

**Ipar 4.0-technológiák és a magyarországi fejlődés-felzárkózás hajtóerőinek
megváltozása – gazdaságpolitikai tanulságok**

SZALAVETZ ANDREA – SOMOSI SAROLTA

A szerzők a cikkben azt vizsgálják, hogy változnak-e a digitalizációval a közvetlentőke-befektetéseken alapuló fejlődés, felzárkózás hajtóerői Magyarországon. Kutatásuk kiindulópontja a feldolgozóipari digitális technológiák sajátosságairól szóló műszaki és a digitális átalakulás gazdasági hatásait elemző gazdasági- és menedzsment-szakirodalom. A szakirodalom téziseit tíz magyarországi vállalatnál készített interjúk eredményeivel, korábbi esettanulmányok tapasztalataival és a hazai szaksajtóban ismertetett vállalati eseteleírásokkal vetették össze. A sikertörténetekre összpontosító felmérés eredményei azt mutatják, hogy

*a) elindult az új megoldások elterjedése a hazai feldolgozóiparban az élenjáró hazai tulajdonú cégeknél is (!); b) a beruházások kedvező hatásai egyértelműek: a vállalati versenyképesség számos mutatója javult, a vizsgált cégek tevékenységének tudásigényessége nőtt, feljebb lépésre került sor; c) a szakirodalomban tárgyalt veszélyek (technológiai munkanélküliség, termelés-visszatelepítés) egyelőre nem materializálódtak. A szerzők tanulmányukban mégis a mellett érvelnek, hogy néhány élenjáró cég optimizmusra okot adó mikroszintű tapasztalatait nem lehet makroszintre transzponálni. Ráadásul a vállalati interjúk gyenge jelzései egybecsengenek a szakirodalomban leírtakkal: azt sugallják, a digitális átalakulás következményeként a fejlődési, felzárkózási hajtóerők módosulnak, és megtörhet Magyarország közvetlentőke-befektetéseken alapuló eddigi felzárkózási, fejlődési pályája. A szerzők hangsúlyozzák: elengedhetetlen, hogy a gazdaságpolitika a korábbiaknál több erőfeszítést tegyen Magyarország lokációs előnyeinek erősítése érdekében.**

Journal of Economic Literature (JEL) kód: O14, O33, L25.

Az elmélet továbbfejlesztését célul kitűző közgazdasági vagy menedzsmenttémákkal foglalkozó cikkekben, napjainkban egyre gyakoribb, hogy különböző elemzési, megközelítési

Szalavetz Andrea, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KRTK Világgazdasági Intézet. E-mail: szalavetz.andrea@krtk.mta.hu

Somosi Sarolta, adjunktus, Szegedi Tudományegyetem, Pénzügyek és Nemzetközi Gazdasági Kapcsolatok Intézete. E-mail: Somosi.Sarolta@eco.u-szeged.hu

* Jelen tanulmány az EFOP-3.6.2-16-2017-00007 azonosító számú „Az intelligens, fenntartható és inkluzív társadalom fejlesztésének aspektusai: társadalmi, technológiai, innovációs hálózatok a foglalkoztatásban és a digitális gazdaságban” című pályázat keretein belül készült.

irányokat próbálnak integrálni annak érdekében, hogy a korábbiaknál pontosabb magyarázatot nyújtó modellekhez vagy elemzési módszertanhoz jussanak. Az erre utaló új kifejezéseket bevezető írások – például *többszintű elemzés* (Geels, 2002), vagy *moduláris elméletépítés* (Ponte–Sturgeon, 2014) – szerzői azt állítják, hogy a részterületeket nagytól alá helyező vizsgálatok csupán a nagyobb távlatot adó mezo- és makroszintű vizsgálatok eredményeivel együtt, azokkal összevetve képesek 1) kezelni a tárgyalt jelenségek komplexitásából és heterogenitásából fakadó problémákat, illetve 2) elkerülni az induktív következtetések torzításait.

Ami ez utóbbit illeti, gyakran előfordul például, hogy mikroszintű megközelítést alkalmazó (vállalati esettanulmányokra támaszkodó) elemzések az ellenkező eredményre jutnak, mint ha ugyanazt a kérdést makrogazdasági megközelítéssel válaszolnák meg. Sikeres magyarországi technológiai startup cégek stratégiáját elemző cikkekből (Kozma–Sass, 2019, Szalavetz, 2015) nem derül ki például, hogy milyen jelentős lemaradásban van Magyarország a technológiaorientált vállalkozások teljesítménye tekintetében (Autio és szerzőtársai, 2018, Szerb és szerzőtársai, 2018).

Ha nem sikerül a különböző perspektívákat együttesen kezelni, az egyes komplex jelenségekre jellemző különböző mechanizmusokat elvileg precízen definiált módszertannal helyesen megvilágító, ám egymással gyakran ellentétes eredményre jutó kutatók között légyeres tér keletkezik: a kutatók elbeszélnek egymás mellett (Ponte–Sturgeon, 2014).

Ami például a negyedik ipari forradalom (ipar 4.0) gyűjtőfogalmába sorolt technológiáknak az egyes értéklánc-tevékenységek földrajzi elhelyezkedésére gyakorolt várható hatásait illeti, sokan a termelő (és meghatározott szolgáltatási) tevékenységek fejlett országokba történő visszatelepülésével, de legalábbis az eddigi kihelyezési, kiszervezési tendenciák lelassulásával, megtörésével, számolnak. Az intelligens algoritmusok által vezérelt ipari robotok, illetve a mesterséges intelligencia korában nincs többé jelentősége annak, hogy munkaigényes folyamatokat olcsó bérszintű országokba telepítsenek ki (Dachs és szerzőtársai, 2017, De Backer és szerzőtársai, 2018).

Mások ezzel ellenkezőleg azt jósolják, hogy a korábban kitelepült termelési tevékenységek nem csupán az adott helyszíneken maradnak, de számos tudásigényes támogató tevékenység is a termelés mellé települ, vagyis felgyorsul a korábban kitelepített tevékenységeket fogadó országok feljebb lépése, felzárkózása (Ivarsson és szerzőtársai, 2017, Tassej, 2014).

Magyarország számára – tőkét és technológiát fogadó országgént – különösen fontos lenne megbízhatóan előre jelezni, hogy e forgatókönyvek közül melyikre kerül sor. Vajon változnak-

e a közvetlentőke-befektetéseken alapuló fejlődés, felzárkózás hajtóerői Magyarországon a digitális technológiák különböző alkalmazásainak elterjedésével? Ha igen, melyek és miként? Felfedezhetők-e arra utaló jelek, hogy a digitális átalakulás következményeként megtörik Magyarország eddigi közvetlentőke-befektetéseken alapuló felzárkózási, fejlődési pályája?

A bevezetőben leírt gondolatok fényében azonban – amikor szakirodalom-elemzésre és tíz vállalati interjúra támaszkodó kutatásunkkal a digitális technológiák hatásait vizsgáljuk – tisztában kell lennünk azzal, hogy mikroszintű folyamatokat nem lehet makroszintre „transzponálni”. A „makrofolyamatok sem elvi, elméleti, sem gyakorlati, alkalmazott szinten nem vezethetők vissza mikrofolyamatokra” (Csaba, 2014, 66. o.).

A moduláris megközelítés (Ponte–Sturgeon, 2014) jegyében a vállalati tapasztalatokat néhány releváns makroadattal vetjük össze. Sokféle makroszempontról összehasonlítás lehetne releváns, például:

- a mintába került cégek digitális érettsége versus a hazai feldolgozóipari vállalatok átlagos digitális felkészültsége;
- a mintába került digitalizálódó feldolgozóipari cégek feljebb lépése, tevékenységük tudásigényességének és innovációs aktivitásuknak a növekedése versus a magyarországi feldolgozóipari cégek tevékenységének K+F-intenzitásváltozása;
- a vizsgált hazai tulajdonban lévő beszállítók tapasztalatai arról, hogy a digitális technológiák alkalmazása miként segíti elő a tevékenységportfólió bővítését és piaci pozíciójuk erősítését versus adatok arról, hogy nemzetközi összehasonlításban milyen széles és bővült-e azoknak a hazai tulajdonú cégeknek a köre, amelyek ilyen módon feljebb léptek.

Adatok hiányában és terjedelmi korlátok miatt, ezek közül csak egyet mutatunk be: a hazai feldolgozóipari vállalatok átlagos digitális érettségét számszerűsítő adatokat, ami jól rávilágít, hogy a mintába került, néhány élenjáró cég teljesítménye mennyire elüt az átlagtól.

A digitális felkészültség mutatóján túlmenően, a vállalati interjúk eredményeit néhány további makroadattal, valamint a hazai makrogazdasági helyzetképet feltáró szakirodalmi megállapításokkal vetjük össze, mielőtt megfogalmazzuk következtetéseinket és gazdaságpolitikai javaslatainkat.

A továbbiakban először röviden összefoglaljuk a digitális átalakulás jelenségéről és jelentőségéről szóló szakirodalmat, majd e technológiáknak a közvetlentőke-befektetések révén modernizálódó függő piacgazdasági modellbe tartozó (Farkas, 2011, Nölke–Vliegenthart, 2009) országokra gyakorolt várható hatásait vesszük sorra. Ezt követően röviden ismertetjük alkalmazott kutatási módszerünket és a vállalati interjúk eredményeit. A vállalati sikertörténeteket a hazai makrogazdasági helyzetképet feltáró adatokkal és szakirodalmi

megállapításokkal vetjük össze, megfogalmazzuk következtetéseinket és a digitális átalakulás várható magyarországi következményeivel kapcsolatos hipotézisünket. Végül a hazai gazdaságpolitika számára megfontolandó tanulságokat fogalmazzunk meg.

Digitális átalakulás

A negyedik ipari forradalom/digitális átalakulás elnevezések egyrészt új alkalmazásokkal a gazdaság és a mindennapi élet szegmenseiben gyorsan elterjedő alaptermotechnológiák gyűjtőfogalmaként értelmezhetők, másrészt új műszaki-gazdasági paradigmára utalnak (*Kagermann és szerzőtársai, 2013, Manyika és szerzőtársai, 2013*).

Az alaptermotechnológiák közé tartoznak egyebek mellett a kiberfizikai rendszerek (lásd erről: *Monostori, 2015*), a nagy adattömegek generálásának és elemzésének technológiája, a gépi látás, a mesterséges intelligencia, és a 3D-nyomtatás. A legfontosabb alkalmazások: az üzleti folyamatok robotizálása és automatizálása, a mesterséges intelligencia alapú döntéstámogatási megoldások, a szimuláció, virtualizáció, a kiterjesztett valóság, a felhőalapú megoldások, az autonóm járművek, valamint az ún. okos infrastruktúra.

Az alkalmazások felsorolása¹ egyértelműen mutatja, hogy a digitális átalakulás nem csupán a feldolgozóipart forradalmasítja – erre a „Gazdaságpolitikai tanulságok” fejezetben visszatérünk.

Ami a fejlett országok gazdasági szereplői által kihelyezett termelési folyamatokra szakosodó felzárkózó országokat illeti, a digitális átalakulás legkézzelfoghatóbb, egyúttal a legnagyobb aggodalomra okot adó (*Brynjolfsson–McAfee, 2014; Frey–Osborne, 2017*) megnyilvánulási módja a robotizálás, vagyis egyes munkaigényes, nehéz vagy veszélyes termelési feladatok² több célra felhasználható, átprogramozható robotokkal történő automatizálása (*De Backer és szerzőtársai, 2018*).³

¹ A digitális technológiák alkalmazásának lehetőségei napjainkban exponenciális bővülést mutatnak. Az említett felsoroláson kívül fontos alkalmazási terület az oktatás és az egészségügy, továbbá növekvő jelentőségük van a közigazgatási, közszolgáltatási és katonai alkalmazásoknak.

² A lehetséges példák köre naponta bővül. A leggyakrabban robotizált feladatok ma a következők: hegesztés, festés, összeszerelés, anyagmozgatás, szerszám-gép-kiszolgálás, csomagolás, minőség-ellenőrzés.

³ Ebben a cikkben nem foglalkozunk a – leggyakrabban megosztott szolgáltatóközpontokba kihelyezett – kognitív feladatok (például könyvelés, ügyfélkapcsolat-menedzsment, bérszámfejtés, megrendeléskezelés, számlázás) mesterséges intelligencia/gépi tanulás megoldásokra támaszkodó automatizálásával, ami a feldolgozóipari feladatok robotizálásánál nem kevésbé veszélyezteti a kihelyezett/kiszervezett üzleti folyamatokra szakosodó felzárkózó országok kibocsátását és foglalkoztatását.

A digitális átalakulás jelentősége azonban messze túlmutat a robotizáláson. Az igazi újdonság az *összekapcsoltság* és az *adatokon alapuló*, vagyis a korábbiaknál megalapozottabb *döntések* fogalmaival ragadható meg.

Az *összekapcsoltság* azt jelenti, hogy a termelés és a termelést támogató üzleti és a menedzsmentfolyamatok paramétereivel, jellemzőivel kapcsolatos információk valós időben⁴ integráltan állnak rendelkezésre (Xu és szerzőtársai, 2018). Így könnyebb a komplex folyamatokat átlátni (a hibák, termelési zavarok okait megtalálni és kiküszöbölni – Elmaraghy és szerzőtársai, 2012), és az értékteremtés egyes folyamatait (tehát nem csupán a termelést) *optimalizálni*: az erőforrás-hatékonyságot növelni (Xu és szerzőtársai, 2018). Az összekapcsoltság forradalmi jelentőségét leginkább gyakorlati példákkal lehet érzékeltetni.

Korábban elképzelhetetlen mennyiségű anyagi és időráfordítást lehet megtakarítani azzal, ha bármelyik vállalati folyamatért felelős foglalkoztatott valós idejű információt kaphat bármelyik kapcsolódó folyamatról. Ha például valós idejű információ áll rendelkezésre az alkatrészek beérkezéséről (és megoldott ezek azonnali digitális könyvelése, illetve nyomon követése), továbbá egy kattintással átlátható a termelősorok anyagellátásának pillanatnyi állása, látható továbbá a termelésütemezési terv, a lekötött és a felhasználható kapacitások, akkor az anyagáramlás szinkronba kerül a gyártási folyamattal, csökken az előkészítési és az átfutási idő.

Ha nem csupán a gépkezelő érzékeli, hogy probléma van a szerszámgépeket vezérlő programmal, hanem ez azonnal látszik az adott gépért felelős programozók és karbantartók számítógépein, ha ők azonnal meg tudják nyitni a gépekkel kapcsolatos dokumentációt és így tovább, akkor a kapacitáskihasználtság és a termelékenység nő, a selejtarány csökken.

Ha a marketingért felelős munkatárs nagy adattudományra és üzleti analitikára épülő folyamatosan frissülő elemzései azonnal megjelennek a beszerzési és a gyártásszervezési osztályon foglalkoztatottak gépein, továbbá néhány kattintással átalakítható a gyártás szervezése, ütemezése, a kapcsolódó anyagbeszerzés és minden dokumentáció, akkor a gyártás gyorsan, rugalmasan és a korábbiaknál kevesebb veszteséggel alkalmazkodhat a piac változó igényeihez.

⁴ A valós idő (real time) azt jelenti, hogy az egyes folyamatok paramétereiről összegyűjtött adatokat az analitikai megoldások azonnal feldolgozzák, kiértékelik, és ennek eredménye azonnal, vagyis magukkal *a folyamatokkal egy időben* megjelenik a kivetítőkön, vagy/és az adott információt igénylő foglalkoztatottak számítógépének képernyőjén.

Míg ezek a példák egy termelőüzemet és annak kiszolgáló egységeit tartalmazó egységen (vagy egy leányvállalaton) belüli összekapcsoltság előnyeit illusztrálják, fontos figyelembe venni, hogy az összekapcsoltság nem csupán egyes üzemegységeken, gyárakon, leányvállalatokon belül valósul meg az ipar 4.0 technológiáinak elterjedésével, hanem a teljes értékláncon belül. A helyi leányvállalatok vagy a külső beszállítók folyamatait akár gépre, termékre lebontva látja az anyavállalat/a megrendelő, és a leányvállalatok is láthatják azokat a folyamatokat, amelyeket a partnervállalatok megosztanak velük. Így például műszaki probléma esetén az adatbányász–analitikai megoldásokkal gyorsan fellelhető, hogy keletkezett-e hasonló probléma bármely partnervállalatnál, mi volt ott a hiba oka, és milyen megoldást találtak rá.

Az utolsó mondat már nem csupán az összekapcsoltság előnyeit érzékelteti, hanem átvezet a digitalizáció másik nagy újdonságához, az *adatokon alapuló döntéshozatalhoz*.

A nagy adattömegek feldolgozásának tudománya és technológiája drámai mértékben fejlődött az utóbbi években (Babiceanu–Seker, 2016). Ma már intelligens algoritmusok számítanak ki és végeznek el olyan feladatokat, amelyeket korábban emberek végeztek meglévő tapasztalataikra, rutinjukra vagy éppen intuícióra alapozva: például a termelés- és karbantartás-ütemezést.⁵

Az adatokra építő döntéshozatal másik megnyilvánulása, hogy a termelési folyamatokat, illetve a folyamatokba történő beavatkozásokat (például a termelés átállítását új feladatokra, a folyamatok áttervezését vagy új gépek üzembe helyezését) előzetesen szimulálni lehet. A szimuláció azt jelenti, hogy a nagy adattömegek birtokában az üzleti analitikai, illetve mesterséges intelligencia megoldások előrejelzéseket, forgatókönyveket készítenek a tervezett beavatkozások várható hatásairól. E megoldások segítségével páratlan mértékben javult a vállalati/termelési folyamatok alakulásával kapcsolatos előrejelzések pontossága (Xu–Duan, 2019), vagyis könnyebben, gyorsabban lehet a termelési és a külső (üzleti) környezet mindenfajta változásához alkalmazkodni (Colledani és szerzőtársai, 2014), az összegyűjtött adatokra a korábbiaknál megbízhatóbban lehet a döntéseket alapozni.

⁵ A rendszerek számtalan termelési adatot rögzítenek (például hőmérséklet, páratartalom, vibráció, nyomás, műveleti idő) és azt is, hogy mikor, milyen hibát jeleznek a folyamatfelügyeleti rendszerek. Ezeket az adatokat a mesterséges intelligencia megoldás kiértékeli és az adatokból kiszűri azokat a paramétereket (megtalálja azokat a mintázatokat), amelyek esetében a hibák keletkeznek. Ezt követően, amint a termelés során a paraméterek mért értékei elkezdik közelíteni azokat az értékeket, amikor várhatóan hiba keletkezik, a rendszer jelez, szükség esetén leállítja a folyamatot, de ma már inkább előrejelzi csupán, hogy mely gép karbantartására lesz szükség.

Hasonló a helyzet az egyes termékek szintjén. Az újonnan tervezett termékeket, felépítésüket, paramétereiket, külső hatásokra adott várható reakcióikat (kopás, törés stb.) számítógépen modellezik, amiből nem csupán a minőség tökéletesítése, a hibák megelőzése és az erőforrás-hatékonyság növelése következik, hanem az is, hogy a végső döntés (az új termék paramétereinek kiválasztása) a korábbiaknál megalapozottabb lesz.

Az összekapcsoltság és az adatokon alapuló döntéshozatal *eljárás-innovációk sorozatát eredményezi*, amelyek tökéletesítik és optimalizálják a termelést és a termeléssel összefüggő összes szolgáltatási és menedzsmentfolyamatot.

Az új megoldások műszaki és általános üzleti aspektusait és várható versenyképességi, foglalkoztatási következményeit elemző szakirodalom gyors bővülése ellenére ma még viszonylag kevés gyakorlati tapasztalat gyűlt össze azzal kapcsolatban, hogy milyen hatást gyakorol(t eddig) a digitális átalakulás a globális értékláncokba a feldolgozóipari termelés vagy egyéb munkaigényes üzleti folyamatok ágán bekapcsolódó szereplőkre, illetve a közvetlentőke-befektetésekkel modernizálódó országai foglalkoztatására és versenyképességére.

Tanulmányunk részben az e kérdésekkel kapcsolatos első magyarországi tapasztalatokat (*Szalavetz, 2016*) kívánja új adatokkal bővíteni, részben pedig következtetéseket levonni a hazai gazdasági fejlődés, felzárkózás hagyományos hajtóerőinek esetleges változásával kapcsolatban. A következő fejezetekben áttekintjük e változásokról szóló szakirodalom néhány tézisét, majd a hazai tapasztalatok fényében megvizsgáljuk, hogy magyar szempontból mennyiben relevánsak ezek a megállapítások.

Ipar 4.0-technológiák és a feldolgozóipari közvetlentőke-befektetéseken alapuló fejlődés-felzárkózás hajtóerőinek változása

Az ipar 4.0-technológiák elterjedésének egyik⁶ elsődleges közvetlen hatása, hogy *módosul a feldolgozóipari termelés tényezőigényessége*: csökken a munka- és nő a tőkeigényessége. A tényezőigényesség változása következtében módosulhat az egyes értéklánc-tevékenységek földrajzi elhelyezkedése.

De Backer és szerzőtársai [2018] számításokkal igazolták a robotizáció termelések helyezési hajlandóságot visszafogó hatását. Ebből arra következtethetünk, hogy a feldolgozóiparba áramló hatékonyságkereső közvetlentőke-befektetések vezérelte iparosodás – amely hagyományosan együtt jár a kibocsátás, az export és a foglalkoztatás gyors növekedésével, a

⁶ Terjedelmi okokból jó néhány – a felzárkózás szempontjából egyébként szintén fontos – hatással nem foglalkozunk, például a 3D-nyomtatás és a virtuális technológiák vagy a digitális platformok kis- és középvállalatok nemzetköziesedésére, önálló piacra lépésére gyakorolt hatásával.

termelékenység emelkedésével, tőkefelhalmozással és technológiai fejlődéssel (*Szirmai–Verspagen, 2015*) – a korábbiaknál kevésbé lesz majd a fogadó országok fejlődésének hajtóereje. Ezeknek a teljesítménymutatóknak az újabb közvetlentőke-befektetésektől várt további javulása a közvetlentőke-befektetésekre erősen ráutalt függő piacgazdasági modellbe tartozó országokban veszélybe kerül.

Pontosabban, amennyiben a közvetlentőke-befektetők a kihelyezett (a már meglévő) termelési kapacitásaikat fejlesztik digitális megoldásokkal tovább, ez természetesen élénkíti a fogadó országokban a beruházásokat, nő az adott cégek kibocsátása, exportja és javul a munka termelékenysége. A termeléskihelyezési hajlandóság általános csökkenése ezzel ellentétes hatást gyakorol. Az említett két hatás egyenlege egy-egy fogadó országban a lokációs előnyök alakulásának függvénye lesz.

Vegyük azonban figyelembe, hogy a feldolgozóipari termelés munkaigényességének csökkenésével nem csupán a termeléskihelyezés foglalkoztatási hatása mérséklődik a fogadó országokban, hanem a bérszintkülönbségek kiaknázásának (a termeléskihelyezések hagyományos telepítési tényezőjének) jelentősége is csökken.

Félrevezető lenne ezt a változást arra egyszerűsíteni, hogy „az alacsony bérszint ma már nem játszik szerepet a lokációs döntésekben”. Egyfelől az egységnyi bérköltség ma is fontos szempont, de e mutató leszorításának módja ma már nem csupán az lehet, ha a munkaigényes folyamatokat alacsony bérszintű országokba helyezik ki: az egységnyi bérköltség csökkentése technológiai fejlesztéssel, az adott folyamat robotizálásával is elérhető.⁷

Másfelől bár a digitalizáció valóban megváltoztatja a lokációs előnyöket (*Hallward-Driemeier–Nayyar, 2018*), pontosabb, ha a változást úgy írjuk le, hogy a fejlett országok szintjénél jóval alacsonyabb helyi egységnyi bérköltség jelentősége *relatív*e csökkent,⁸ ugyanis egy kedvező

⁷ Az Egyesült Államokban megnyitott Adidas ruházati termékeket gyártó teljesen robotizált üzem kapcsán a DevicePlus műszaki újdonságokról hírt adó weboldal friss egységnyi bérköltségszámítást közöl. Eszerint, ha a gyártás Bangladesben történik, egy Adidas póló bérköltsége 22 cent. Ha az Egyesült Államokban gyártják, a költség 7 dollár 47 cent. A teljesen robotizált arkansasi üzemben az új technológiának köszönhetően az egységnyi bérköltség 33 cent lesz. (*Forrás: SewBot Is Revolutionizing the Clothing Manufacturing Industry, 19/02/2018.* ([https://www.deviceplus.com/connect/sewbot-in-the-clothing-manufacturing-industry/.](https://www.deviceplus.com/connect/sewbot-in-the-clothing-manufacturing-industry/))

⁸ Ehhez kapcsolódik egy másik – magyar szempontból is fontosnak tartott – lokációs előny leértékelődése, mégpedig a munkaerő rugalmasságáé, túlórázási hajlandóságáé. Digitális termelési rendszerekkel a cégek képesek lesznek gyorsan és rugalmasan alkalmazkodni a termelés bővítési, szűkítési és a terméksála mindenfajta változtatási igényeihez. „Rugalmas, újrakonfigurálható, adaptív gyártórendszerekkel”- kisebb lesz a munkaerő rugalmasságának jelentősége.

lokációs döntéshez ma már a korábbiaknál jóval több helyi adottságra van szükség. Ezek közé tartozik (kutatási témánk szempontjaira szűkítve a válogatást) a magas szintű technikai, mérnöki és természettudományos képzettségű, jelentős mennyiségben rendelkezésre álló munkaerő, a fejlett infokommunikációs (és fizikai) infrastruktúra és tudásigényes üzleti szolgáltatások nyújtására képes beszállítói hálózat (*Hallward-Driemeier–Nayyar, 2018*). A függő piacgazdasági modellbe tartozó országok feljebb lépése szempontjából egyre fontosabb az, hogy a helyi potenciális beszállítók is rendelkezzenek a korszak technológiai szintjének megfelelő, digitális termelési és tervezési technológiával, amely testre szabott, adaptív gyártást, és a gyártott/gyártandó termékekkel kapcsolatos fejlesztést (például szimulációs vizsgálatokat, áttervezést) is lehetővé tesz.⁹

A közvetlentőke-befektetéseket fogadó országok közötti lokációs verseny látványos megnyilvánulása, hogy a hagyományosan alacsony bérszintűnek tekintett országok (elsősorban Kína, de Thaiföld, Mexikó, Brazília és Törökország is) szereplői körében jelentős mennyiségű az ipari robotokba történő beruházás (lásd: www.ifr.org).

A digitális termelési technológiába történő beruházási képesség mint lokációs előny megszerzése ugyanakkor a gyorsan csökkenő árú ipari robotok beszerzésénél jóval komplexebb feladat, mivel a robotokon túlmenően immateriális (főként szoftver- és humántőke-) beruházásokat igényel.)¹⁰ A berendezésekben megtestesült digitális gyártastechnológia (az automatizált, robotizált és adatok gyűjtésére képes termelőkapacitásoknak) *rendszerre integrálása* és a kiberfizikai rendszerek működését támogató összes szükséges szoftvermegoldás rendszerbe állítása nem csupán költségeiben, hanem képesség- és időigényében is nagyságrendekkel haladja meg az ipari robotok rendszerbe állításával összefüggő ráfordításokat.

Összességében a feldolgozóipari termelés tőkeigényességének növekedése (*Bekkers és szerzőtársai, 2018, Dao és szerzőtársai, 2017*) időszakában *a kihelyezett/kiszervezett feldolgozóipari termelési folyamatok fogadásával összefüggő lokációs előnyök ma már jóval magasabb fejlettségi szintet tételeznek fel, mint korábban.*

⁹ Sokatmondó ebből a szempontból a BMW régiós beszállításokért felelős vezetőjével készült interjú (*Bíró, 2013*), amelyben a beszerzési vezető leszögezi, ma már nem elégséges, ha a helyi beszállító a megfelelő minőség előállítására képes fejlett technológiával és minőségbiztosítási rendszerekkel rendelkezik. Az is alapkövetelmény, hogy az adott cégnek legyen fejlesztési kapacitása, ami az esetek többségében meghatározott terméktervező, modellezési és szimulációs szoftverek beszerzését és alkalmazásának képességét jelenti.

¹⁰ Lásd: *Schumacher és szerzőtársai [2016]* írását az ipar 4.0-érettség összetett dimenzióiról.

Ezt támasztja alá az értékláncok erőteljes konszolidációjának és koncentrációjának jelensége is (*De Backer–Flaig, 2017, Nolan és szerzőtársai, 2008*). Emellett egyre több országban és iparágban – és talán nem véletlen, hogy a feldolgozóiparon belül főként azokban, amelyekben a robotizálás és az egyéb ipar 4.0-technológiák elterjedése leginkább előre haladt – néhány „hiperproduktív” cég teljesítménye határozza meg az adott ország/iparág fejlődési irányait (*Andrews és szerzőtársai, 2017, Autor és szerzőtársai, 2017*).¹¹

Ez utóbbi jelenség a hatékonyságkereső feldolgozóipari közvetlentőke-befektetéseken alapuló fejlődés, felzárkózás hajtóerőit vizsgáló kutatásunk szempontjából is releváns. Jól mutatja, hogy – különösen a kisméretű, közepesen fejlett, erősen specializált, külföldi tőkére ráutalt gazdaságok esetében – néhány domináns tőkebefektető tevékenysége olyan erős hatást gyakorol a gazdasági teljesítményre, hogy stratégiai döntéseik felülírhatják a digitális átalakulásnak a közvetlentőke-befektetéseken alapuló fejlődés, felzárkózás hajtóerőire gyakorolt elvi, elméleti hatásait.

Ugyanakkor az áttekintett hatásmechanizmus alapján levonható tanulság egyértelmű. A digitális átalakulás következtében az *a korábbi összefüggés, amely szerint a kihelyezett termelési folyamatok* befogadása, működtetése és ennek tovaggyűrűző hatásai *viszik előre a fejlődést/felzárkózást, egyre inkább fordítva érvényesül: fejlődési/felzárkózási eredményeik függvényében fogadhatnak az országok újabb kihelyezett és (főként) kiszervezett termelési folyamatokat*, és csak megfelelő fejlettség esetén érvényesülnek a kihelyezett, kiszervezett folyamatok tovaggyűrűző hatásai.

Az ipar 4.0-technológiák elterjedésének egy másik közvetlen hatása a feldolgozóipari tevékenységek szolgáltatásintenzitásának (ezen belül K+F- és különösen szoftverintenzitásának) erősödése. A feldolgozóipar és a szolgáltatások összefonódása nem új keletű jelenség (*Goldhar–Berg, 2010, Vandermerwe–Rada, 1988*), a digitális átalakulás azonban új lendületet adott a korábbi folyamatoknak.

Az irodalom szinte kizárólag az önállóan versengő vagy értéklánc-koordinátor cégek szemszögéből vizsgálja a digitális terciarizálódás versenyképességi hatásait (például: *Ardolino és szerzőtársai, 2018, Porter–Heppelmann, 2014*). A szerzők többsége azt a mechanizmust vizsgálja, ahogy a digitális technológiák segítségével a gyártó cégek szolgáltatóvá alakulnak át:

¹¹ Bár ez a jelenség főleg a digitális szolgáltatások iparágaiban figyelhető meg (gondoljunk az Apple, a Google, az Amazon vagy a Facebook piaci részarányára és tőzsdői kapitalizációjára), a feldolgozóiparon belül is megmutatkozik: a leglátványosabban az autóiparban és az elektronikai iparban (*Hallward-Driemeier–Nayyar, 2018*).

a termékeikhez kapcsolódó (a termékekbe integrált, digitális) szolgáltatáscsomagokat kínálnak, vagy új üzleti modellekkel állnak elő, továbbá szorosabbra fűzik vevőkörükkel kapcsolataikat, így jobban követik és szolgálják ki a piac igényeit.

A feldolgozóiparba áramló hatékonyságkereső közvetlentőke-befektetések révén modernizálódó országok számára e változások többsége kevésbé releváns. A feldolgozóipari tevékenységek és termékek szoftverigényességének növekedése azonban számukra is feljebb lépési lehetőségeket teremt.

A feldolgozóipar szolgáltatásigényességének általános erősödésén belül jól megfigyelhető ugyanis, hogy nem csupán egyes komplex termékek (például járművek, berendezések) összes funkciója, hanem az értékteremtés összes részterülete is (az összes üzleti folyamat) K+F-igényessé, főként szoftverigényessé vált (*Branstetter–Drev–Kwon*, 2018). Diverzifikálódtak az alaptevékenység egyes részfolyamatait támogató szoftverek, sőt ma már egyre több részfolyamatot mesterséges intelligencián alapuló megoldásokkal optimalizálnak. Minden korábbi mértéket meghaladó fejlesztést igényel továbbá a teljes értékteremtési folyamat digitális integrációja: az összekapcsoltság megvalósítása.

Branstetter–Glennon–Jensen [2018] adatokkal dokumentálta, hogy az amerikai globális vállalatok kutatás-fejlesztési tevékenységének gyors nemzetköziesedése szoros összefüggést mutat a tevékenységek és a termékek szoftverigényességének növekedésével. Az értékteremtés olyan komplexé vált és főként olyan mennyiségű humántőkét igényel (*Manning* és szerzőtársai, 2008), hogy a cégek ma már nem tudják házon belül menedzselni a fejlesztés teljes folyamatát: kénytelenek fejlesztési részterületeket akár olyan országok szereplőinek is átengedni, mint Kína és India.

A digitális megoldások ugyanakkor meg is könnyítik a komplex feladatok megosztását, például azt, hogy az értékláncok szereplői egymással együttműködve szinkronban fejlesszenek. A részfeladatok kiszervezésének, kihelyezésének kockázata csökkent és az átláthatóság javulásával a koordinátorok immár felzárkózó országokban tevékenykedő értékláncszereplőket is könnyebben vonnak be fejlesztési együttműködésekbe.

A gyártásra szakosodott értékláncszereplők funkcionális feljebb lépési lehetőségei így megsokasodtak: ha vannak szoftverfejlesztésre vagy speciális szoftveralkalmazások segítségével végzett tudásigényes támogató tevékenységekre képes alkalmazottaik, a korábbiaknál könnyebben kaphatnak ilyen típusú részfeladatokat, növelve tevékenységük tudásigényességét és hozzáadott értékét.

A globális folyamatokról szóló szakirodalom áttekintését és az elsődleges tanulságok levonását követően térjünk rá a magyarországi tapasztalatokra. Magyarország rendszerváltást

követő gazdaságtörténete a hatékonyságkereső feldolgozóipari közvetlentőke-befektetéseken alapuló fejlődés-felzárkózás története (*Antalóczy–Sass, 2003, Csáki, 2001*). Az értéklánciskola kutatóinak kifejezésével Magyarország rendszerváltást követő modernizációjának a globális értékláncokba történő integrálódás volt a fő hajtóereje (OECD, 2013). Az értéklánc-integrálódás döntően a feldolgozóiparba irányuló közvetlentőke-befektetésekkel valósult meg, így *Baldwin [2013]* kategóriái alapján a mai Magyarország a „gyártó gazdaságok” körébe sorolható.¹²

Vállalati interjúinkkal a digitális átalakulás első magyarországi tapasztalatait és mikroszintű következményeit mértük fel.

A kutatási módszer és a vállalati minta

Kutatásunk dinamikusan változó komplex jelenségeket vizsgál, olyanokat, amelyek különböző kontextusokban másként jelennek meg. Következésképpen feltáró jellegű kvalitatív elemzési módszer (*Doz, 2011*) alkalmazása, konkrétan: vállalati interjúkon, esettanulmányos vizsgálatokon alapuló empirikus adatgyűjtés (*Eisenhardt, 1989, Yin, 2014*) látszott célszerűnek. A felmért vállalati tapasztalatokat a jövőkutatás tudományában, illetve a különböző foresight¹³ módszerek elméletében ismert ún. *gyenge jelzésnek* (*Saritas–Smith, 2011*) tekintettük. A *gyenge jelzés* új trendek esetleges felbukkanására, korábbiak megtörésére utaló megfigyelésekből, új fejleményekről szóló részleges információkból áll össze. Az előrejelzési gyakorlatok során összegyűjtik ezeket a „szétszórt puzzle-darabkákat”: elemzésük és értelmezésük hozzásegíthet ahhoz, hogy a készülő változások, az azokból fakadó veszélyek és az új trendek kínálta lehetőségek idejekorán felismerhetők legyenek (*Mendonça és szerzőtársai, 2012*).

A feltáró jellegű kutatás jegyében interjúalanyainknak nyitott kérdéseket tettünk fel az általuk alkalmazott ipar 4.0-technológiákról, a beruházások motivációiról, az új technológiáknak a vállalati mutatókra és a vállalat feljebb lépési lehetőségeire gyakorolt hatásairól. Összességében

¹² *Baldwin [2013]* két kategóriát különböztet meg: „gyártó” és „vállalati központ”gazdaságokat (factory economy/headquarter economy) , részben annak függvényében, hogy exportjuk mekkora hányadát teszik ki a köztes importtermékek, részben pedig annak alapján, hogy az adott ország gazdasági szereplői többségükben értéklánc-koordinációs tevékenységet végeznek-e vagy főleg egyszerű munkainputtal járulnak hozzá az adott értékláncban létrehozott teljes hozzáadott értékhez. Az „egyszerű munkainput” nem feltétlenül csak feldolgozóipari tevékenységet takar, a termelés munkaiigényes támogató folyamatai is annak minősülnek.

¹³ A foresight kifejezés gazdaság- és technológiapolitikai, vállalati, illetve különböző társadalomtudományok művelői körében alkalmazott előrejelzés, előrettekintés, jövőképzés gyakorlatára utal (a magyar gyakorlatról lásd például: *Hideg és szerzőtársai, 2017*).

Achcaoucou és szerzőtársainak [2014] módszerét követve közvetett vizsgálati módszert alkalmaztunk, vagyis interjúalanyainkat nem arra kértük, hogy fejtsék ki tanulmányunk kutatási kérdésével kapcsolatos véleményüket. Az ipar 4.0-technológiák rendszerbe állításával kapcsolatos tényekre és a konkrét következményekre kérdeztünk rá, nem pedig arra, hogy interjúalanyaink szerint miként változnak Magyarország felzárkózásának hajtóerői a digitális átalakulás következtében.¹⁴ Következtetéseink így *tényekről szóló válaszokra* épülnek, vagyis a „véleményválaszokra” építő megállapításoknál elvileg megbízhatóbbnak tekinthetők.

Következtetéseink ugyanakkor fenntartásokkal fogadhatók csak el: csupán afféle *gyenge jelzésnek* tekintendők, amelyek ugyanakkor alkalmasak arra, hogy új trendekre és az abból fakadó veszélyekre és lehetőségekre hívjuk fel a gazdaságpolitika figyelmét.

A mintaválasztás fontos szempontja volt a széles körű merítés. Bár a felkeresett vállalatok többsége exportorientált nagyvállalat (globális vállalat helyi leányvállalata), igyekeztünk iparág, tulajdonosi kör, valamint vállalati méret szempontjából is heterogén mintát választani (lásd az *1. táblázatot*).

Mintánkba kutatási kérdéseink szempontjából sokatmondó tapasztalatokkal rendelkező cégeket válogattunk, vagyis olyanokat, amelyek egy ideje már folyamatosan és szisztematikusan integrálnak ipar 4.0-technológiákat gyártási környezetükbe. *Patton* [1990] ezt célzott mintaválasztásnak nevezi: a mintába került cégek esetei egyediek, nem általánosíthatók, tapasztalataik azonban betekintést ígérnek a kutatás témájának részleteibe.

A célzott mintaválasztáshoz sajtóanyagok és internetes esettanulmányok szolgáltak forrásként. Áttekintettük a Gyártástrend, a Techmonitor és a Jövő Gyára weblapokat, a 2016-os és 2017-es „Év Gyára”-kiadványokat, és ipar 4.0-technológiára szakosodott, hazai szolgáltató cégek honlapjain szereplő esettanulmányokat olvastunk el.

1. táblázat

A mintában szereplő vállalatok adatai

Iparág	Tulajdonos	Árbevétel (2017, milliárd forint)	Exportarány (%)	Foglalkoztatottak száma (fő)
1. Járműipar	osztrák	14,15	99,9	725
2. Járműipar	német	510	99,9	4374
3. Járműipar	német	85	98	1349
4. Élelmiszeripar	svájci	41	92	408

¹⁴ Az interjúprotokollban összesen egyetlen véleménykérdés szerepelt: arra voltunk kíváncsiak, hogyan értékeli a megkérdezett menedzserek, változnak-e Magyarország korábbi lokációs előnyei a digitális átalakulással fémjelzett új korszakban.

5.	Élelmiszeripar	magyar	66,4	32,5	1026
6.	Járműipar	magyar	~36,5	~100	1146
7.	Járműipar, műanyagipar	magyar	2,5	14–15	73
8.	Villamos berendezések, készülékek	francia	54,5	55	681
9.	Vegyipar	magyar	2,62	38–39	120
10.	Élelmiszeripar	holland	54	4	485

Az egyenként 45–90 perces interjúkra 2018. második felében került sor. Interjúalanyainktól kapott információkat az adott cégről rendelkezésre álló nyilvános forrásokkal, a cégek honlapján és egyéb sajtóanyagokban szereplő információkkal egészítettük ki.

Az interjúk szövege alapján levont elsődleges következtetéseinket további sajtóanyagok összegyűjtésével igyekeztünk pontosítani. Az újonnan kapott információkat más magyarországi cégek ipar 4.0 tapasztalatairól szóló híradásokkal vetettük össze és újraolvastuk az ipar 4.0 jelenségének más aspektusait feltáró korábbi kutatásaink (*Szalavetz, 2016, 2017, 2018*) keretében készült esettanulmányokat. Következtetéseink és a digitális átalakulás várható magyarországi következményeivel kapcsolatos hipotézisünk így a jelen kutatás keretében vizsgált tíz magyarországi vállalatnál szélesebb kör tapasztalataira támaszkodnak.

A vállalati interjúk eredményei

A célzott mintaválasztásra visszavezethetően vállalati interjúink az ipar 4.0 gyűjtőfogalmába tartozó megoldások gyors hazai elterjedését mutatják. A vizsgált szűk mintán belül, a digitális megoldások alkalmazása nem csupán iparágfüggetlen volt, a tulajdonosi kör sem bizonyult vízválasztónak, legfeljebb a beruházások mértékében mutatkozott esetenként különbség a tevékenység helyi jövedelmezősége függvényében.

A látványos megoldásoknál (automatizált és/vagy robotokkal támogatott gyártás), interjúalanyaink fontosabbnak tartották a digitalizáció kevésbé szembeűnő megnyilvánulásait: a termelési adatok gyűjtését, analitikáját és a folyamatok valós idejű kijelzését. Ennek köszönhetően egyrészt a hibákat azonnal észlelik (lásd az *5. lábjegyzetet*), sőt prediktív karbantartással meg is előzik, másrészt a folyamatokat könnyebben optimalizálják: a gépek kihasználtságát növelik, a selejtarányt és az átfutási időt csökkentik. A termelési adatok a vezetői döntéshozatalt is támogatják: termékre, gyártási folyamatra lebontva láthatók a költségek, ütemidők, állásidők és a teljes eszközhatékonyság. E mutatókat folyamatosan nyomon lehet követni és kiértékelni. Így nem csupán a szűk keresztmetszeteket könnyű

azonosítani és kiküszöbölni: ezek az információk az árajánlat (és a megvalósíthatósági tanulmány) készítéséhez is nélkülözhetetlenek.

Digitális megoldásokkal tehát a vizsgált cégek a termelést és az ahhoz közvetlenül kapcsolódó tevékenységeket (az azokhoz szükséges operatív és vezetői döntéseket) támogatták vagy éppen automatizálták. *Ezzel olyan folyamatok termelékenységét, hatékonyságát növelték, amelyeket korábban még mérni sem szokták:* a termelésszervezést és -ütemezést, a gyártási dokumentációkészítést, az új feladatok betanítását vagy olyanokét, amelyeknek csupán a költségeit vizsgálták korábban, mint például a minőség-ellenőrzés, vagy a karbantartás.

A termeléshez közvetlenül kapcsolódó említett tevékenységek digitalizálása, iparágtól és tulajdonosi körtől függetlenül a költségcsökkentést szolgálta. Ami pedig a versenyképesség minőségi elemeit illeti, a digitális technológia növelte a vizsgált cégek alaptevékenységének gyorsaságát, rugalmasságát és minőségét.

Ezek a beruházások a cégek (a leányvállalatok vagy az önálló értékláncszereplő hazai cégek) versenyképességének *megőrzését* segítették elő. A digitalizáció másfelől új képességek elsajátítását, új feladatok megszerzését, vagyis a vizsgált cégek feljebb lépését, versenyképességük *erősítését, bevételeik és nyereségességük növekedését* is elősegítette.

Elterjedt és mára alapkövetelménnyé vált, hogy a termelési rendszerben minden tervezett változtatást előzetesen modellezzenek és szimulálják az újdonságok viselkedését és hatásait.¹⁵

Hamar tulajdonosi elvárás lett, hogy a gyártó leányvállalatok mérnökei a megfelelő szoftverek segítségével végezzék el ezeket a feladatokat és/vagy a gyakorlatban validálják a virtuálisan kialakított modelleket. Szimulációra ugyanakkor az új termékek tervezése, a meglévők egyes alkatrészeinek áttervezése, továbbfejlesztése során is szükség van. Mivel a vállalati szinten egységesen használt szoftverek megkönnyítették a virtuális együttműködést, az anyavállalatok/megrendelők fokozatosan ezekben a feladatokba is bevonták a helyi mérnököket. A tevékenységek szoftverigényességének növekedésével a globális vállalatok helyi egységei (így néhányan a vizsgált leányvállalatok közül is) önállóan fejleszthettek meghatározott helyi problémák megoldását szolgáló alkalmazásokat,¹⁶ esetenként fejlesztési részfeladatokra

¹⁵ Például az újonnan elhelyezett robotok mozgását, új termék gyártásánál a gyártósor vagy -cella felépítését, az anyagáramlást, az új termékek lehetséges felépítését, gyárthatóságát, külső behatásokra adott reakcióját (kopás, törés).

¹⁶ Több interjúalanyunk is beszámolt saját fejlesztésű, digitális megoldásról. A digitalizációnak köszönhető, magyar viszonyok között elsőre meglepőnek tűnő innovációs intenzitásnövekedést az egyik leányvállalatnál úgy magyarázták, hogy tapasztalataik szerint a globális cégeknél az informatikai és a digitális tevékenységek koordinálása eltérő mintát követ. Az informatikai fejlesztések koordinálása központi, anyavállalati hatáskör, a

szakosodtak, sőt egyesek a digitalizációval összefüggő bizonyos tevékenységek (például a gyártásirányítási szoftver fejlesztése) kompetenciaközpontjává váltak.

A versenyképesség megőrzése és erősítése mellett, az ipar 4.0-megoldások integrálását célzó erőfeszítéseknek volt egy további közös motivációja is: a munkaerőhiány problémájának megoldása. Meghatározott folyamatok robotizálásának (termelési feladatok, anyagmozgatás, raktározás, belső logisztika) gyakran a létszámhiány volt a fő indoka. Mivel ma már egyre könnyebb az egyes monoton, ismétlődő, fizikailag megterhelő és/vagy nagyfokú precizitást igénylő feladatok robotizálása, a cégek fokozatosan váltják ki a humán munkaerőt ezekben a tevékenységekben (mint elmondták, amúgy sem igen vannak már megbízható jelentkezők ezekre a feladatokra), és csoportosítják át meglévő dolgozóikat olyan területekre, ahol könnyebb és érdekesebb feladatokat lehet végezni.

A robotizálás ugyanakkor részterületekre terjed ki csak, interjúalanyaink elmondása szerint nem is tervezik jóval nagyobb mértékben a humán munkaerő kiváltását. A robotizálás ugyanis komplex és költséges vállalkozás: „nem elegendő a robotot megvásárolni, beprogramozni és a munkaállomásra odaállítani”. Újra kell tervezni az adott folyamatot, a kiszolgáló tevékenységeket, sőt a kapcsolódó folyamatokat is (ellenkező esetben szűk keresztmetszetek alakulnak ki), ennek költségvonzatai ma még erős korlátot jelentenek. Egy további megfontolandó ellenérv is elhangzott, eszerint a hazai cégeknek nem csupán a relatíve alacsony költségszint a versenyelőnye, hanem az is, hogy képesek a termelési eljárást innovatív megoldásokkal javítani. Teljesen automatizált rendszerben azonban a kreatív eljárásinnovációknak kevés tere van.

A vállalati tapasztalatok és a makrogazdasági helyzetkép

Sikertörténetekre építő empirikus kutatásunk tapasztalatainak általánosítása óvatosságot igényel. Ahhoz, hogy megbízhatóan előre jelezhessük, változnak-e a hazai fejlődés, növekedés eddigi hajtóerői a digitalizáció következtében, elengedhetetlen, hogy a mélyinterjúk során szerzett benyomásokat, ha nem is átfogó makrogazdasági helyzetképpel, de legalább néhány olyan adattal és megállapítással vessük össze, amelyek az ország átlagos felkészültségét mutatják a digitalizáció kihívásaira.

A mintába került cégek digitális felkészültsége többé-kevésbé megfelel a digitális korszak elvárásainak – legalábbis Magyarország jelenlegi fejlettségi szintje alapján elvárható mértékű felkészültségnek. Ezzel szemben, ha a magyar gazdaság szereplőinek *átlagos* digitális

különböző digitális megoldások fejlesztését és az ezzel kapcsolatos döntéseket viszont könnyebben delegálják helyi szintre, mivel e fejlesztéseknek a helyi műszaki problémákra kell megoldást kínálniuk.

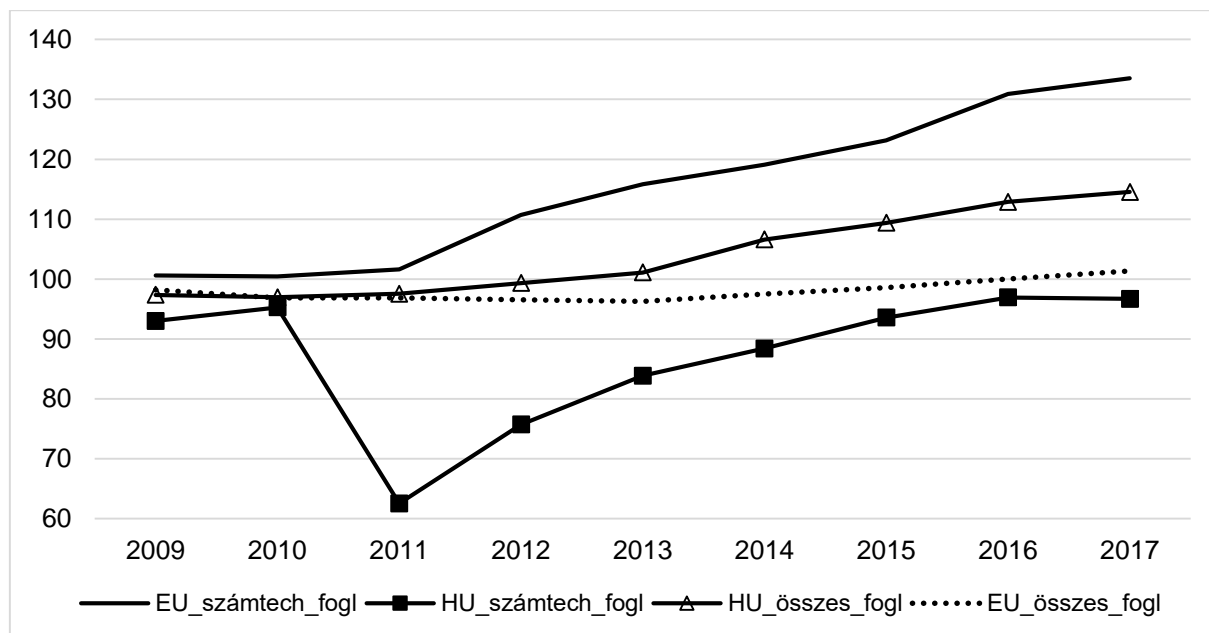
felkészültségét számszerűsítő mutatók közül a leginkább releváns adatot tekintjük, jelesen, hogy milyen mértékben és mélységben integrálnak a cégek digitális technológiákat üzleti folyamataikba (ez a Digitális Gazdaság és Társadalom Index, a DESI¹⁷ egyik összetevője), már kevésbé megnyugtató a kép. A DESI 2018-as kiadása szerint a magyar gazdaság ebben a tekintetben az EU 28 tagállama közül a huszonötödik helyen áll.

A vizsgált élenjáró vállalatok a digitalizációval összefüggésben számottevő funkcionális feljebb lépést mutattak: szoftverfejlesztési és egyéb mérnöki feladataik megsokasodtak, szellemi foglalkoztatottaik száma nőtt. Az *átlagos teljesítmény* nemzetközi összehasonlításban ugyanakkor kevésbé biztató. A Eurostat [2018] szerint, az EU-28 országaiban a számítástechnikai szakemberek száma 2008 és 2017 között 33,5 százalékkal nőtt, ami az adott időszak átlagos 1,3 százalékos foglalkoztatásbővülésének harmincszorosa. A hagyományos hajtóerők változatlanságát mi sem mutatja jobban, hogy Magyarországon e két mutató trendje éppen ellentétesen alakul, mint az európai fejlett országokban: a számítástechnikai szakemberek száma legjobb esetben is stagnált, míg a teljes foglalkoztatás az átlagosnál erőteljesebben bővült (lásd az 1. ábrát és a 2. táblázatot).

1. ábra

A számítástechnikai szakemberek foglalkoztatottsága és az összes foglalkoztatott az EU-28-ban és Magyarországon

(2008 = 100)



Forrás: Eurostat [2018], saját szerkesztés.

¹⁷ Lásd: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>

A számítástechnikai szakemberek számának változása 2008 és 2017 között

(2008 = 100)

EU-28	133,5	Csehország	91,3
EU-15	140,3	Lengyelország	103,2
Németország	174,5	Szlovákia	86,8
Írország	223,0	Észtország	162,5
Franciaország	177,4	Magyarország	96,7

Forrás: Eurostat [2018], saját számítás.

A pozitív vállalati tapasztalatok és az erős lemaradást tükröző makrogazdasági adatok egybecsengenek a magyar gazdaságnak a hazai szakirodalomban részletesen dokumentált duális szerkezetével. A legfrissebb kutatások is a dualitás fennmaradását, a magyar gazdaság közvetlentőke-befektetéseknek kitett, sebezhető fejlődését dokumentálják. A hazai szakirodalom eredményei egyértelműek a tekintetben, hogy a fejlődés fő hajtóereje továbbra is a külföldi feldolgozóipari cégek exportjának bővülése és a közvetlentőke-befektetésekre visszavezethető foglalkoztatásbővülés, nem pedig a termelékenység emelkedése, a műszaki fejlesztést célzó beruházások vagy az innováció (*Lengyel–Varga, 2018, Lux, 2017, Lux és szerzőtársai, 2017, Pongrácz–Nick, 2017, Rugraff–Sass, 2017, Szerb, 2017*).

A nemzetközi szakirodalom szerint a negyedik ipari forradalom korában mások lesznek a növekedés és fejlődés hajtóerői: változik az értékteremtés módja, új iparágak és új szervezeti formák jelennek meg, új típusú kompetitív előnyöket kell kialakítani és új üzleti modellek terjednek el (*Kagermann és szerzőtársai, 2013, Manyika és szerzőtársai, 2013, Porter–Heppelmann, 2014, Schwab, 2016*). A hazai felzárkózás hajtóerői azonban nem változtak, új hajtóerők: új iparágak, új kompetitív előnyök nem jelentek meg.

Ha fel is fedezhetünk néhány ígéretes jelet, például új iparágakat képviselő vállalkozásokat, ezek teljesítménymutatói még nem gyakorolnak statisztikailag szignifikáns hatást. Hasonlóképpen, ha egyes feldolgozóipari cégeknél meg is jelennek a digitális átalakuláshoz köthető új tudásigényes tevékenységek, az ebből származó bevétel (és az erre visszavezethető foglalkoztatásbővülés) a hagyományos gyártó tevékenységekből származó bevételnek (foglalkoztatásnak) csupán töredéke.

Következtetések és következmények

Az ipar 4.0-technológiák meghonosításában élenjáró cégekkel készített interjúk tapasztalatai erős érvekkel szolgálnak azok számára, akik optimistán ítélik meg a digitális átalakulás várható magyarországi hatásait. Azt mutatják, hogy szó sincs a termelés visszatelepítéséről: a termelési

feladatokat korábban Magyarországra helyező globális vállalatok meglévő telephelyeiket fejlesztették tovább.¹⁸ Itt fektettek be ipar 4.0-megoldásokba – igaz, egyes leányvállalatoknál a digitális érettség növelését célzó beruházások kisebb volumenűek, kevésbé ambiciózusak voltak, mint az adott anyavállalatok fejlett országokban működő termelő leányvállalatainál. Itt próbálták újonnan felvett mérnökökkel, a meglévő fehér- és kékgalléros foglalkoztatottak továbbképzésével az új megoldások integrálását elősegíteni. A helyi gyárak bezárása helyett a magyarországi leányvállalatok termelése tökéletesedett, erőforrás-hatékonysága „minden lehetséges ágon”¹⁹ nőtt.

Nem került sor leépítésekre: mivel a digitális technológia integrálását célzó beruházások a termelés bővülését szolgáló beruházásokat kísérték, az új beruházások nyomán inkább nőtt a vizsgált cégek munkaerő-állománya (2015 és 2017 között átlagosan 14 százalékkal). Esetenként az új megoldások telepítésével összefüggő feljebb lépésre is sor került: a technológia fejlesztése igényelte és lehetővé is tette, hogy a vizsgált cégek új, a korábbiaknál tudásigényesebb feladatokkal bővítsék tevékenységi körüket. Jó néhány cégnél arról is beszámoltak, hogy az ipar 4.0-megoldások integrálásával a magyarországi cég nem csupán termelékenységét, rugalmasságát és gyorsaságát növelte, de új értéket is képes volt létrehozni, például anyavállalatának (vagy beszállítóként a vevőknek) új típusú szolgáltatásokat nyújtott (gyárthatóság- és egyéb szimulációs vizsgálat, digitális megoldásfejlesztés, alkatrész- és szerszámtervezés, fejlesztés).

Ugyanakkor a makroadatokat a szakirodalom és részben a vállalati interjúk erős pozitív üzenetei mellett könnyen figyelmen kívül hagyható *gyenge jelzések* azt is mutatják, hogy nem jelentek meg új felzárkózási hajtóerők: *a digitális átalakulás időszakában a magyar gazdaság teljesítményét továbbra is a hagyományos tényezők határozzák meg.*

Következésképpen hipotézisünk szerint a kedvezőtlen fejlemények jelenlegi hiányát *vihar előtti csendként* értékelhetjük.

Vizsgáljuk meg a vállalati interjúk *gyenge jelzéseit*. Nem alakult ki technológiai munkanélküliség, nem történtek masszív elbocsátások? Nyilvánvalóan, hiszen a vizsgált cégek

¹⁸ A járműiparban ez iparágspecifikus sajátosságokkal magyarázható, például a korábban ide telepített viszonylag modern kapacitásokból fakadó útfüggőséggel. Mivel a 2010-es évek közepétől, elsősorban a járműiparban és a járműipari beszállítók körében erőteljes konjunkturális fellendülés kezdődött, ami azonnali kapacitásbővítést igényelt, a tulajdonosok a meglévő magyarországi kapacitásaikat (is) fejlesztették ipar 4.0-megoldásokkal.

¹⁹ A példák közé tartozik a selejtarány csökkenése, a gépkihasználat növekedése, az anyag- és energiafelhasználás optimalizálása, az átfutási és műveleti idők csökkenése és egyes foglalkoztatottak kreativitásának jobb kihasználása azzal, hogy részben mentesültek a monoton rutinfeladatoktól.

gyakorlatilag mindegyikénél az ipar 4.0-beruházások egyik célja a munkaerőhiányból fakadó problémák megoldása volt. Az ipar 4.0-beruházások lehetővé tették, hogy a termelés dinamikus növelése relatíve kevesebb új kékgalléros foglalkoztatott felvételét igényelje, mint amennyire hagyományos termelési technológia esetében szükség lett volna (a vizsgált cégek esetében, a 2015 és 2017 közötti 14 százalékos átlagos foglalkoztatásbővülés 22,4 százalékos átlagos árbevétel-növekedést alapozott meg).

Számolnunk kell azonban azzal, hogy a digitális átalakulás nem *egyszeri* beruházás. A *csökkenő arányú foglalkoztatásbővülést igénylő növekedés alapjainak megteremtését* követően, a fejlődés következő fázisaiban a szigetszerű alkalmazásokat, kísérleti projekteket új és új termelési folyamatokra és funkciókra kiterjedő, újabb „szigetek” követik – amíg ki nem alakul (az adott cégnél) az értékteremtési folyamat teljes digitális integrációja. Ebből következően, a fejlődés következő fázisaiban az ipar 4.0-megoldások munkaerő-megtakarító hatása már látványosabban fog érvényesülni és valószínűleg csökkenteni fogja az adott cégek aktuális (legalábbis a kékgalléros) foglalkoztatási szintjét.

Másképpen fogalmazva ma még csupán azt állíthatjuk, hogy a digitális átalakulás a feldolgozóiparban nem a *jelenlegi* állásokra, hanem a *potenciális* állásokra jelent veszélyt: a kibocsátás növekedésével csak minimális mértékben keletkeznek új munkahelyek. A közeljövőben (vagy középtávon – ez a technológia fejlődésének és a hazai lokációs előnyök alakulásának függvénye) azonban a digitalizáció már akár a feldolgozóipari foglalkoztatottság abszolút csökkenését is okozhatja. Mindenesetre, ha minden egyéb tényező változatlan is marad, a közvetlentőke-befektetések foglalkoztatottságnövelő hatásával, mint felzárkózási hajtóerővel a jövőben kevéssé számolhatunk.

Ráadásul nem számíthatunk arra sem, hogy minden egyéb tényező változatlan marad. Bár az üzleti sajtó és a szakirodalom komoly figyelmet szentel a kihelyezett termelés visszatelepítési esélyeinek (*Dachs és szerzőtársai, 2017, De Backer és szerzőtársai, 2018, Fratocchi, 2017*), a szaksajtóban megjelent eddigi hírek egészen más forgatókönyvet valószínűsítene. Vegyük például a legjobban ismert Adidas „Speedfactory” esetét (*Cruickshank, 2016, Green, 2018*). Bár a hírek a termelés visszaviteléről szóltak, a sportcipőiről ismert globális cég valójában zöldmezős beruházással új teljesen automatizált, robotizált és 3D-nyomtatókkal felszerelt gyártórészlegeket hozott létre Németországban és az Egyesült Államokban. Ezek az egyenként kb. 150 főt foglalkoztató beruházások több ezer foglalkoztatottal működő vietnámi

kapacitásokat tehetnek feleslegessé.²⁰ A 7. lábjegyzetben ismertetett automatizált ruházati üzemek elterjedésének hasonló következményei lehetnek. Elgondolkodtató az osztrák Donawitzben nemrég megnyitott teljesen automatizált acélipari üzem példája is. Az üzem kapacitása kb. 40 százalékkal haladja meg a hasonló termékskálával rendelkező ózdi üzemét. Míg az ózdi üzemben a foglalkoztatottak száma 550 fő, az osztrák üzem 14 (!) foglalkoztatottal működik (*Biesheuvel, 2017*).

Ezekben a hírekben nem csupán az ipar 4.0-megoldások munkaerő-megtakarító hatása érdekes. A hazai fejlődés, felzárkózás hajtóerőit vizsgáló kutatásunk szempontjából jóval fontosabb, hogy nem feltétlenül a Magyarországra kihelyezett termelési folyamatok *visszatelepítése* fenyeget, hanem a fejlett országokban újonnan létrejövő termelési kapacitásoknak a hazai termelést *kiszorító hatása*. A minden korábbinál pontosabb, erőforrás-hatékonyabb és rugalmasabb termelést lehetővé tevő új termelési kapacitások várhatóan feleslegessé teszik, kiszorítják a piacról a hagyományos technológiával működő gyártóegységeket. Először azokat a kapacitásokat számolják fel, amelyek többszöri „egyre keletebbre” telepítéssel ma még működnek ugyan, de elavultnak számítanak: esetükben az eredeti beruházás már régen megtérült.

Természetesen – ahogy az említett példák mutatják – jelentős iparág-specifikus különbségekkel számolhatunk a digitális átalakulás következményeiben (például abban, hogy mely területeken várható kiszorító hatás és mely területeken kerül inkább arra sor, hogy a kihelyezett modern kapacitásokat fejlesztik tovább digitális megoldásokkal).

Gazdaságpolitikai tanulságok

Míg az előző fejezet elsősorban a digitális átalakulás jelentette *veszélyekről* szólt, „Gazdaságpolitikai tanulságok” címszóval értelemszerűen a *lehetőségeket* és az ezekből adódó tennivalókat járjuk körül.

Kiindulópontunk, hogy ha továbbra is a közvetlentőke-befektetések jelentik a fejlődés fő hajtóerejét, másfelől a „közvetlentőke-befektetések → fejlődés” összefüggés hagyományos iránya megfordul (azaz az újabb kihelyezett és kiszervezett termelési folyamatokat akkor képesek fogadni a felzárkózó országok, ha bizonyos fejlettségi szintet már elérték), akkor

²⁰ A kép teljességéhez az is hozzátartozik, hogy ezek az egyenként 1 millió pár cipőre tervezett kapacitású üzemek speciális keresletet elégítenek ki. Ez a kapacitás a teljes töredékét (~0,3 százalékát) jelenti csupán, vagyis a két gyárat az Adidas is csak a meglévő kapacitásai kiegészítőjének tekinti, és nem tervezi vietnámi üzemeinek bezárását (*Donner, 2017*). Mivel kétséges, hogy e csúcstechnológiát megtestesítő üzemek létrehozásának költségei a közeljövőben megtérülnek, a nagy nyilvánosságot kapott beruházásokat akár innovatív márkacépi akciónak is tekinthetjük.

elengedhetetlen, hogy a gazdaságpolitika a fejlesztő állam típusú beavatkozásokkal (Csáki, 2009, Ricz, 2016, 2017) erősítse a további közvetlentőke-befektetések beáramlásához szükséges fejlettség eléréséhez nélkülözhetetlen tényezőket.

A másik oldalról látnunk kell, a közvetlentőke-befektetések révén modernizálódott országokban a digitális korszakban sem fátum, hogy a közvetlentőke-befektetések jelentsék a fejlődés *kizárólagos* hajtóerejét. Tanulmányozni kell azokat a példákat, amikor a tőkét fogadó országok a kihelyezett termelésicél-ország pozíciójukat diverzifikálják, elkezdnek helyi szereplőkre épülő kiszervezett termelést is fogadni; vagy a globális vállalatok helyi leányvállalatai köré helyi beszállítói ökoszisztémák épülnek ki; illetve az innovációorientált született globális vállalatok nagy számban lépnek piacra, és mindeközben a helyi leányvállalatok tevékenységének tudásigényessége is emelkedik.

Terjedelmi okok miatt részletes, azonban közismert elemekből álló gazdaságpolitikai javaslatcsomag helyett (például humántőke-felhalmozás, beszállítói integrációs programok paramétereinek a digitális korszak elvárásaihoz igazítása), csupán két szempontra hívjuk fel ehelyütt a figyelmet.

Egyrészt arra, hogy a digitális átalakulás nem csupán *ipari* forradalom (például egy ország digitális érettségét jobban mutatja a robotintegrátorok, vagyis a robotizálási megoldásokat kínáló cégek száma és kibocsátása, mint a robotgyártó cégek száma, kibocsátása). A gazdaságpolitika hagyományos feldolgozóipari szemléletén változtatni kell: nagyobb figyelmet fordítani a feldolgozóipar digitális terciarizálódásából fakadó feljebb lépési lehetőségek kihasználására.

Másrészt a potenciális beszállítók digitális érettségének erősítését támogató programok kapcsán (is) gyakran felmerül egy – *hibás* – kérdésfeltevés, miszerint a „hazai ipart vagy a közvetlentőke-befektetéseket támogassa a gazdaságpolitika”? Az „is–is” válasz mellett szóló közismert érvek megismétlése helyett, gondoljunk át egy korábban nem említett szempontot. Tanulmányunk egyik üzenete, hogy a kihelyezett feldolgozóipari termelési folyamatok fogadásával összefüggő lokációs előnyök ma már a korábbiaknál jóval magasabb fejlettségi szintet tételeznek fel, így Magyarország lokációs előnyeinek erősítése érdekében a korábbiaknál több erőfeszítésre van szükség. Ha ezt belátjuk, akkor a következő állítás igazságtartalma is egyértelmű. A globális értékláncokba bekapcsolódni képes hazai cégek digitális érettségének erősítését azért is érdemes erőteljesen támogatni, mert a közvetlentőke-befektetők telephely-választásakor egyértelmű előnyt jelent a megfelelő beszállítói háttér megléte. *A hazai cégek támogatása ilyen módon a közvetlentőke-befektetések ösztönzésének egyik eszköze lehet.*

Végül, ide kívánczik egy tanulságos történet.

A 7. lágjegyzetben bemutatott eredetileg a NASA finanszírozásával kifejlesztett teljes robotizálást lehetővé tevő technológiát alkalmazó Adidas ruházati termékeket gyártó arkansasi üzem tulajdonosa a kínai Tianyuan Garments Company. Az amerikai technológiát megvásárló és az USA-ban befektető kínai ruházati üzem marketing-jelmondata, hogy napjainkban a ruházati termékek gyártói a vevőkhöz közel kerülve lokalizált termeléssel lehetnek igazán versenyképesek.

Ennek a történetnek a magyar gazdaságpolitikai döntéshozók számára megfontolandó tanulsága, hogy az „új korszak – új növekedési hajtóerők” megállapítás nem azt jelenti, hogy a versenyképesség hagyományos tényezőit el lehet felejteni. Látnunk kell azonban, hogy az említett kínai történetben a versenyképesség hagyományos tényezője nem az olcsó munkaerő, hanem a másutt kifejlesztett technológia megszerzése, elsajátítása (egy teljesen automatizált és digitalizált üzem felépítése és működtetése), a megszerzett technológiára alapozott vállalkozásindítás (sőt tőke kivitel) és a megfelelő marketing.

Hivatkozások

Achcaoucaou, F. – Miravittles, P. – León-Darder, F. [2014]: Knowledge sharing and subsidiary R&D mandate development: A matter of dual embeddedness. *International Business Review*, Vol. 23., No. 1., 76–90. o.

Andrews, D. – Criscuolo, C. – Gal, P. [2017]: The best vs the rest: the global productivity slowdown hides an increasing performance gap across firms. Letölthető: <https://voxeu.org/article/productivity-slowdown-s-dirty-secret-growing-performance-gap/> (letöltve: 2018. október 17.)

Antalóczy K. – Sass M. [2003]: Működőtőke-befektetések és a külkereskedelem modernizációja –nemzetközi kitekintés és a hazai tapasztalatok. *Külgazdaság*, 47. évf., 12. sz., 4–36. o.

Ardolino, M. – Rapaccini, M. – Saccani, N. – Gaiardelli, P. – Crespi, G. – Ruggeri, C. [2018]: The role of digital technologies for the service transformation of industrial companies. *International Journal of Production Research*, Vol. 56., No. 6., 2116–2132. o.

Autio, E. – Szerb, L. – Komlósi, É. – Tiszberger, M. [2018]: The European Index of Digital Entrepreneurship Systems. JRC Technical Reports, No. 112439. Sevilla: Joint Research Centre.

Autor, D. – Dorn, D. – Katz, L. F. – Patterson, C. – Van Reenen, J. [2017]: The fall of the labor share and the rise of superstar firms. IZA Discussion Papers, No. 10756.

- Babiceanu, R. F. – Seker, R.* [2016]: Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. *Computers in Industry*, Vol. 81., 128–137. o.
- Baldwin, R.* [2013]: *Global supply chains: Why they emerged, why they matter, and where they are going.* In: *Elms, D. K. – Low, P.* (Eds.) *Global value chains in a changing world.* Fung Global Institute, Nanyang Technology University and WTO, Geneva, 13–60. o.
- Bekkers, E. – Koopman, R. – Teh, R.* [2018]: Long run trends in international trade. The impact of new technologies. WTO, manuscript. Letölthető: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/8931.pdf> (letöltve: 2018. október 20.)
- Biesheuvel, T.* [2017]: How Just 14 People Make 500,000 Tons of Steel a Year in Austria. Letölthető: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-21/how-just-14-people-make-500-000-tons-of-steel-a-year-in-austria> (letöltve: 2018. február 2.)
- Bíró Cs.* [2013]: Minden 100 euróból hármát Magyarországon költ el a BMW. Letölthető: <https://autopro.hu/beszallitok/Minden-100-eurobol-harmat-Magyarorszagon-kolt-el-a-BMW/7872/> (letöltve: 2018. november 2.)
- Branstetter, L. G. – Drev, M. – Kwon, N.* [2018]: Get with the program: Software-driven innovation in traditional manufacturing. *Management Science*, megjelenés alatt, Letölthető: <https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2960>
- Branstetter, L. G. – Glennon, B. M. – Jensen, J. B.* [2018]: The IT Revolution and the Globalization of R&D. NBER Working Papers, No. 24707., National Bureau of Economic Research.
- Brynjolfsson, E. – McAfee, A.* [2014]: *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies.* WW Norton & Company.
- Colledani, M. – Tolio, T. – Fischer, A. – Jung, B. – Lanza, G. – Schmitt, R. – Váncza, J.* [2014]: Design and management of manufacturing systems for production quality. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 63., No. 2., 773–796. o.
- Cruickshank, M.* [2016]: Adidas returns to Germany with robotic manufacturing. *The Manufacturer*, 25/05/20.
- Csaba L.* [2014]: Átmenettan és közgazdaságtan. Módszertani tanulságok egy részterület műveléséből. *Közgazdasági Szemle*, 61. évf., 1. sz., 53–67. o.
- Csáki, Gy.* [2001]: The inflow of foreign direct investment into Hungary. In: *Csáki, Gy. – Karsai, G.* (Eds.): *From Transition to Integration. Macroeconomic Development in Hungary 1990–2002.* Columbia University Press, New York, 226–261. o.

Csáki Gy. (szerk.) [2009]: A látható kéz: A fejlesztő állam a globalizációban. Napvilág Kiadó, Budapest.

Dachs, B. – Kinkel, S. – Jäger, A. [2017]: Bringing it all back home? Backshoring of manufacturing activities and the adoption of Industry 4.0 technologies. MPRA Paper No. 83167.

Dao, M. C. – Das, M. M. – Koczan, Z. – Lian, W. [2017]: *Why is labor receiving a smaller share of global income? Theory and empirical evidence*. IMF Working Paper, No. 169. International Monetary Fund.

De Backer, K. – Flaig, D. [2017]: The Future of Global Value chains. Business as Usual or “A New Normal”? OECD Science, Technology and Innovation Policy Papers, No. 41. OECD, Paris.

De Backer, K. – DeStefano, T. – Menon, C. – Suh, J. R. [2018]: Industrial robotics and the global organisation of production. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 3, OECD, Paris.

Donner, W. [2017]: The Race to ROI. Can Adidas’s Speedfactory Make Hyper-Customized Sneakers and a Profit? Letölthető: <https://rctom.hbs.org/submission/the-race-to-roi-can-adidass-speedfactory-make-hyper-customized-sneakers-and-a-profit/> (letöltve: 2018. november 2.)

Doz, Y. [2011]: Qualitative research for international business. *Journal of International Business Studies*, Vol. 42., No. 5., 582–590. o.

Eisenhardt, K. M. [1989]: Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, Vol. 14., No. 4., 532–550. o.

ElMaraghy, W. – ElMaraghy, H. – Tomiyama, T. – Monostori, L. [2012]: Complexity in engineering design and manufacturing. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 61., No. 2., 793–814. o.

Eurostat [2018]: ICT specialists in employment. Letölthető: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/ICT_specialists_in_employment (letöltve: 2018. november 7.)

Farkas, B. [2011]: The Central and Eastern European model of capitalism. *Post-Communist Economies*, Vol. 23., No. 1., 15–34. o.

Fratocchi, L. [2017]: Is 3D Printing an Enabling Technology for Manufacturing reshoring? In: Vecchi, A. (ed.): *Reshoring of Manufacturing. Drivers, Opportunities, and Challenges*. Springer, Cham, 99–124. o.

Frey, C. B. – Osborne, M. A. [2017]: The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 114., 254–280. o.

Geels, F. W. [2002]: Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research policy*, Vol. 31., No. 8–9., 1257–1274. o.

Goldhar, J. – Berg, D. [2010]: Blurring the boundary: convergence of factory and service processes. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 21., No. 3., 341–354. o.

Green, D. [2018]: Adidas just opened a futuristic new factory – and it will dramatically change how shoes are sold. *Business Insider*, 25/04/2018, Letölthető: <https://www.businessinsider.com/adidas-high-tech-speedfactory-begins-production-2018-4> (letöltve: 2018. október 31.)

Hallward-Driemeier, M. – Nayyar, G. [2018]: Trouble in the Making? The Future of Manufacturing-Led Development. The World Bank, Washington, D.C.

Hideg É. – Gáspár J. – Demus T. – Sugár M. – Tyukodi G. [2017]: A vállalati foresight helyzete Magyarországon. *Vezetéstudomány*, 48. évf., 6–7. sz., 57–63. o.

Ivarsson, I. – Alvstam, C. – Vahlne, J. E. [2017]: Global technology development by colocating R&D and manufacturing: the case of Swedish manufacturing MNEs. *Industrial and Corporate Change*, Vol. 26., No. 1., 149–168. o.

Kagermann, H. – Helbig, J. – Hellinger, A. – Wahlster, W. [2013]: Recommendations for Implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 working group. Forschungsunion.

Kozma, M. – Sass, M. [2019]: Hungarian International New Ventures – market selection and the role of networks in early internationalisation. *Society and Economy*, megjelenés alatt.

Lengyel I. – Varga A. [2018]: A magyar gazdasági növekedés térbeli korlátai – helyzetkép és alapvető dilemmák. *Közgazdasági Szemle*, 65. évf., 5. sz., 499–556. o.

Lux G. [2017]: A külföldi működő tőke által vezérelt iparfejlődési modell és határai Közép-Európában. *Tér és Társadalom*, 31. évf., 1. sz., 30–52. o.

Lux G. – Páger B. – Kovács S. [2017]: A közép vállalatok szerepe a feldolgozóiparban: egy magyarországi kutatás első eredményei. *Területi Statisztika*, 57. évf., 1. sz., 52–75. o.

Manning, S. – Massini S. – Lewin, A. Y. [2008]: A dynamic perspective on next-generation offshoring: The global sourcing of science and engineering talent. *Academy of Management Perspectives*, Vol. 22., No. 3., 35–54. o.

Manyika, J. – Chui, M. – Bughin, J. – Dobbs, R. – Bisson, P. – Marrs, A. [2013]: Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. McKinsey Global Institute, San Francisco, CA.

- Mendonça, S. – Cardoso, G. – Caraça, J.* [2012]: The strategic strength of weak signal analysis. *Futures*, Vol. 44., No. 3., 218–228. o.
- Monostori, L.* [2015]: Cyber-physical production systems: roots from manufacturing science and technology. *at-Automatisierungstechnik*, Vol. 63., No. 10., 766–776. o.
- Nolan, P. – Zhang, J. – Liu, C.* [2008]: The global business revolution, the cascade effect, and the challenge for firms from developing countries. *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 32., No. 1., 29–47. o.
- Nölke, A. – Vliegenthart, A.* [2009]: Enlarging the varieties of capitalism: The emergence of dependent market economies in East Central Europe. *World Politics*, Vol. 61., No. 4., 670–702. o.
- OECD [2013]: *Interconnected economies: Benefiting from global value chains*. OECD, Paris.
- Patton M. Q.* [1990]: *Qualitative evaluation and research methods*. SAGE Publications, Newbury Park, CA.
- Pongrácz F. – Nick G. A.* [2017]: Innováció – A fenntartható növekedés kulcsa Magyarországon. *Közgazdasági Szemle*, 64. évf., 7–8. sz., 723–737. o.
- Ponte, S. – Sturgeon, T.* [2014]: Explaining governance in global value chains: A modular theory-building effort. *Review of International Political Economy*, Vol. 21., No. 1., 195–223. o.
- Porter, M. E. – Heppelmann, J. E.* [2014]: How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, Vol. 92., No. 11., 64–88. o.
- Ricz J.* [2016]: Fejlesztő állam a huszonegyedik században: Egy új megközelítés elemzési kerete. *Köz-Gazdaság*, 11. évf., 1. sz., 131–153. o.
- Ricz J.* [2017]: A klasszikus fejlesztő állam megközelítés: Egy letűnt világ nyomában. *Köz-Gazdaság*, 12. évf., 2. sz., 65–91. o.
- Rugraff E. – Sass M.* [2017]: A kapitalizmus változatai és technológiai innovációs kapacitás Közép-Európában: Magyarország esete. *Külgazdaság*, 61. évf., 11–12. sz., 58–89. o.
- Saritas, O. – Smith, J. E.* [2011]: The big picture – trends, drivers, wild cards, discontinuities and weak signals. *Futures*, Vol. 43., No. 3., 292–312. o.
- Schumacher, A. – Erol, S. – Sihn, W.* [2016]: A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, Vol. 52., 161–166. o.
- Schwab, K.* [2016]: *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum, Geneva.
- Szalavetz, A.* [2015]: A Dynamic Capabilities Perspective of High-Growth Firms: Organizational Aspects. *International Journal of Management and Economics*, Vol. 48., No. 1., 45–62. o.

- Szalavetz A. [2016]: Egy előre bejelentett forradalom krónikája Magyarországon. Ipar 4.0-technológiák és a hazai feldolgozóipari leányvállalatok. *Külgazdaság*, 60. évf., 9–10. sz., 28–48. o.
- Szalavetz, A. [2017]: Industry 4.0 in 'factory economies'. In: *Galgóczi, B. – Drahekoupil, J.* (Eds.): *Condemned to be left behind? Can Central Eastern Europe emerge from its low-wage FDI-based growth model?* ETUI, Brussels, 123–142. o.
- Szalavetz, A. [2019]: Industry 4.0 and capability development in manufacturing subsidiaries. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 145., 384–395. o.
- Szerb L. [2017]: A vállalkozói ökoszisztéma Magyarországon a 2010-es években – helyzetértékelés és szakpolitikai javaslatok. *Vezetéstudomány*, 48. évf., 6–7. sz., 2–14. o.
- Szerb, L. – Vörös, Z. – Páger, B. – Ács, Z. J. – Komlósi, É. [2018]: Case Study on the Hungarian new tech entrepreneurial ecosystem. Letölthető: <http://www.projectfires.eu/wp-content/uploads/2018/01/D5-8-Case-Study-Complete.pdf> (letöltve: 2018. október 31.)
- Szirmai, A. – Verspagen, B. [2015]: Manufacturing and economic growth in developing countries, 1950–2005. *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 34., 46–59. o.
- Tassey, G. [2014]: Competing in advanced manufacturing: The need for improved growth models and policies. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 28., No. 1., 27–48. o.
- Vandermerwe, S. – Rada, J. [1988]: Servitization of business: adding value by adding services. *European Management Journal*, Vol. 6., No. 4., 314–324. o.
- Xu, L. D. – Duan, L. [2019]: Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey. *Enterprise Information Systems*, Vol. 13., No. 2., 148–169. o.
- Xu, L. D. – Xu, E. L. – Li, L. [2018]: Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, Vol. 56., No. 8., 2941–2962. o.
- Yin, R. K. [2014]: *Case Study Research: Design and Methods*. Sage, Thousand Oaks, CA, 5th ed.

Impact of industry 4.0 technologies on the engines of development and catch-up in

Hungary – Some lessons for economic policy

ANDREA SZALAVETZ

The paper investigates whether digitalisation transforms the traditional FDI-based engines of development in Hungary. We contrast the findings of the engineering literature discussing the specifics of digital technologies in manufacturing, combined with those of the economics and management literature discussing the economic impact of digitalisation with the results of in-depth interviews conducted at nine manufacturing companies operating in Hungary and with

additional secondary evidence describing corporate experiences with digital technologies. The results of the surveyed success stories suggest that

(a) the diffusion of digital technologies has started in the Hungarian manufacturing industry, and also at domestic-owned digital pioneers;

(b) investments in digital technologies have had straightforward beneficial effects: corporate performance improved, the knowledge-intensity of their activities increased, and the surveyed firms could upgrade their activities;

(c) the negative effects of digitalization discussed in the literature (technological unemployment, production reshoring) have not materialised yet.

However, the authors argue that the micro-level experience of some digitalisation forerunners cannot be generalised: optimistic macro-level conclusions are unfounded. Moreover, some weak signals of our corporate interviews substantiate what is predicted in the literature. These weak signals indicate that digitalisation will, indeed, transform the engines of growth and catching up, disrupting the FDI-based development trajectory Hungary has so far followed. The paper calls for economic policy making more efforts to improve Hungary's locational advantages.