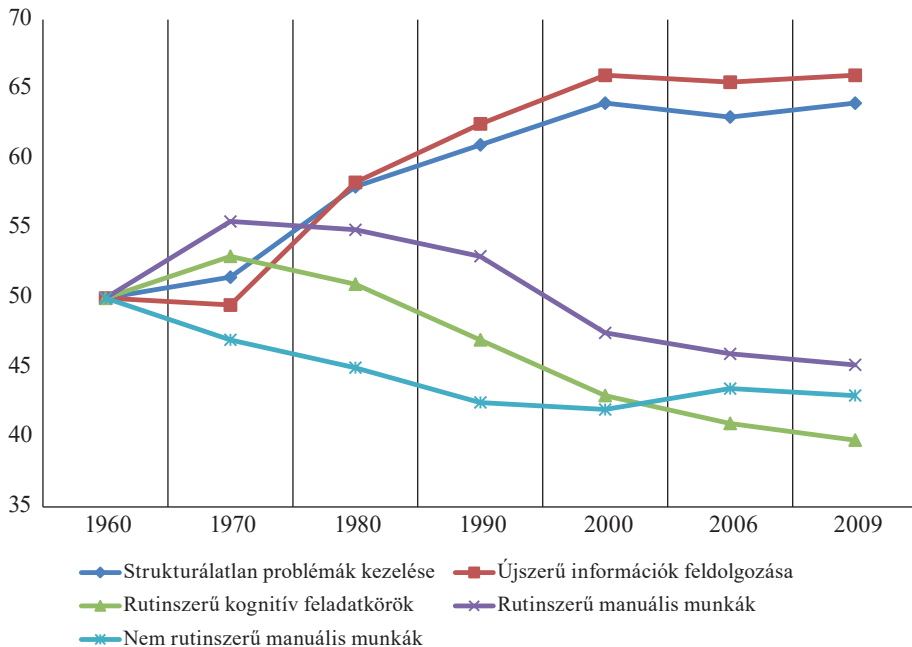
Az Autor et al. (2003) által kidolgozott elmélet (*ALM-hypothesis*) és a hozzá kapcsolódó úgynevezett munkaerőpiaci polarizáció (*job polarization*) kifejezetten a számítógépes megoldások munkaerőpiaci elterjedésének hatásait vizsgálva jutott arra a következtetésre, hogy az SBTC-elmélet felvetésétől eltérően, amely szerint a magas képzettséget igénylő munkakörök iránti kereslet növekedni fog a képzettséget nem igénylő munkákkal szemben, a technológiai hatás ennél komplexebb módon érinti majd az egyes munkaköröket, elsősorban azok rutinszerű vagy nem rutin jellege alapján. A munkaerőpiaci polarizáció jelensége azt vetíti előre, hogy mind a nem rutin jellegű manuális munkák (például takarítás, karbantartás), mind pedig a nem rutin jellegű kognitív munkák (például felsővezetői feladatkörök), tehát jellemzően a bérskála két szélén elhelyezkedő munkák iránti kereslet növekedni fog, míg az átlagos, nagyjából rutinszerű manuális és kognitív feladatokat igénylő – azaz lépcsőről lépésre vagy adott szabályrendszer keretein belül jól leírható és automatizálható – munkakörökben való foglalkoztatás csökkenni fog. E tényezők hatására a bérskála két oldalán koncentrálódva polarizálódik a munkaerőpiaci kereslet. Michaels et al. (2014) az USA, Japán és kilenc európai ország több mint két évtizedre kiterjedő adatainak vizsgálata alapján empirikus bizonyítékot is talált az infokommunikációs technológiák munkaerőpiaci polarizáló hatására. Az infokommunikációs fejlődésben élen járó szektorokban a kereslet a magasán képzett munkavállalók irányába tolódott el a közepes képzettségűek rovására. Összességében egynegyed arányban írható közvetlenül a technológiai fejlődés számlájára a magasabb képzettségűek iránti keresletnövekedés.

Levy & Murnane (2013) az amerikai munkaerőpiac változásait 1960 és 2009 között vizsgálva öt típusú munkahelyi feladatkört azonosított, amelyek közül kettőnek nőtt, míg háromnak egyértelműen csökkent a jelentősége az említett időszakban. Az első két dinamikus területet alkotta egyrészt a *strukturálatlan problémák kezelése*, azaz az olyan feladatokhoz kapcsolódó munkavégzés, amelyekhez nem lehet szabályszerű megoldásokat rendelni (például komplex orvosi diagnosztika vagy autó-

szerelés), másrészt az *újszerű információk feldolgozása* (például management-feladatkörök, összetett mérnöki döntések, motivációs és tanítási metodológiák). Ezzel szemben a *rutinszerű kognitív feladatkörök* (például adminisztratív és háttérodai funkciók), a *rutinszerű manuális munkák* (például gyártósor melletti repetitív fizikai munkák), illetve a *nem rutinszerű manuális munkák* (például kamionvezetés, takarítás) is vesztek jelentőségükből. Ugyanakkor a nem rutinszerű manuális feladatköröket jóval kevésbé veszélyezteti az automatizáció. Komplex optikai felismerés és finommotoros képességek együttes használatára lenne szükség ugyanis a helyettesítésükhöz, ami a jelen technológiai fejlettségi szint mellett egyelőre nehezen vagy csak költségesen kivitelezhető.

2. ábra

Változó munkaerőpiaci feladatkörök az USA-ban 1960 és 2009 között
(Indexérték: 1960 = 50)



Forrás: Saját szerkesztés Levy & Murnane (2013) alapján.

Mivel Magyarországon az iparnak nagyobb szerepe van a nemzeti össztermék előállításában, mint az EU-átlag, ezért a következő automatizációs hullámnak is várhatóan nagyobb hatása lehet (Dietz, 2020). Miként a fentiekből kitűnik, a mesterséges intelligencia a szellemi munka egy részét is kiválthatja, ezért az ebből származó hatások is szerteágazóbbak lehetnek, mint pusztán az ipari termelés munkaerőigényének megváltozása. A mesterséges intelligencia, a big data és a robotika kombinációja olyan munkaköröket (például hitelbírálat, üzleti tanácsadás, pénzügyi tervezés, jogi asszisztencia és egyes orvosi szakterületek a radiológiától a sebészetig) is veszélyeztet – teljes egészében vagy részlegesen –, ami korábban elképzelhetetlen lett volna (Acemoglu & Restrepo, 2018a). A gépi tanulás, különös tekintettel a neurális hálózatok által működtetett mély tanulásra, lehetővé teszi, hogy a gépek elérjék vagy meghaladják az emberi kognitív kapacitást olyan területeken, mint a beszédfelismerés, a természetes nyelvek feldolgozása (*natural language processing*) és az analitikán alapuló előrejelzés. Szinte minden munkakör tartalmaz automatizálható feladatokat, de kevés olyan állás van, amely teljes mértékben automatizálható lenne (Brynjolfsson et al., 2018). Az egyes munkaköröket érdemes tehát olyan kontextusban értelmezni, mint különböző részfeladatokból álló csomagok, amelyeknek automatizációs potenciálja eltérő. Egy olyan általános célú technológiai innováció hatására mint a mesterséges intelligencia bevezetése megváltozhat az adott csomagban kínált szolgáltatások összetétele vagy azok relatív aránya (Autor et al., 2003; Korinek & Stiglitz, 2019). Ez praktikusán azt jelentené, hogy egy adott munkakör nem tűnik el, hanem átalakul olyan formában, hogy digitális megoldásokkal ötvözve a legnagyobb hatékonyságot tudja nyújtani.

Hazai munkaerőpiaci kilátások

Mivel a mesterséges intelligencia munkaerőpiacot felforgató potenciálja várhatóan egyenetlenül fejt ki hatásait az egyes munkakörökben és szektorokban, a gazdasági tevékenységek újraszervezése központi szerepet játszik majd a versenyképesség fenntartásában (Brynjolfsson et al., 2018). Az elmúlt évtizedekben a külföldi vállalatok jellemzően az összeszerelést telepítették Magyarországra, míg a magasabb hozzáadott értékű tevékenységek az anyaországban maradtak (MNB, 2020). Ennek eredményeként nagyobb arányban vannak jelen a könnyebben automatizálható rutinszerű manuális munkák, mint a komplex kognitív feladatkörök. Az ipar 4.0-hoz kapcsolódó robotizáció, az MI-megoldások és a digitalizáció térnyerése

csökkenti az alacsony költségszintű munkaerőre alapozott gyártás versenyképességét (Szalavetz & Somosi, 2019). Gyakran emlegetett példa az automatizáció kapcsán a közútjármű-ipar, amely tíz év alatt a 2010-es évek második felére megduplázta a közvetlenül foglalkoztatottak számát, amely közel 100 ezer főre bővült (Túry, 2020). Az autóiiparra is jellemző az európai hierarchikus struktúra, amelyben mind a gyártott modellek, mind a vállalati funkciók hozzáadott értéke szempontjából érvényesül a földrajzi centrum-periféria viszony a német-francia magtértség, illetve dél- és a közép- és kelet-európai összeszerelő központok között. A perifériás kitétséget mérésélkelhetik a kínai autóiipari beszállítókkal kötött stratégiai partnerségek, amelyek elsősorban elektromos autók előállításához szükséges alkatrészek hazai gyártására és ehhez szükséges beruházásokra irányulnak. A kínai vállalatokkal kiépített együttműködések az MI-megoldások szempontjából is relevánsak, mert ilyen jellegű tudástranzfer lehetőségét biztosíthatják a jövőben.

Az autóiipari átállásban a hagyományos autók összeszerelésének fokozódó automatizációs potenciáljánál fontosabb szempont lehet az iparágat érintő általános technológiai változásokhoz való alkalmazkodás képessége. Amellett, hogy Nyugat-Európa globális autóiipari részesedése eleve folyamatosan csökken, a mobilitás jelenleg a hagyományos technológiák felől az akkumulátoros elektromos autók felé tolódik el. Egyre nagyobb hányadot képeznek egy-egy jármű eladási értékében a kapcsolódó informatikai szolgáltatások, mint például az önvezetés, a hálózatba kapcsolhatóság és az autómegosztás (Szalavetz & Somosi, 2019). A nagy hozzáadott értéket képviselő innovatív megoldások kiszervezése lehetőséget adhat a helyi vállalatoknak a technológiaváltásba való bekapcsolódáshoz. Jó példa erre a 2018-ban létrehozott zalai önvezetőjármű-klaszter és járműipari tesztpálya, amely közös platformot nyújt vállalati fejlesztéseknek és beszállító cégeknek az innovációk kidolgozásához és fizikai teszteléséhez (Szalavetz & Somosi, 2019).

Külön csoportot képeznek a szolgáltatási szektor automatizációja szempontjából az üzleti szolgáltató központok (SSC/BSC – Shared/Business Service Centre), amelyek nemzetközi nagyvállalatoknak nyújtanak irodai háttér szolgáltatásokat, és Budapesten a diplomás munkavállalók közel egytizedét foglalkoztatják (HIPA, 2019). Az üzleti szolgáltató központokra ugyan magas hozzáadott értékű szellemi munkavégzés jellemző, a háttéroidai szolgáltatások standardizált és protokollizált jellegéből adódóan a jövőben mégis jelentős hatást gyakorolhat rájuk a rutinszerű kognitív feladatkörököt érintő automatizáció. Egy üzleti szolgáltató központokat érintő automatizációs hullámnak széles körű hatásai lennének a főváros diplomás munkaerőt vonzó képességére, de ezen túlmenően az irodapiacra is.

A kis- és középvállalkozásokra országos szinten a foglalkoztatottak közel kétharmada jut, ezen belül is a 10 fő alatti mikrovállalkozások aránya majdnem 95 százalék (KSH, 2018). Ebben a vállalati szegmentumban a mesterséges intelligencia elterjedéséből származó változások nem annyira a munkakörök automatizálhatóságához, mint inkább az új technológia használatából adódó nyereségtermelő képességhez kapcsolódnak. A kkv-szektor alacsony termelékenysége hosszú ideje fennálló probléma, ami miatt a hazai egy dolgozóra jutó hozzáadott érték mind a nagyvállalatokétól, mind a nyugati versenytársakétól elmarad (MNB, 2020). A 2017 és 2019 közötti időszakban a gazdasági növekedés közel kétharmada a munkatermelékenység javulására volt visszavezethető, amiben kiemelt szerepet játszott a kkv-szektor (Szoboszlai, 2020). Ennek ellenére a nemzetközi értékláncokba való bekapcsolódás valószínűsíthetően egyre nehezebb lesz azon vállalkozásoknak, amelyek nem élnek az új technológiai innovációk által adott lehetőségekkel. Ez egy időben teszi lehetővé a nemzetközi élvonalhoz való felzárkózást és fenyeget tartós leszakadással.

A mesterséges intelligencia munkaerőpiacra gyakorolt hatásainak speciális területe a szélesen értelmezett közszolgálati szektor. Amíg a feldolgozóipart érintő automatizáció jól ismert, addig az oktatás, az egészségügy, a rendvédelem és az egyéb közszolgáltatások esetében az állami szerepvállalás kiemelt fontosságú, ezért jól célzott kormányzati programokkal – lásd Észtország elemzett példáját – a közszféra a gazdaságban végbemenő MI-átállás egyik katalizátora lehet. A közszféra bevonásának más aspektusból is különös jelentősége van: a bérszínvonalon keresztül szektorokon átívelően kompenzálhatja az automatizáció által előidézett munkabérsökkenést (Korinek & Stiglitz, 2019). Történelmi távlatban az automatizációt elősegítő technológiák általában termelékenységnövekedést eredményeztek, de ezzel egy időben megváltoztatták a munkaerőpiaci viszonyokat és drasztikus mértékben az általános bérszínvonalat (Brynjolfsson et al., 2018). Mivel az innovációk befolyásolják a termelési tényezők: a tőke és a munkaerő iránti keresletet, így azok piaci árazása megváltozhat. Ez tovább erősítheti az egyenlőtlenségeket a munkabérből és más típusú jövedelmekből részesülő gazdasági szereplők között, továbbá a foglalkoztatottaktól a tőketulajdonosok felé terelheti a vagyon újraelosztását. A munkaerőpiac általános egyensúlyának biztosítása érdekében végrehajtott állami kompenzáció mértéke és hatékonysága ezért döntő fontosságú lehet (Korinek & Stiglitz, 2019). A digitális gazdaság fontos jellemző vonása még, hogy a termelékenység mind nagyobb mértékben válhat el a munkavégzéstől, ami a fejlett országokban fokozza a gyengülő középosztály és a szélesedő prekariátus elszegényedését. Ez a trend közép- és hosszú távon a hagyományos képviselési demokrácián alapuló

politikai rendszerekre is jelentős hatást gyakorolhat (Brynjolfsson & McAfee, 2014), ami jól szemlélteti az MI-átállás széles spektrumú társadalmi következményeit.

Összefoglalás, következtetések

A tanulmány azt a kérdéskört vizsgálta több szempontból, hogy az MI-átalakulás a javak hatékonyabb elosztásához vezet-e majd, vagy tovább erősíti a létező vagyoni és fejlettségbeli különbségeket régiók, országok és társadalmi csoportok között. Azt is elemezte, hogy milyen tényezők játszanak ebben szerepet, és hogyan érinti mindez Magyarországot. A szakirodalom áttekintéséből kitűnik: nincs közgazdaságtani törvényszerűség, következésképpen konszenzus sem arról, hogy az általános gyarapodást szolgáló műszaki, technikai és technológiai fejlődés mindenki számára egyenlően előnyös hatásokkal járna. A mesterséges intelligencia használata és terjedése, illetve szélesebb értelemben az automatizáció globális szinten Pareto-javulást eredményezhet. Ez azonban várhatóan más-más hatással lesz a gazdasági centrumokra és a perifériákra, a multinacionális vállalatokra és a nemzetgazdaságokra, valamint a munkavállalók egyes csoportjaira. Az új technológiákban rejlő lehetőségek kiaknázása mellett a mesterséges intelligencia mint innováció hatásai önmagukban nem egyértelműen pozitív vagy negatív előjelűek. Az MI eltérő következményeket hordoz a különböző gazdasági szereplők és országok számára. Új lehetőségeket teremt a globális versenybe való bekapcsolódáshoz, ugyanakkor nehéz helyzetbe hozhat, vagy akár leszakadás felé terelhet döntően MI-importra szoruló régiókat.

A mesterséges intelligencia működési logikájából fakadó egyes sajátosságok lehetővé teszik a nagyobb szereplők számára előnyös, a „győztes mindent visz” jellegű piaci dinamikák kialakulását és fennmaradását. Az információs jószágok párhuzamos fogyaszthatósága, a nullához közelítő határköltségek, az MI-fejlesztések magas kezdeti fix költségei és az adatvagyonból adódó, illetve adatgazdálkodás révén fellépő hálózati hatások együttesen mind hozzájárulnak a piacra való belépés korláta-
inak az emelkedéséhez. Ez lehetővé teszi az oligopol és a monopol piaci struktúrák létrejöttét globális szinten, továbbá szupersztárvállalatok és MI-exportőr országok kiemelkedését. Vannak ugyanakkor ettől eltérően ható tendenciák is, amelyek megkönnyítik a kis szereplők piaca lépését. Ilyenek az online tartalommegosztás, a globális virtuális piacterek, az új értékesítési csatornák, a termelékenységet javító MI-megoldások által nyújtott lehetőségek. A gazdasági teljesítményt befolyásoló képességüket tekintve az utóbbiak sokkal kisebb súllyal esnek latba, mint a piaci kon-

centráció növekedését előmozdító erők. Ezzel párhuzamosan a társadalmi újraelosztás és egyensúlyteremtés hagyományosan nemzetgazdasági szintű lehetőségei egyre szűkülnek. A technológiai szupersztárcégek könnyen el tudják választani egymástól működésük fizikai és jogi kereteit, így kihasználhatják az adórendszerek közti különbségeket, illetve szolgáltatásokon vagy szektorokon átívelően monetizálhatják az üzleti tevékenységeiket. Mindez szintén az egyenlőtlenségek fokozódását táplálja.

E tényezők fényében méretéből, gazdasági súlyából, félperifériás helyzetéből és közepes fejlettségi szintjéből adódóan Magyarországnak nehezített pályán kell versenyeznie. A tanulmány hivatkozott Észtországra mint olyan Magyarországhoz hasonló jellemzőkkel bíró kis országra, amely sikeresen tudta átalakítani gazdasági szerkezetét annak érdekében, hogy be tudjon kapcsolódni a technológiai változások következő hullámába. A mesterségesintelligencia-megoldások használatából eredő, inkumbens szereplőket favorizáló piaci dinamikák esetén a versenybe való minél korábbi belépés ugyanis kritikus jelentőségű lehet. Az észt példából is kitűnik, hogy az MI-megoldásokból való profitálás képességének minimális feltétele a digitális infrastruktúra kiépítése és a gyors alkalmazkodásra képes munkaerő. Amíg Magyarország helyzete a digitális infrastruktúra terén az uniós átlag feletti, addig jelentős az elmaradás az állampolgárok digitális kompetenciái, a digitális közszolgáltatások, legfőképpen pedig az üzleti szféra, a kkv-k digitalizációja terén. Így kiaknázatlan potenciál rejlik a digitális kompetenciák oktatási tanmenetekbe való hangsúlyosabb integrálásában és az élethosszig tartó tanulásban. Ez többek között az üzleti folyamatok hatékonyságát növelő MI-megoldások felhasználói ismereteinek elsajátítását tenné lehetővé. Kiemelt fontosságú továbbá az egyes közigazgatási rendszerekben keletkező jó minőségű digitális adatvagyon hasznosítása, az adatvagyon hazai fejlesztésű MI-megoldások inputjaként is szolgálhat. A nyílt hozzáférésű adatok elérhetőségében Magyarország elmarad az uniós átlagtól, így ezen a területen jelentős fejlődést lehetne elérni.

Az MI által működtetett technológiai innovációk gazdasági fejlettségre és egyenlőtlenségekre gyakorolt hatásmechanizmusának speciális területe a munkaerőpiac és az automatizáció. A tanulmányban tárgyalt ALM-hipotézis és a munkaerőpiaci polarizáció szerint az egyes munkakörök automatizációs potenciálja döntően rutinszerű, protokollizálható jellegüktől függ, és a közkeletű vélekedéstől eltérően nem okvetlenül az alacsony képzettségű munkaköröket érinti majd a legnagyobb arányban és mértékben. Az MI szempontjából az egyes munkakörök részfeladatokból álló csomagoknak is tekinthetők, amelyek automatizációs potenciálja eltér egymástól. Következésképpen kevés az olyan állás, amely teljes mértékben automatizálható le-

het, viszont sok olyan van, amely várhatóan át kell, hogy alakuljon úgy, hogy digitális megoldásokkal ötvözve a legnagyobb hatékonyságot tudja nyújtani.

Magyarországon az európai centrum-periféria jellegű munkamegosztás nyomán nagyobb arányban vannak jelen a könnyebben automatizálható rutinszerű munkák, mint a komplex kognitív feladatkörök. Ez a körülmény versenyképességi és foglalkoztatási szempontból egyaránt kockázat. Ugyanakkor a nagy hozzáadott értéket képviselő, innovatív technológiai megoldások kiszervezésének erősödő trendje lehetőséget teremthet magyar cégeknek is, hogy magasabb szinten kapcsolódjanak be az értékláncokba. Az algoritmusok használatával komplementer képességek kiépítése lehetővé teheti Magyarországot számára, hogy ne elszenvedője, hanem proaktív résztvevője legyen az MI-átállásnak, ami szintén visszavezet a digitális kompetenciák növeléséhez.

A tanulmány jellegéből fakadóan a kutatás korlátját képezi, hogy másodlagos adatokra és szakirodalmi forrásokra épít. Pontosabb vizsgálatot eredményezne a tárgyalt témákra vonatkozó célzott, elsődleges adatfelvétel és annak kiértékelése. Mivel olyan jelenségekről is szó van a tanulmányban, amelyek kibontakozóban vannak, vagy a jövőbe mutatnak, a rájuk vonatkozó megállapítások elsősorban a várható kimenetek modellezéseként értelmezhetőek.

A tanulmány által kijelölt további kutatási irány lehet a mesterséges intelligencia elterjedésének geoökonómiai és egyenlőtlenségeket érintő kérdésein túl az MI-megoldások környezeti fenntarthatóságban és nemzetstratégiában játszott szerepe, amelyek meghatározzák az MI-átalakulás arculatát és ütemét.

Hivatkozások

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018a). Low-Skill and High-Skill Automation. *Journal of Human Capital*, 12(2), 204–232. <http://dx.doi.org/10.1086/697242>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018b). The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment. *American Economic Review*, 108(6), 1488–1542. DOI: 10.1257/aer.20160696
- Aghion, P., Jones, B. F., & Jones, C. I. (2017). *Artificial Intelligence and Economic Growth*. NBER Working Paper Series, No. 23928, Cambridge, MA. DOI 10.3386/w23928
- Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2018). *Prediction machines: the simple economics of artificial intelligence*. Harvard Business Review Press, Boston.
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2017). *Revisiting the Risk of Automation*. *Economic Letters*, 159, 157–160. DOI: 10.1016/j.econlet.2017.07.001
- Autor, D., & Salomons, A. (2018). Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1–87. BPEA Conference Drafts.

- https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2018/03/1_autorsalomons.pdf Letöltés ideje: 2021. 02. 10.
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553–97. DOI: 10.1257/aer.103.5.1553
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333. <https://economics.mit.edu/files/11574>
- Boros, Sz., & Kolozi, P. P. (2019). Egy 21. századi geopolitikai összeütközés természetrajza Kína és az USA példáján keresztül. A technológia, az adat és a pénz jelentőségének felértékelődése a nagyhatalmi konfliktusokban. *Polgári Szemle*, 15(4–6), 258–280. <https://doi.org/10.24307/psz.2019.1217>
- Bögel, Gy. (2008). A schumpeteri „teremtő rombolás” módjai az infokommunikációs iparban. *Közgazdasági Szemle*, 55(4), 344–360. <http://archive.ceu.hu/sites/default/files/publications/04vszboegel.pdf>
- Bördös, K., & Major, K. (2017). *A képzett és a képzetlen munkaerő közötti helyettesítési rugalmasság becslése*. HÉTFA Kutatóintézet és Elemző Központ, Budapest. http://hetfa.hu/wp-content/uploads/hetfa_wp_2016_15_bordos.pdf Letöltés ideje: 2021. 09. 18.
- Brávác, I., & Krebsz, R. (2021). A magyar kis- és középvállalkozások digitális fejlettsége – Lehetünk-e digitális élvonalosok? *Külgazdaság*, 65(9-10), 60–85. <https://doi.org/10.47630/KULG.2021.65.9-10.60>
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Company, United States.
- Brynjolfsson, E., Mitchell, T., & Rock, D. (2018). What Can Machines Learn, and What Does It Mean for Occupations and the Economy? *AEA Papers and Proceedings*, 108, 43–47. DOI: 10.1257/pandp.20181019
- Card, D., & DiNardo, J. E. (2002). Skill-Biased Technological Change and Rising Wage Inequality: Some Problems and Puzzles. *Journal of Labor Economics*, 20(4), 733–783. DOI: 10.1086/342055
- Castells, M. (1996). *The Rise of the Network Society*. Blackwell Publishers, Malden, Mass.
- Csath, M. (2019). Közepes jövedelmi csapda vagy fejlettségi csapda és a költségvetési hatások. *Pénzügyi Szemle / Public Finance Quarterly*, 64(1), 29–48. http://real.mtak.hu/112322/1/csathm-2019-1-mpdf_20190413125913_19.pdf
- DESI | Digital Economy and Society Index (2021). *Datasets 2021*. Európai Bizottság, Digital Agenda. <https://digital-agenda-data.eu/datasets/desi> Letöltés ideje: 2022. 04. 03.
- Dietz, F. (2020). A mesterséges intelligencia az oktatásban: kihívások és lehetőségek. *Scientia et Securitas*, 1(1), 54–63. <https://doi.org/10.1556/112.2020.00009>
- DJP | Digitális Jólét Program (2021). *Digitális Jólét Program Weboldal – Rólunk*. <https://digitalisjoletprogram.hu/hu/rolunk> Letöltés ideje: 2021. 08. 04.
- EPRS | European Parliament, Directorate-General for Parliamentary Research Services, Boucher, P. (2020). *Artificial intelligence: how does it work, why does it matter, and what we can do about it?*, European Parliament. <https://data.europa.eu/doi/10.2861/44572>
- Frank, R. H., & Cook, P. J. (1996). *The Winner-Take-All Society: Why the Few at the Top Get So Much More Than the Rest of Us*. Penguin Books.
- Gulyás, L. (2020). Hogyan készülnek a nagyhatalmak a Mesterséges Intelligencia (MI) növekvő szerepére? In Négyesi I., Salát G., Gulyás L., & Ilyash Gy. (szerk.), *A Külügyi és Külgazdasági Intézet időszaki kiadványa KKI 4:1 (6–7)*. Külügyi és Külgazdasági Intézet, Budapest. https://kki.hu/wp-content/uploads/2020/01/4_1_2020_02_MI.pdf
- Györffy, D. (2021). Felzárkózási pályák Kelet-Közép-Európában két válság között. *Közgazdasági Szemle*, 68(1), 47–75. DOI <https://doi.org/10.18414/KSZ.2021.1.47>

- György, L. (2015). Middle-Income Trap in the Visegrad Countries? The Case of Hungary. In K. Sztotowski (Ed.), *Middle-Income Trap in V4 Countries? – Opening Theses*, The Kosciuszko Institute, Cracow.
- HIPA | Hungarian Investment Promotion Agency. (2019). Business Services Hungary 2019. *Report on the Hungarian Business Services Industry*. https://hoa.hu/files/shares/HOA-HIPA_BSS%20Survey_2019.pdf Letöltés ideje: 2021. 08. 04.
- Kai-Fu, L. (2018). *AI superpowers: China, Silicon Valley, and the new world order*. Houghton Mifflin Harcourt, Boston.
- Katz, L. F., & Autor, D. H. (1999). Changes in the Wage Structure and Earnings Inequality. In O. Ashenfelter, & D. Card (Eds.), *Handbook of Labor Economics*, (Vol. 3., pp. 1463–1555). Amsterdam: North-Holland.
- Kolozsi, P. P. (2017). Hogyan törhetünk ki a közepes fejlettség csapdájából? *Pénzügyi Szemle Online*, 62(1), 71–83. <https://www.penzugyiszemle.hu/hu/penzugyi-szemle-folyoirat-archivalt-cikkek/hogyan-torhetunk-ki-a-kozepes-fejlettség-csapdajabol> Letöltés ideje: 2021. 08. 04.
- Korinek, A., & Stiglitz, J. E. (2021). *Artificial Intelligence, Globalization, and Strategies for Economic Development*. Working Paper 28453. National Bureau of Economic Research.
- Korinek, A., & Stiglitz, J. E. (2019). Artificial Intelligence and Its Implications for Income Distribution and Unemployment. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The Economics of Artificial Intelligence* (1st ed., pp. 349–391). The University of Chicago Press.
- Korinek, A., & Stiglitz, J. E. (2017). *Artificial Intelligence And Its Implications For Income Distribution and Unemployment*. NBER Working Paper Series, No. 24174, Cambridge, MA. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w24174/w24174.pdf
- KSH (2018). *A kis- és középvállalkozások jellemzői, 2018*. <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/kkv18.pdf> Letöltés ideje: 2021. 08. 10.
- Kurzweil, R. (2005). *The Singularity is Near*. Penguin Books, New York.
- Levy, F., & Murnane, R. (2013). *Dancing with robots: human skills for computerized work*. Third Way. <http://www.thirdway.org/report/dancing-with-robots-human-skills-for-computerized-work> Letöltés ideje: 2021. 08. 10.
- Lund, S., & Tyson, L. (2018). Globalization Is Not in Retreat, Digital Technology and the Future of Trade. *Foreign Affairs Online*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/world/2018-04-16/globalization-not-retreat> Letöltés ideje: 2021. 06. 29.
- Luttwak, E. N. (1990). From Geopolitics to Geo-Economics: Logic of Conflict, Grammar of Commerce. *The National Interest*, 20, 17–23.
- Matolcsy, Gy. (2020a). A versenyképesség mint a fenntarthatóság meghatározó feltétele. *Pénzügyi Szemle Különszám*, 65(2), 7–24. https://doi.org/10.35551/PSZ_2020_k_2_1
- Matolcsy, Gy. (2020b). Quo vadis Hungaria? – Arccal egy új világ felé. Quo vadis Hungaria? – Facing a New World. *Polgári Szemle*, 16(1–3), 13–35., DOI: 10.24307/psz.2020.0703
- MI Koalíció (2022). *MI Koalíció hivatalos weboldal*. Digitális Jólét Program. <https://ai-hungary.com/> Letöltés ideje: 2022. 05. 12.
- Michaels, G., Natraj, A., & Van Reenen, J. (2014). Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *The Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60–77. https://www.jstor.org/stable/43554913?seq=2#metadata_info_tab_contents
- MNB (2020). *Versenyképességi Jelentés 2020*. <https://www.mnb.hu/letoltes/versenykepességi-jelentes-hun-2020-0724.pdf> Letöltés ideje: 2021. 06. 10.
- Növekedés.hu (2020). *Néhány meglepetés a legnépszerűbb alkalmazások világranglistáján*. Hírek, 2020. febr.1. <https://novekedes.hu/hirek/nehany-meglepetes-a-legnepszerubb-alkalmazasok-vilagranklistajan> Letöltés ideje: 2021. 06. 10.
- O'Brien, K. L., & Leichenko, R. M. (2000). Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global Environmental Change*, 10(3), 221–232. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(00\)00021-2](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(00)00021-2)

- Palotai, D., & Virág B. (2016). *Versenyképesség és növekedés*. Magyar Nemzeti Bank, Budapest.
- Pénzcentrum.hu (2020). *Friss toplista: ezek a legnépszerűbb mobilappok Magyarországon*. Otthon, 2020. dec. 21. <https://www.penzcentrum.hu/otthon/20201221/friss-toplista-ezek-a-legnepszerubb-mobilappok-magyarorszagon-1108076> Letöltés ideje: 2021. 06. 10.
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. <https://doi.org/10.1086/261420>
- Rosen, S. (1981). The Economics of Superstars. *The American Economic Review*, 71(5) 845–858. https://www.jstor.org/stable/1803469#metadata_info_tab_contents
- Simai, M. (2014). A térszerkezet és a geoökonómia. Spatial structure and geo-economics. *Tér és Társadalom / Space and Society*, 28(1), 25–39.
- Szalavetz, A. (2016a). Egy előre bejelentett forradalom krónikája Magyarországon – Ipar 4.0-technológiák és a hazai feldolgozóipari leányvállalatok. *Külgazdaság*, 60(9–10), 28–48. <https://kulgazdasag.eu/article/1069>
- Szalavetz, A. (2016b). Az ipar 4.0 technológiák gazdasági hatásai, Egy induló kutatás kérdései. *Külgazdaság*, 60(7–8), 27–50. <https://kulgazdasag.eu/article/1035>
- Szalavetz, A. (2019). Mesterséges intelligencia és technológiavezérelt termelékenységemelkedés. *Külgazdaság*, 63(7–8), 53–79. <https://doi.org/10.47630/KULG.2019.63.7-8.53>
- Szalavetz, A. (2021). Digitális átalakulás és a feldolgozóipari értékláncok új szereplői. *Külgazdaság*, 65(1–2), 137–149. <https://doi.org/10.47630/KULG.2021.65.1-2.137>
- Szalavetz, A., & Somosi S. (2019). Ipar 4.0-technológiák és a magyarországi fejlődés-felzárkózás hajtóerőinek megváltozása – gazdaságpolitikai tanulságok. *Külgazdaság*, 63(3–4), 66–93. <https://doi.org/10.47630/KULG.2019.63.3-4.66>
- Szoboszlai, M. (2020). *A gyors felzárkózás motorja a javuló munkatermelékenység*. Portfolio.hu, Gazdaság, 2020. dec. 22. <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20201222/a-gyors-felzarkozas-motorja-a-javulo-munkatermelekenyseg-462490> Letöltés ideje: 2021. 06. 10.
- Trautmann, L., & Vertetics, Á. (2021). A Kormány elkötelezett a magas hozzáadott értékű termelés bővítésében. Interjú Dr. Palkovics László miniszterrel. *Köz-gazdaság*, 15(4), 7–11. DOI <https://doi.org/10.14267/RETP2020.04.02>
- Túry, G. (2020). A hazai vállalati innováció eredményei a jövő autózásában: Magyarország helye az autópálya globális értékláncában. In Katona, K., (Ed.), *Növekedésösztönzési kísérletek és kudarok: A növekedés új kihívásai a tudásalapú gazdaságban*. Heller Farkas Könyvek (6), pp. 105–124. Pázmány Press.
- Van Roy, V., Vertesy, D., & Damioli, G. (2020): AI and Robotics Innovation. *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics*. Springer, Cham. 1–35.
- Varian, H. R. (2019). Artificial Intelligence, Economics, and Industrial Organization. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. University of Chicago Press, Chicago. DOI:10.7208/chicago/9780226613475.003.0016
- Vértesy, D. (2020). *A mesterséges intelligencia fejlesztéséért folyó globális verseny és Magyarország*. *Köz-gazdaság*, 15(1), 197–202. <https://doi.org/10.14267/RETP2020.01.18>