

Fási Csaba – Szűcs Petra

HOL TARTUNK MOST? ÁTMENET AZ IPAR 4.0-BÓL AZ IPAR 5.0-BA¹

Where Are We Now? Transition from Industry 4.0 to Industry 5.0

Dr. Fási Csaba tudományos munkatárs, Nemzeti Közszerológati Egyetem
Államtudományi és Nemzetközi Tanulmányok Kar Kormányzástani és Közpolitikai
Tanszék, fasi.csaba@uni-nke.hu

Szűcs Petra tanársegéd, Nemzeti Közszerológati Egyetem Államtudományi és Nemzetközi
Tanulmányok Kar Közgazdaságtani és Nemzetközi Gazdaságtani Tanszék, szucs.petra@uni-nke.hu

Az Ipar 4.0-ból az Ipar 5.0-ba való átmenet az ipari paradigmák jelentős fejlődését jelenti, amelyet az emberközpontú megközelítések és a fenntarthatóság fokozódó integrálása jellemez technológiai és szervezeti kereteken belül. Míg az ipari forradalmak történelmileg hosszú időszakokra terjedtek ki, az elmúlt évtizedekben a fejlődés felgyorsult, ami az Ipar 4.0-tól az Ipar 5.0-ig tartó gyors fejlődéshez vezetett. Az Ipar 4.0 a gyártási folyamatok digitális átalakítására összpontosított a fokozott automatizálás, összekapcsolhatóság és adatcsere révén, olyan technológiák felhasználásával, mint a tárgyak internete (IoT), a kiberfizikai rendszerek (CPS) és a mesterséges intelligencia (AI). Ezzel szemben az Ipar 5.0 az emberi intelligencia és az intelligens gépek harmonikus integrációjára helyezi a hangsúlyt, amelynek célja az emberi jólét és termelékenység növelése az együttműködésen alapuló és fenntartható gyakorlatok révén. E tanulmány célja, hogy átfogó áttekintést nyújtson mind az Ipar 4.0, mind az Ipar 5.0 meghatározó jellemzőiről, kiemelve technológiai újításait, társadalmi hatásait, valamint a befogadóbb, alkalmazkodóbb és környezettudatosabb ipari folyamatok irányába történő elmozdulást.

KULCSSZAVAK:

emberközpontú gondolkodás, fenntarthatóság, Ipar 4.0, Ipar 5.0, társadalmi kérdések, technológia és közigazgatás

¹ A cikk a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-4-II-NKE-106 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

The transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 represents a significant evolution in industrial paradigms, characterized by increasing integration of human-centric approaches and sustainability within technological and organizational frameworks. While the industrial revolutions have historically been spread over long periods, the advancements have accelerated in recent decades, leading to the rapid development from Industry 4.0 to Industry 5.0. Industry 4.0 focused on the digital transformation of manufacturing processes through increased automation, connectivity, and data exchange, leveraging technologies such as the Internet of Things (IoT), cyber-physical systems (CPS), and artificial intelligence (AI). In contrast, Industry 5.0 emphasizes the harmonious integration of human intelligence with smart machines, aiming to enhance human well-being and productivity through collaborative and sustainable practices. This study aims to provide a comprehensive overview of the defining characteristics of both Industry 4.0 and Industry 5.0, highlighting their technological innovations, societal impacts, and the shift towards more inclusive, adaptive, and environmentally conscious industrial processes.

KEYWORDS:

human-centred thinking, Industry 4.0, Industry 5.0, social issues, sustainability, technology and public administration

BEVEZETÉS

Az Ipar 4.0-ról az Ipar 5.0-ra való áttérés az ipari és a technológiai paradigmák sarkalatos váltását jelenti, amely mélyrehatóan befolyásolja a közigazgatást. Ez a fejlődés nem pusztán technológiai korszerűsítés, hanem az emberközpontú értékek átfogó integrálása az ipari folyamatokba. Ennek az átmenetnek a jelentősége abban rejlik, hogy újradefiniálhatja az ember és a gépek közötti interakciót, hangsúlyt fektetve a fenntarthatóságra, a személyre szabott gyártásra és a társadalmi jólétre. A közigazgatás döntő szerepet játszik ennek az átmenetnek a megkönnyítésében azáltal, hogy olyan politikákat dolgoz ki, amelyek támogatják a fejlett technológiák integrációját, miközben foglalkoznak az etikai, társadalmi és gazdasági hatásokkal. Jelen tanulmány részletesen feltárja mind az Ipar 4.0, mind az Ipar 5.0 jellemzőit, kiemelve a társadalomra és a gazdaságra gyakorolt hatásukat. Hangsúlyozza a stratégiaközpontú közigazgatás fontosságát a fenntarthatóbb és emberközpontúbb ipari keretrendszerre való áttérés irányításában. A tanulmány átfogó szakirodalmi áttekintés módszerét alkalmazza, elemelve a kulcsfogalmakat, a technológiai fejlődést és azok társadalmi hatásait. Szisztematikusan áttekinti az Ipar 4.0 és az Ipar 5.0 meglévő kutatásait, integrálva a különböző tudományos és szakpolitikai forrásokból származó megállapításokat. Ez a megközelítés lehetővé teszi ezen ipari paradigmák technológiai, szervezeti és társadalmi dimenzióinak alapos megértését. Az eredményekből kiderül, hogy az Ipar 5.0 az Ipar 4.0 technológiai alapjaira épül, és olyan fejlett technológiákat foglal magában, mint a mesterséges intelligencia, a tárgyak internete (IoT) és a robotika. A technológiai fejlesztésen túlmenően azonban az emberi kreativitást, az etikai megfontolásokat és a fenntarthatóságot is integrálja az ipari folyamatokba. Ez a paradigmaváltás az ember és a gépek közötti együttműködés kialakítását segíti

elő, amelynek célja a termelékenység növelése, miközben a társadalmi jólétet is biztosítja. Az Ipar 5.0 személyre szabott és fenntartható termelési módszerekre való összpontosítása új lehetőségeket kínál a közigazgatás számára az innováció, a gazdasági növekedés és a társadalmi igazságosság előmozdítására.

A DEFINÍCIÓK LEHATÁROLÁSA

Az Ipar 4.0 fogalmi tényezői

A negyedik ipari forradalom – vagy az Ipar 4.0 – megjelenése a digitális technológiák és a hagyományos gyártási módszerek szintézisét ígéri. Ez az evolúciós lépcső számos ágazatra nézve jelentős következményekkel járt. Középpontjában a fokozódó automatizálás, a fokozott összekapcsolhatóság, valamint az adatközpontúság és az adatsere áll. Az Ipar 4.0 alappillérei közé tartozik a tárgyak internete² (IoT), a kiberfizikai rendszerek³ (CPS), valamint a mesterséges intelligencia, amelyek együttesen a nemzetközi határokon átnyúló, zökkenőmentes gépi interakciót támogatják. Az Ipar 4.0 lényege tehát a progresszív technológiai keretek egyesítésében rejlik, amely a teljes értékláncra kiterjed, és integrálja a szolgáltatásokat, az automatizálást, a mesterséges intelligenciát, a robotikát és a tárgyak internetét. Ezek a technológiák egy új gyártási korszakot jeleznek, amelyet a fizikai és a digitális területek összeolvadása jellemez, és amely kiberfizikai termelési rendszereket eredményez.⁴ Az Ipar 4.0 céljai között kell szerepelnie e fejlett technológiai módszerek hasznosításának a gépek és eszközök gyors fejlődésével együtt, a globális ipari termelékenység és a versenyképesség növelése érdekében.⁵

Az Ipar 4.0 filozófiájának központi elemei közé tartozik az IoT-infrastruktúrák stratégiai alkalmazása kifinomult informatikai eszközökkel, továbbá a mérnöki szakértelem felhasználásával a termelés racionalizálása, ezáltal a sebesség növelése és az állásidő csökkentése. A legmodernebb szoftverekkel és hálózatba kapcsolt érzékelőkkel felszerelt fejlett gépek széles körű bevezetése nemcsak az informatikai és villamosmérnöki diplomások számára teremti foglalkoztatási perspektívát, hanem hozzájárul a termékminőség és a rendszer hatékonyságának fenntartható javulásához is.⁶ A prediktív technológiák a termék teljes életciklusa során meghatározó szerepet játszanak, megkönnyítve mind az üzleti, mind a társadalmi hatások kezelését. Ez a paradigmaváltás drámaian átalakította az üzleti műveleteket és a globális versenyhelyeztet, különösen a berendezések karbantartását illetően. A big data analitika és a gépi tanulási algoritmusok felhasználása lehetővé teszi a szervezetek számára a folyamatok hatékonyságának

² Megkönnyíti a valós idejű kommunikációt az egymással összekapcsolt fizikai eszközök között, lehetővé téve számukra, hogy megalapozott döntéseket hozzanak és hatékonyan kezeljék a rendszer vezérlését.

³ Jellemzője a számítási és fizikai folyamatok integrációja, ami a teljesen autonóm gyártási környezetben csúcsosodik ki.

⁴ SCHUMACHER–EROL–SIHN 2016.

⁵ WANG et al. 2016.

⁶ MRUGALSKA–WYRWICKA 2017.

finomítását és a működési leállások csökkentését. Emellett a big data analitika jelentősen segíti a vállalkozásokat abban, hogy a hatalmas adathalmazokból hasznosítható ismereteket nyerjenek, ezáltal pontosabb és költségtakarékosabb előrejelző karbantartási stratégiákat kínálnak. Az Ipar 4.0 kifinomult technológiai alkalmazásai egyszerűsítik az adatgyűjtési és értelmezési folyamatokat, lehetővé téve a hatékonyabb és eredményesebb döntéshozatalt egyaránt.⁷ Az Ipar 4.0 – mint az új ipari evolúció – képes a fizikai és a digitális rendszereket valós időben összeolvasztani, túllépve a költség, a rugalmasság, a sebesség és a minőség között a feldolgozóiparban és a mezőgazdaságban megfigyelhető klasszikus kompromisszumokon.⁸ Az olyan technológiák, mint az additív gyártás, az IoT-érzékelők, az egymással összekapcsolt robotok és a fejlett mesterséges intelligencia, e forradalom katalizátorai. Az additív gyártás – vagy 3D nyomtatás – megjelenése tehát jelentős befolyással van a gyártási módszerekre, mivel lehetővé teszi az igény szerinti és az egyedi gyártási igények kielégítését.

Az előzőleg bemutatott tényezők együttesen az Ipar 4.0 keretrendszer alapját képezik. Emellett kiemelendő, hogy az innovációra és a hatékonyságra továbbra is a modern ipar központi mozgatórugóiként tekintünk. Az Ipar 4.0 a logisztikai irányítást, a decentralizációt, az önszabályozást és a hatékonyságot helyezi előtérbe.⁹ A negyedik ipari forradalom az ipari szektor digitális metamorfózisát jelenti, amely megváltoztatja az ellátási lánc menedzsmentjének paradigmáit. Ez a forradalom a skálázhatóság, a rugalmasság, az analitikától való függés, valamint az intelligens technológia eltérő felhasználása felé mutató tendenciát jelez a már működő vállalatok és a startupok között az Ipar 4.0 kontextusában.¹⁰ Az Ipar 4.0-ba való átmenet egy sajátos ipari felemelkedésként is értelmezhető, amelyet a termelésbe való emberi beavatkozás megszüntetése, az általános automatizálás, a globális ipari összekapcsolhatóság és a gyors ágazati váltások jellemeznek. Az értéklánc-optimalizálást jellemző autonóm hálózati kormányzás dinamikusabb termelési munkafolyamatokat eredményez.¹¹

Az Ipar 5.0 jellemzői

Az Ipar 5.0 az iparosítás új korszakának eljövételét jelzi, amely továbbfejleszti az Ipar 4.0 által létrehozott technológiai alapokat. Az ötödik ipari forradalom akkor következik be, ha a kulcsfontosságú pilléreknek – intelligens gépek, intelligens hálózatok és intelligens automatizálás – az emberi intelligenciával való zökkenőmentes integrációja harmonikusan összehangolva megvalósul.¹² Az Ipar 5.0 tehát arra törekszik, hogy az emberi elmét a gépek képességeivel ötvözze, hogy elősegítse a hatékonyabb és együttműködésen alapuló működést. A technológiai fejlődés szeizmikus szemléletváltást idézett elő, amely most az ember és a gép szövetségét támogatja. Ez az új szemlélet a gépeket passzív eszközökből aktív partnerekké

⁷ QIN et al. 2016.

⁸ OLSEN–TOMLIN 2019.

⁹ HOFMANN–RÜSCH 2017.

¹⁰ HAHN 2020.

¹¹ POPKOVA–RAGULINA–BOGOVIZ 2019.

¹² JOHRI et al. 2021.

változtatja a termelésben is. Megkérdőjelezi azt a hagyományos elképzelést, hogy az automatizálás kiszorítja az emberi munkát, ehelyett rávilágít arra, hogy a technológia hogyan erősítheti fel az emberi képességeket. Az Ipar 5.0-t egy olyan működés felé való elmozdulás jellemzi, amely nemcsak integráló és intelligens, hanem ahol az ember és a gép közötti együttműködés is kiemelkedő fontosságú a termelékenységi és a hatékonysági optimalizálásában.

Az Ipar 5.0 lényege az alkalmazkodóképesség, a rugalmasság, az intelligens együttműködés és a környezettudatosság, valamint a fejlett technológiák mellett az emberi kreativitás és bölcsesség hasznosítása a teljesítményszintek maximalizálása érdekében. Az Ipar 5.0 tehát a digitális és a mesterséges intelligencia-technológiák által támasztott kihívásokra válaszul a termelés új szakaszaként jelenik meg, olyan gyártási miliőt kínálva, amelyben a robotok inkább kiegészítik, mint helyettesítik az emberi munkaerőt, ezáltal növelve a termelékenységet.¹³ Az Ipar 5.0 optimális gyártási megoldásai az emberi intelligencia és a legkorszerűbb gépek harmonikus keveredéséből erednek, és az olyan technológiák jelzik a fejlődést, mint az *edge computing* és a blokklánc.¹⁴

Az Ipar 5.0 az Ipar 4.0 hatékonyságát az emberközpontú technológiákkal és szolgáltatásokkal bővíti, és egy rugalmas és környezettudatos társadalmat hoz létre.¹⁵ Az Ipar 5.0 víziója a kimeneti minőség és a környezettudatosság előtérbe helyezésével az innováció ösztönzése és a piaci versenyképesség erősítése. Az Ipar 5.0-t a gyártási képességek átalakító kiterjesztéseként ábrázolják, amely eredendően szociális; a foglalkoztatás, a gazdasági növekedés, a fenntarthatóság és a munkaerő jóléte iránti elkötelezettséggel.¹⁶ Kiemelten szükséges hangsúlyozni a munkaerő létfontosságú szerepét az Ipar 4.0-ból az Ipar 5.0-ba való átmenetben, az emberközpontú termelési megközelítés mellett érvelve és felmelve a vállalatok felkészültségét erre az átmenetre.¹⁷ Az Ipar 5.0 egyik fő célja, hogy a dolgozókat képessé tegye arra, hogy a digitális együttműködés révén fejlesszék képességeiket.¹⁸ Kagermann szerint ha a munkaerő aktívan részt vesz az új technológiák – például a robotika vagy a mesterséges intelligencia – létrehozásában és alkalmazásában, a termelékenység ugrásszerűen megnő, és ezzel párhuzamosan elősegíti az egészségesebb életmódot.¹⁹

Egy ilyen átfogó stratégia nemcsak a folyamatok átalakítására, hanem az egész ipari terület átalakítására is alkalmas, és minden eddiginél alkalmazkodóbbá és érzékenyebbé teszi azt. A fejlett automatizált rendszerek, amelyek a mélytanulást és az intelligens algoritmusokat hasznosítják, növelik a termelékenységet és a működési hatékonyságot. Ebben az összefüggésben a cobotok – az ember mellett dolgozni tervezett robotok – jelentős szerepet játszanak a gyártási folyamatok rugalmasságának és sokoldalúságának fokozásában. Ha a tárgyak internetét az adatok valós idejű gyűjtésére és elemzésére használják, a munkakörnyezet intelligensebbé válik, megkönnyítve a megelőző karbantartást és a stratégiai döntéshozatalt. Az Ipar 5.0 a

¹³ NAHAVANDI 2019.

¹⁴ MADDIKUNTA et al. 2021.

¹⁵ MOURTZIS–ANGELOPOULOS–PANOPOULOS 2022.

¹⁶ BREQUE – DE NUL – PETRIDIS 2021.

¹⁷ ZIZIC et al. 2022.

¹⁸ ALVES et al. 2023.

¹⁹ KAGERMANN–WAHLSTER–HELBIG 2013.

technológia, a döntéshozói hálózatok összekapcsolásával átalakítja a hagyományos ipari struktúrát, és hangsúlyozza az ember és a gépek közötti konstruktív együttműködést. A személyre szabott gyártás és a fokozott társadalmi szerepvállalás az Ipar 5.0 nélkülözhetetlen jellemzői lesznek, és olyan létfontosságú elemeket emelnek ki, mint az ellátási lánc fejlesztése, a vállalati szintű innováció, az intelligens gyártás és az ember-gép kölcsönhatás.²⁰ Az Ipar 5.0-t olyan úttörő technológiai paradigmaként szokás jellemezni, amely elősegíti a szinergiát, a gépesítést és az ökotudatosságot, és hatalmas lehetőségeket tartogat a sokoldalú értékláncok létrehozására, valamint az emberi egészség előmozdítására a működési és ellátási hálózati kereteken belül.²¹

Összességében tehát elmondható, hogy noha mind az Ipar 4.0, mind az Ipar 5.0 a gyártás forradalmasítására törekszik technológiai újítások révén, stratégiai megközelítéseik eltérnek, mégis kiegészítik egymást. Az Ipar 4.0 az automatizálás és a digitalizálás megkönnyítésével teremti meg az alapokat, míg az Ipar 5.0 ezt az alapot bővíti ki azzal, hogy a gyártási folyamatba szinergikus és különösen emberközpontú perspektívát integrál. Ezeknek az ipari paradigmáknak a folyamatos fejlődése nemcsak a technológia terén tett előrelépéseket példázza, hanem az emberi munkaerő szerepét is átformálja az intelligens termelési környezeteken belül. Az Ipar 4.0 és az Ipar 5.0 együttesen egy olyan jövőt jelöl ki, amelyben a technológiai fejlődés és a megfontolt emberi alkalmazás konvergenciája új határokat nyit meg mind az iparban, mind a társadalomban.

AZ IPAR 5.0 POTENCIÁLIS HATÁSAI, HATÁSMECHANIZMUSAI

Az Ipar 5.0 középpontjában az ember előtérbe helyezése áll, az olyan egyedi emberi tulajdonságok felismerése, mint a kreativitás, az ítélőképesség és az összetett problémamegoldás, valamint ezek ötvözése a gépek megbízhatóságával és analitikai képességeivel. Ez az interakció nemcsak a technológiát egészíti ki, hanem elősegíti az olyan üzleti modellek fejlődését is, amelyek úgy elégítik ki az igényeket, hogy közben nem szorítják háttérbe az emberi részvételt.²² Végso soron az emberi találékonyság és a gépi pontosság szintézise az Ipar 5.0-ban megkönnyíti a személyre szabott megoldások létrehozását, ezáltal az egyénre szabott gyártási folyamatok reneszánszát idézi elő, és új utakat nyit a gazdasági hatékonyság felé anélkül, hogy a fogyasztók fejlesztési folyamatba való bevonása sérülne.²³

Az Ipar 5.0 etikai dimenziót is képvisel, ahol a cél az igazságosabb és befogadóbb munkakörnyezet elősegítése a tisztességes és átlátható mesterségesintelligencia-rendszerek alkalmazásával, hogy ellensúlyozzák az emberi előítéleteket a foglalkoztatási gyakorlatban. Ez az etikai megközelítés az igazságosság és a pártatlanság előmozdításával javítja a munkahelyet.²⁴ Mivel a munkaerő a nagyobb kreatív elkötelezettség és az innovációközpontú tevékenységek felé mozdul el, az AI-technológiák fejlesztésének és alkalmazásának etikusnak és megbízhatónak

²⁰ AKUNDI et al. 2022.

²¹ IVANOV 2023.

²² DECKER-FISCHER-OTT 2017.

²³ FRANK-DALENOGARE-AYALA 2019.

²⁴ BANKINS-FORMOSA 2023.

kell lennie. E jövőkép megvalósításához szükség van a megfelelő emberi irányítás érvényesítésére, ami egyidejűleg elősegíti a termelékenységet, a fenntartható gazdasági növekedést és a környezetvédelemmel való törődést.²⁵ A különböző hatóságok, valamint a nemzetközi és kormányzati szervezetek tettek lépéseket, hogy kereteket dolgozzanak ki és tanácsokat adjanak a nagymértékben autonóm rendszerek etikus telepítéséhez.²⁶

Az Ipar 5.0 magában foglalja továbbá az innovatív termelési módszerek kidolgozását, valamint az ügyfélkapcsolat fokozását az emberi szakértelem és a csúcstechnológia konvergálásával. Ez az átmenet áthatja a gazdasági, társadalmi és ökológiai területeket, és olyan jövőt céloz meg, amely szakít az Ipar 4.0 automatizálásközpontú irányultságával, és olyan új paradigmát javasol, amelyben az emberiség és a környezetvédelem kerül előtérbe. Ez a váltás a társadalmi-gazdasági struktúrák mélyreható változását jelzi, és az Ipar 5.0-t olyan technológiai korszakként különbözteti meg, amely nemcsak az ember és a gépek közötti harmóniát segíti elő, hanem egy egységesebb és fenntarthatóbb ipari táj kialakítására is törekszik. Ebben az összefüggésben a fejlett rendszerek nem kizárólag a teljesítményre és a termelékenységre összpontosítanak, hanem az emberi érdekek szolgálatára és az etikai értékek fenntartására, a társadalmi jólét egészének fokozására törekszenek.²⁷

Környezetvédelmi szempontból az Ipar 5.0 fenntarthatóság iránti elkötelezettsége a termelési rendszerek ökológiai lábnyomának jelentős csökkentését célozza, hozzájárulva ezzel a globális természetvédelmi erőfeszítésekhez.²⁸ Megjegyzendő, hogy a robotok és a mesterségesintelligencia-rendszerek fokozott használata várhatóan növelheti az áramfogyasztást, ezáltal az üvegházhatású gázok kibocsátását. E fejlett technológiák gyártása és ártalmatlanítása az elektronikai hulladékkal és az erőforrások kimerülésével kapcsolatos környezeti kockázatokot is magában rejt. E problémák enyhítése érdekében elengedhetetlen egy olyan kimerítő értékelés, amely az Ipar 5.0 megoldások életciklus hatásait vizsgálja a kezdetektől a megsemmisítésig.²⁹ A fenntarthatóság az Ipar 5.0 másik sarokköve, amely a környezetbarát termelési gyakorlatok bevezetését és az erőforrások megőrzését szorgalmazza.³⁰

Társadalmi szempontból a jelentős emberi közreműködés hangsúlyozása változatosabb, igazságosabb és befogadóbb munkaerőpiacot eredményezhet, visszahelyezve az emberi érintkezést az olyan munkaterületekre, amelyeket már régóta a tömegtermelés filozófiája ural. Az ergonómia, a mesterséges intelligenciával támogatott döntéshozatal és az adaptív tanulási környezetek terén tett erőfeszítések célja, hogy olyan munkahelyeket hozzanak létre, amelyek kifizetőbbek és intellektuálisan érdekesebbek, az embereket olyan szerepekbe helyezve, amelyek optimalizálják a bennük rejlő lehetőségeket, miközben lehetővé teszik a gépek számára, hogy a monotonabb feladatokat elvégezzék.³¹ Ezen túlmenően a robotok alkalmazása az emberi munkavállalók mellett a termelékenység növelését ígéri, és megnyitja az utat a nagyobb

²⁵ CIOBANU-MEȘINIȚĂ 2022.

²⁶ SCHOITSCH 2020.

²⁷ SCHWAB 2016.

²⁸ GEISSDOERFER et al. 2017.

²⁹ FÁSI 2023.

³⁰ European Commission 2020.

³¹ MICHALOS et al. 2015.

innováció és testreszabás előtt, lehetővé téve a vállalkozások számára, hogy ne csak megtartsák, hanem ki is terjesszék piaci jelenlétüket, és speciális részeket hozzanak létre.³²

A munkaerő területén az Ipar 5.0 a társadalom dinamikájának jelentős átalakulását vetíti előre, amely minden ágazatban és szakmában érezteti hatását. Ahogy a gépek és a mesterséges intelligencia alkalmazása egyre elterjedtebbé válik, a munkahelyek széles körű megszűnésével kapcsolatos aggodalmak alaptalannak bizonyulnak. Ehelyett egyre nagyobb az egyetértés abban, hogy a munkavállalókat át kell képezni az újonnan kialakított feladatokra, amelyek a korábbtól eltérő készségeket igényelnek. Míg egyesek szerint az Ipar 5.0 újszerű szerepköröket fog létrehozni olyan területeken, mint az adatbányászat és a programozás, mások a magasan képzett és az alacsonyabb szintű munkát végző személyek közötti egyenlőtlenségek lehetséges súlyosbodását fájlják, ami esetleg fokozhatja a társadalmi egyenlőtlenségek mértékét. Továbbá a kibernetikai rendszerek integrációja szükségessé teszi a munkaerő átalakulását az alkalmazkodóképesség és az új technológiák befogadásának képessége irányába.³³

Az olyan fejlett technológiák, mint a mesterséges intelligencia, a tárgyak internete és a robotika egyesülése újrakalibrálja a munkaerő-keresletet és megváltoztatja a munkaköri leírásokat, ami szükségessé teszi a munkaerő készségeibe való újbóli befektetést. A rutinfeladatok gépesítése arra kényszerítheti a munkavállalókat, hogy további képzést keressenek, hogy az egyre inkább digitalizált környezetben is megőrizték foglalkoztathatóságukat. Következésképpen ez súlyosbíthatja a társadalmi megosztottságot, kihívások elé állítva a műszaki kompetenciákban kevésbé jártasakat. Az Ipar 5.0 valószínűleg a gigamunka vagy a szerződéses foglalkoztatás elterjedését is megerősíti, ami határozott eltérést jelent a hagyományos foglalkoztatási keretektől. Ebben az új modellben a dolgozókat nem félreállítják, hanem átképzéssel képessé teszik őket arra, hogy együttműködjenek a kifinomult gépekkel. Amikor az emberi éleslátás a gépi pontossággal párosul, az ipari termelésben a kreativitás, az innováció és a problémamegoldó képességek ugrásszerű növekedése válik lehetővé.

AZ IPAR 5.0 EGYES TÁRSADALMI ÉS TERÜLETI ASPEKTUSAI

Az Ipar 5.0 és az anyagi depriváció összefüggései

Ahogy láhattuk, komoly hívószóként és építőelemként volt jelen a fenntarthatóság az Ipar 5.0 jellemzőinek számbavételekor. Emiatt érdemes megvizsgálni az ENSZ Közgyűlése által 2015-ben elfogadott *Világunk átalakítása: a fenntartható fejlődés 2030-ig szóló programja* menetrendet és keretrendszerét, amely a fenntartható fejlődés új, globális, 2030-ig tartó időszakára vonatkozik. A dokumentum összesen 17 fenntartható fejlődési célt (*Sustainable Development Goals*, SDG) és 169 alcélt határoz meg, köztük első helyen a szegénység elleni küzdelem áll.³⁴ Ezért elsőként az anyagi depriváció és az Ipar 5.0 összefüggésrendszere kerül vizsgálat alá.

³² KAGERMANN–WAHLSTER–HELBIG 2013.

³³ FÁSI 2019.

³⁴ *Agenda 2030*.

Kulcsfontosságú, hogy a technológiai fejlődést a szegénység csökkentésének és a társadalmi fejlődés felgyorsításának elsődleges eszközeként használjuk fel. A feltörekvő technológiák ket-tős természete – a modernizáció és a társadalmi fejlődés – egy kétélű kardhoz hasonlítható. A technológiai fejlődés elsősorban a termelékenység növelésével és a költségek csökkentésével enyhíti a szegénységet. Az automatizálás kiszorítja a munkaigényes munkát, történelmileg átalakítva a munkaerőt az agráriumból ipari és szolgáltatásorientálttá, ami Schumpeter *kreatív pusztítás* koncepcióját tükrözi.³⁵

Jelenleg az információs és kommunikációs technológiák (IKT) elterjedése jelentősen hozzájárul a szegénység csökkentéséhez; különösen a mobilbankolás a hivatalos pénzügyi intézményekkel nem rendelkező régiókban kiváló példa erre. Az IKT-k lehetővé teszik az egyének számára, hogy helytől függetlenül szélesebb körű gazdasági és piaci lehetőségekhez jussanak.³⁶ A technológia révén az emberek a tágabb értelemben vett gazdaságba való bekapcsolódást, a digitális oktatásban való részvételt, saját vállalkozás indítását és a digitális munkaerőpiacon való részvételt teszik lehetővé, ami potenciálisan áthidalhatja a jóléti szakadékokat. Ezért a technológiai hozzáférés stratégiai kiterjesztése az elszegényedett területeken létfontosságú a fenntartható fejlődés szempontjából. Az IKT-khoz való hozzáférés az oktatásban való előrelépés és a készségfejlesztés motorja is, ami a potenciális foglalkoztatási lehetőségek bővítése révén elengedhetetlen az egyének szegénységből való kiemeléséhez.³⁷

Az új technológiák megjelenése azonban a „digitális szakadék”, a technológiai hozzáféréssel rendelkezők és nem rendelkezők közötti szakadék révén tovább mélyítheti a szegénységet. Súlyosbítja a meglévő egyenlőtlenségeket, és akadályokat gördít a gazdasági szerepvállalás elé, különösen az elszegényedettek, az idősek, a nők és a vidéki lakosok körében. A digitális szakadék kezelése ezért a szegénység csökkentésére és az inkluzív növekedésre irányuló erőfeszítések középpontjába kerül.³⁸ Az automatizálás és a mesterséges intelligencia integrációja a munkahelyek kiszorulásának kockázatát hordozza magában, elsősorban az alacsonyan képzett munkavállalók körében, ami olyan politikákat tesz szükségessé, amelyek figyelembe veszik a technológiai növekedés és a szegénység enyhítése közötti kölcsönhatást.³⁹

Az oktatásba és a készségfejlesztésbe való befektetés felkészíti az egyéneket a technológiai változásokra, javítja a foglalkoztathatóságot és a jövedelmi lehetőségeket. A technológiai írástudás lehetővé teszi a korábban elérhetetlen információs és kommunikációs csatornákhöz való hozzáférést, segít áthidalni a növekvő szegénység okozta digitális szakadékokat. Az oktatási és technológiai írástudási programok támogatása nemcsak a marginalizált közösségek termelékenységét emeli, hanem a fenntartható gazdasági növekedést is elősegíti.⁴⁰

A technológia szüntelen fejlődése új hatékonyságot és innovációs mintákat hirdet, de ezzel párhuzamosan kihívásokat is jelent a foglalkoztatás terén. A technológiai gyorsulás kora a munkaerőpiac szegmentálódását idézi elő, előnyben részesítve a magas kognitív készségeket

³⁵ SCHUMPETER 1942.

³⁶ JACK-SURI 2011.

³⁷ UNESCO 2023.

³⁸ NORRIS 2001.

³⁹ ACEMOGLU-RESTREPO 2020.

⁴⁰ World Bank 2016.

igénylő vagy az automatizálással szemben ellenálló munkaköröket, ami munkahelyi polarizációhoz vezet. A *készségalapú technikai változás* hipotézise szerint a technológiai fejlődés a magasabb szintű készségekkel rendelkezőknek kedvez, ami hangsúlyozza a speciális készségek fejlesztésének szükségességét a technológia fejlődése során.⁴¹ A munkahelyek polarizációja bér- és jövedelemkülönbségeket okoz, különösen az alacsonyabb képzettségűeket érintve, akik a költséghatékony, munkaerő-megtakarító technológiákkal szemben találják magukat.⁴² A gyors technológiai fejlődéssel párosuló globalizáció a korábban helyben elérhető munkahelyek áthelyezéséhez vezetett az alacsonyabb képzettségűek számára, ami tovább fokozza a munkahelyi megosztottságot. Következésképpen az érintett egyéneknek választaniuk kell: vagy a készségek fejlesztésével, vagy a kevésbé jövedelmező foglalkoztatással kell beérniük.⁴³ A technológiai fejlődés és az ebből eredő munkahelyi polarizáció lehetséges politikai következményei jelentősek. Az oktatás és a képzés nagy szerepet játszik a munkahelyi polarizációs hatások közvetítésében, ahogy a vállalkozások az automatizálás és a mesterséges intelligencia révén átalakulnak. A naprakész oktatás az egyéneket a kialakulóban lévő munkakörökhöz szükséges készségekkel ruhazza fel, míg a célzott képzés javítja a munkavállalók versenyképességét a dinamikus munkaerőpiacokon. Az olyan kezdeményezések, mint a szakképzés és az átképzés, létfontosságúak a munkavállalók képességeinek a változó munkahelyi környezethez való igazításához, különösen azokban az ágazatokban, amelyek az automatizálási trendek közepette valószínűleg közepes képzettséget igénylő munkalehetőségeket teremtenek.⁴⁴

A fentiekén túl annak biztosítása, hogy az elmaradott régiók teljes mértékben részesüljenek a technológiai innovációkból, megfelelő infrastruktúra létrehozását igényli.⁴⁵

Az Ipar 5.0 területi megközelítésben

A célzott regionális politika megakadályozhatja az egyenlőtlen növekedést, ahogy a közösségek átállnak erre a fejlett ipari paradigmára, és biztonságos lehetőségeket kínál a területi fejlődéshez, amely egyesíti az iparágakat és a lakosságot a kollektív jólét érdekében.⁴⁶ A különböző földrajzi környezetben elhelyezkedő vállalkozások fokozatosan átállítják stratégiai fókuszukat, hogy tükrözzék az Ipar 5.0 alapelveit, hangsúlyt fektetve a fenntarthatóságra. Az ilyen környezetek magukévá teszik a körforgásos gazdaság elveit, amely a hulladék csökkentésére és az anyagok helyreállításának, visszanyerésének és regionális újrahasznosításának előmozdítására épül.⁴⁷

⁴¹ GOOS–MANNING 2007.

⁴² GOLDIN–KATZ 2008.

⁴³ BLINDER 2006.

⁴⁴ ACEMOGLU–AUTOR 2011.

⁴⁵ SACHS 2005.

⁴⁶ BREQUE – DE NUL – PETRIDIS 2021.

⁴⁷ GEISSDOERFER et al. 2017.

Az Ipar 5.0 megvalósítása a régiókon belül megfiatalíthatja a kézműves szakmákat, mivel az olyan élvonalbeli eszközök, mint a mesterséges intelligencia, a dolgok internete és a kiberfizikai rendszerek, újjáélesztik az egyes helyekre jellemző, régóta ismert mesterségeket. A modern technológia és a hagyományos kézművesség ötvözése olyan innovatív regionális árucikkeket eredményezhet, amelyek megfelelnek a helyi preferenciáknak és szükségleteknek.⁴⁸ A régiók testre szabhatják a termelési módszereket, egyedi igényeket és ízléseket kielégítve, és így elősegíthetik az oktatási intézmények, kormányzati szervek és vállalatok közötti együttműködést. A gazdasági korlátok és az infrastrukturális beruházási megfontolások ellenére az Ipar 5.0 a korszerű technikákban és a kézműves szakmában jártas munkaerőt igényel. Az ötödik ipari hullámra való felkészülésben célzott továbbképzésre és élethosszig tartó tanulási utakra van szükség, és jelentős hatások várhatók a regionális humán tőke ápolásától. A régióknak hozzá kell járulniuk a népességükre szabott oktatási rendszerek kialakításához, hogy felkészüljenek a közelgő technológiai változásokra.⁴⁹

Az Ipar 5.0 közigazgatásra gyakorolt hatásai

A nagyszabású digitális átalakítások komoly kihívásokat jelentenek: a teljes körű áttekintés szükségessége, az érzékeny információk kezelésének nehézségei, valamint az innovatív technikák felfedezése helyett a hagyományos módszerekhez való ragaszkodást. Noha úgy tűnhet, hogy a közszolgáltatások fejlődése elmarad más ágazatokétól, téves lenne azt a következtetést levonni, hogy a kormányzati szolgáltatások nyújtása statikus marad. Mivel a közzféra innovációjának legújabb erőfeszítései nagyrészt a szolgáltatásnyújtás automatizálására összpontosítanak, a polgárok körében érzékelhető a digitális átszervezéssel szembeni vonakodás. E szanalásnak a lényege a nem fontos emberi interakciók kiküszöbölése a szolgáltatásokból. A piaci szervezetek tartósan az ügyfelek igényeinek kielégítésére és céljaik elérésének segítésére összpontosítanak, miközben ezek az igények változnak. Ez a felismerés kulcsfontosságú a közzféra számára, amely kevés változást tapasztalt a nyújtott szolgáltatások jellegében vagy a lakosság számára „megfelelő” szolgáltatásokkal kapcsolatos belső meggyőződésében. Elengedhetetlen, hogy a szolgáltatásnyújtás olyan modelljét támogassuk, amely felelős, megbízható és megmagyarázható; amely személyre szabott, érzelmileg vonzó és közösen létrehozott. Ezek az elvek képezik a sarokkövét annak, hogy a kormányzat 5.0 kontextusában átfogó, egész életen át tartó szolgáltatási élményt nyújtsunk a polgároknak.⁵⁰

⁴⁸ BRETTEL et al. 2014.

⁴⁹ SCHWAB 2016.

⁵⁰ KOWALKIEWICZ–DOOTSON 2019.

ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK LEVONÁSA

A szakirodalom áttekintése alapján véleményezhető, hogy az Ipar 5.0 nem egy a klasszikus ipari forradalmak közül, hanem inkább az Ipar 4.0 finomítása, finomhangolása. Az Ipar 5.0 alapja az ipari fejlődés új szakasza. Az Ipar 5.0 nagy jelentőséget tulajdonít az ember szerepének és munkájának, az embereket és a gépeket kívánja összekapcsolni. Az emberi kreativitásnak és gondolkodásnak az új technológiákkal történő ötvöztetésével a fenntarthatóbb jövőért küzd. Az Ipar 5.0 olyan folyamatok létrehozását támogatja, amelyek kevesebb hulladékot, kevesebb kibocsátást termelnek, hatékonyabban használják fel az energiát. Az Ipar 5.0 az ember és a gép összekapcsolásával rendkívül személyre szabott és testreszabott termelést tett lehetővé, amely nagyobb rugalmasságot eredményezett a gyártásban.

Az Ipar 5.0 felismeri, hogy az iparban az automatizálás társadalmi hatásaival foglalkozni kell. Ez olyan kérdéseket foglal magában, mint a robotizált rendszerek fokozott használatából eredő munkahelyek megszűnése, valamint az „intelligens” gyárak általános hatása a társadalomra. Ahogy egyre inkább az együttműködőbb környezetek felé haladunk, és olyan új típusú munkaköröket alakítunk ki, amelyek nemcsak a mesterséges intelligenciával működő rendszerek és robotizált műveletek felügyeletére, karbantartására és javítására fektetnek hangsúlyt, úgy új, a technológiára és a kreativitásra összpontosító készségekre lesz szükség.

Miközben az Ipar 4.0-tól kezdve az olyan új innovációkat, mint a mesterséges intelligencia, a tárgyak internete, a robotika és a nagy adatelemzés, digitális bázisunkhoz adjuk hozzá, az Ipar 5.0 célja nemcsak a technológiák további integrálása, hanem – és ami még fontosabb – az emberi intelligencia, sőt az etikai értékek összekapcsolása is. A tanulmány a technológia és az emberi tényezők közötti kölcsönhatás vizsgálatával rávilágít az Ipar 5.0-ban rejlő átalakító potenciálra az ipari és társadalmi tájkép átalakításában, és hangsúlyozza a közigazgatás létfontosságú szerepét a fejlődés irányításában.

A téma további izgalmas kutatási irányaként megemlíthetjük a jogi szabályozás területét. A magyar és az uniós jogszabályok alapvetően alakítják a technológiai környezetet, mivel biztosítják, hogy a fejlesztések összhangban legyenek a jogi és etikai normákkal. A gyors technológiai fejlődéssel való lépéstartáshoz elengedhetetlen a jogi környezet rendszeres felülvizsgálata, az érdekelt felek bevonása, a szabályozási keretek javítása, a végrehajtási mechanizmusok megerősítése, valamint széles körű oktatási és tudatosságnövelő kezdeményezések révén történő kiigazítása. Ez az alkalmazkodó megközelítés hozzájárul egy kiegyensúlyozott és előremutató jogi környezet kialakításához, amely elősegíti az innovációt, miközben védi a társadalmi értékeket és érdekeket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

ACEMOGLU, Daron – AUTOR, David (2011): Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *Handbook of Labor Economics*, 4(B), 1043–1171. Online: [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02410-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02410-5)

- ACEMOGLU, Daron – RESTREPO, Pascual (2020): Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244. Online: <https://doi.org/10.1086/705716>
- Agenda 2030. Online: <https://ensz.kormany.hu/agenda-2030>
- AKUNDI, Aditya et al. (2022): State of Industry 5.0 – Analysis and Identification of Current Research Trends. *Applied System Innovation*, 5(1), 27. Online: <https://doi.org/10.3390/asi5010027>
- ALVES, Joel – LIMA, Tânia M. – GASPAR, Pedro D. (2023): Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review. *Processes*, 11(1), 193. Online: <https://doi.org/10.3390/pr11010193>
- BANKINS, Sarah – FORMOSA, Paul (2023): The Ethical Implications of Artificial Intelligence (AI) For Meaningful Work. *Journal of Business Ethics*, 185, 725–740. Online: <https://doi.org/10.1007/s10551-023-05339-7>
- BLINDER, Alan S. (2006): Offshoring: The Next Industrial Revolution? *Foreign Affairs*, 85(2), 113–128. Online: <https://doi.org/10.2307/20031915>
- BREQUE, Maija – DE NUL, Lars – PETRIDIS, Athanasios (2021): *Industry 5.0. Towards a Sustainable, Humancentric and Resilient European Industry*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Online: <https://doi.org/10.2777/308407>
- BRETTEL, Malte et al. (2014): How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37–44. Online: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1336426>
- CIOBANU, Alexandru C. – MEȘNIȚĂ, Gabriela (2022): *AI Ethics for Industry 5.0 – From Principles to Practice*. Proceedings of the Workshop of I-ESA '22. Online: <https://ceur-ws.org/Vol-3214/WS5Paper2.pdf>
- DECKER, Michael – FISCHER, Martin – OTT, Ingrid (2017): Service Robotics and Human Labor: A First Technology Assessment of Substitution and Cooperation. *Robotics and Autonomous Systems*, 87, 348–354. Online: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.09.017>
- European Commission (2020): *Making Europe's Businesses Future-Ready: A New Industrial Strategy for a Globally Competitive, Green and Digital Europe*. Online: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_416
- FÁSI, Csaba (2019): Competitiveness Studies – The Digital Preparedness of the Hungarian Public Service. *JURA*, 25(2), 264–274. Online: https://real.mtak.hu/158464/1/JURA_2019_2.pdf
- FÁSI Csaba (2023): A körforgásos gazdaság és a gazdasági zöld átállás helyzetének felmérése az Európai Unióban. In CSATH Magdolna (szerk.): *A körforgásos gazdaság, mint fenntarthatósági fogalom: szakirodalmi áttekintés, hazai helyzetkép című gazdasági alprojekt*. Budapest: Pázmány Péter Katolikus Egyetem (PPKE), 116–130.
- FRANK, Alejandro G. – DALENOGARE, Lucas S. – AYALA, Néstor F. (2019): Industry 4.0 Technologies: Implementation Patterns in Manufacturing Companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>

- GEISSDOERFER, Martin et al. (2017): The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- GOLDIN, Claudia – KATZ, Lawrence F. (2008): *The Race Between Education and Technology*. Harvard: Harvard University Press. Online: <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9x5x>
- GOOS, Maarten – MANNING, Alan (2007): Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain. *The Review of Economics and Statistics*, 89(1), 118–133. Online: <https://doi.org/10.1162/rest.89.1.118>
- HAHN, Gerd J. (2020): Industry 4.0: A Supply Chain Innovation Perspective. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1425–1441. Online: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1641642>
- HOFMANN, Erik – RÜSCH, Marco (2017): Industry 4.0 and the Current Status as Well as Future Prospects on Logistics. *Computers in Industry*, 89, 23–34. Online: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>
- IVANOV, Dmitry (2023): The Industry 5.0 Framework: Viability-Based Integration of the Resilience, Sustainability, and Human-Centricity Perspectives. *International Journal of Production Research*, 61(5), 1683–1695. Online: <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2118892>
- JACK, William – SURI, Tavneet (2011): Mobile Money: The Economics of M-PESA. *NBER Working Paper*, 16721. Online: <https://doi.org/10.3386/w16721>
- JOHRI, Prashant et al. (2021): Sustainability of Coexistence of Humans and Machines: An Evolution of Industry 5.0 from Industry 4.0. *2021 10th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)*, 410–414. Online: <https://doi.org/10.1109/SMART52563.2021.9676275>
- KAGERMANN, Henning – WAHLSTER, Wolfgang – HELBIG, Johannes (2013): *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Online: <https://bit.ly/43yLlmW>
- KOWALKIEWICZ, Marek – DOOTSON, Paula (2019): *Government 5.0: The Future of Public Services*. Brisbane: Chair in Digital Economy. Online: <https://eprints.qut.edu.au/133743/1/Report-Government-5.0.pdf>
- MADDIKUNTA, Praveen et al. (2021): Industry 5.0: A Survey on Enabling Technologies and Potential Applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26(2). Online: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- MICHALOS, George et al. (2015): Design Considerations for Safe Human-Robot Collaborative Workplaces. *Procedia CIRP*, 37, 248–253. Online: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.014>
- MOURTZIS, Dimitris – ANGELOPOULOS, John – PANOPOULOS, Nikos (2022): A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0. *Energies*, 15(17), 6276. Online: <https://doi.org/10.3390/en15176276>
- MRUGALSKA, Beata – WYRWICKA, Magdalena K. (2017): Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466–473. Online: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.135>

- NAHAVANDI, Saeid (2019): Industry 5.0 – A Human-Centric Solution. *Sustainability*, 11(16), 4371. Online: <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- NORRIS, Pippa (2001): *Digital Divide. Civic Engagement, Information Poverty, and the Internet Worldwide*. Cambridge: Cambridge University Press. Online: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139164887>
- OLSEN, Tava – TOMLIN, Brian (2019): Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management. *Tuck School of Business Working Paper*, 3365733. Online: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3365733>
- POPKOVA, Elena G. – RAGULINA, Yulia V. – BOGOVIZ, Aleksei V. (2019): Fundamental Differences of Transition to Industry 4.0 from Previous Industrial Revolutions. In POPKOVA, Elena G. – RAGULINA, Yulia V. – BOGOVIZ, Aleksei V. (szerk.): *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*. Cham: Springer, 21–29. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_3
- QIN, Jian – LIU, Ying – GROSVENOR, Roger (2016): A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173–178. Online: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- SACHS, Jeffrey D. (2005): *The End of Poverty. Economic Possibilities for Our Time*. New York: The Penguin Press.
- SCHOITSCH, Erwin (2020): Towards a Resilient Society – Technology 5.0, Risks and Ethics. *IDIMT 2020, Proceedings*, 403–412. Online: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4000985>
- SCHUMACHER, A. – EROL, S. – SIHN, W. (2016): A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. Online: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- SCHUMPETER, Joseph A. (1942): *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Brothers.
- SCHWAB, Klaus (2016): The Fourth Industrial Revolution: What It Means, How to Respond. *World Economic Forum*, 2016. január 14. Online: www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/
- UNESCO (2023): *Information and Communication Technology (ICT) in Education*. Online: <https://learningportal.iep.unesco.org/en/issue-briefs/improve-learning/information-and-communication-technology-ict-in-education>
- WANG, Shiyong – WAN, Jiafu – LI, Di – ZHANG, Chunhua (2016): Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, (4), 1–10. Online: <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- World Bank (2016): *World Development Report 2016. Digital Dividends*. Online: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0671-1>
- ZIZIC, Marina et al. (2022): From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. *Energies*, 15(14), 5221. Online: <https://doi.org/10.3390/en15145221>

Dr. Fási Csaba okleveles közigazgatási menedzser, a Nemzeti Közszerolálati Egyetem Államtudományi és Nemzetközi Tanulmányok Kar Kormányzástani és Közpolitikai Tanszék tudományos munkatársa, különböző fejlesztési programok menedzsere, a Karon megvalósuló Tématérületi Kiválósági Program szakmai vezetőhelyettese. Kutatási területei közé tartozik az új technológiák emberközponú megközelítése, a tisztviselői felkészültség és a kormányzás kapcsán a versenyképességgel és a digitalizációval összefüggő szempontok vizsgálata. Jelenleg az új technológiáknak a modern kormányzásra és az állampolgárookra gyakorolt hatását vizsgálja, valamint a fenntarthatóság és a kormányzás viszonyrendszerének elemzésére összpontosít.

Szűcs Petra a Nemzeti Közszerolálati Egyetem Államtudományi és Nemzetközi Tanulmányok Kar Közgazdaságtani és Nemzetközi Gazdaságtani Tanszékének egyetemi tanársegédje. Kutatási területe a feltörekvő technológiák, mint például a mesterséges intelligencia, az automatizálás és a robotizáció, valamint az Ipar 4.0 és az Ipar 5.0 gazdasági és társadalmi hatásai. Doktori tanulmányai során a technológiai fejlődés előremutató hatásainak vizsgálatára és elemzésére összpontosít.