

Szalavetz Andrea:

Az ipar 4.0 technológiák gazdasági hatásai – Egy induló kutatás kérdései

Az írás három témakörben mutatja be a szakértők egymásnak ellentmondó megállapításait a negyedik ipari forradalom technológiai vívmányainak várható hatásairól, és áttekinti az ellentmondások okát, feloldásuk lehetőségét:

(1) általános gazdasági- és azon belül termelékenységnövekedés;

(2) foglalkoztatási hatás;

(3) a hozzáadott értéktermelési tevékenységek földrajzi szerkezetének átalakulása.

Magyar szempontból a hozzáadott értéktermelési tevékenységek földrajzi szerkezetének átalakulása a leginkább releváns kérdés, mivel ez befolyásolja a legerőteljesebben a gazdaság teljesítményét, a foglalkoztatást és a gazdasági szereplők fejlődésének perspektíváit. A cikk néhány olyan területet térképez fel, ahol az ipar 4.0 technológiák elterjedésével a magyarországi feldolgozóipari leányvállalatok eddigi feljebb lépési eredményei „semmissé” válhatnak, vagyis a helyi leányvállalatok elveszíthetik a korábban elnyert, a gyártásnál nagyobb fajlagos hozzáadott érték létrehozására képes tevékenységekre vonatkozó mandátumaikat.

Ez az írás egy vállalati interjúkra építő empirikus kutatás elméleti bevezetője: lehetőségeket, forgatókönyveket vázol fel, amelyek a kutatás későbbi szakaszában készített interjúk során vizsgálandó kérdések körülhatárolását, kijelölését szolgálják.

Bevezető

Egy nemrég befejezett kutatás (Szalavetz, 2016) során azt vizsgáltam, hogy milyen vállalatszerkezeti- és értéklánc-reorganizációs lépésekkel reagáltak a multinacionális vállalatok a 2008-2011-es globális válságra, illetve milyen hatást gyakorolt mindez a magyarországi leányvállalataikra. Kiváltott-e a válság multinacionális vállalati szintű konszolidációt? Bezártak-e, értékesítettek-e leányvállalatokat: vagyis volt-e jele értéklánc-racionalizálásnak? Felgyorsult-e az a folyamat, hogy egyes támogató funkciókat megosztott szolgáltatóközpontokba koncentrálnak? Kivonultak-e bizonyos üzletágakból? Esetleg, éppen ellenkezőleg: terjeszkedés történt: az anyavállalatok új leányvállalatokat nyitottak, versenytársakat vásároltak fel? Volt-e új funkciókiszervezési hullám, vagy ellenkezőleg, éppen hogy visszavittek korábban kiszervezett funkciókat a vállalati központba? Változott-e mindezzel a hazai leányvállalatok helyzete a multinacionális szervezeten belül? Állíthatjuk-e, hogy a válság (illetve az annak hatására véghezvitt multinacionális szintű szervezeti- és értékláncszerkezet-átalakítás) feljebb lépési lehetőségeket teremtett a leányvállalat számára, vagy ellenkezőleg, ezek a lépések inkább ahhoz vezettek, hogy a helyi leányvállalatok bizonyos korábbi felelősségi köröket elvesztettek?

13 autóipari, elektronikai és más gépipari cégnél készítettem interjút, és ami a globális szervezetek reorganizációjának a magyarországi leányvállalatokra gyakorolt hatását illeti, az interjúkból kibontakozó kép meglepően egységes volt. A válság során és azt követően végrehajtott szervezeti reorganizációs lépések, egy cég kivételével, egyértelműen kedvezően érintették a felkeresett magyarországi leányvállalatokat. Az anyavállalatok a fejlett országokban működő leányvállalataiktól további termelési feladatokat telepítettek Magyarországra. Többször előfordult, hogy miután az anyavállalatok felvásárolták egy-egy versenytársukat, azok fejlett országokban működő gyártóbázisainak termelését is a magyarországi leányvállalatukhoz helyezték át. Ehhez kapcsolódóan számottevő funkcionális feljebb lépés is történt: a termelés mellett bővült és mélyült a felmért leányvállalatok fejlesztési feladatköre, és más tudásigényes támogató funkciók helyi, vagy regionális felelősségét is elnyerték.

Felmerül ennek fényében a kérdés, hogy megalapozottak-e azok az állítások, amelyek arra intenek, hogy a közép- és kelet-európai (és dél-európai) országokban lezárult a közvetlentőke-befektetések hajtotta növekedés és modernizáció korszaka, és ennek megfelelően új gazdaságfejlesztési stratégiára lenne szükség (Hunya, 2015; Popescu, 2014; Schuh, 2013)? Ennek a megállapításnak nem csupán az általam vizsgált néhány leányvállalat tapasztalata mond ellen, hanem az UNCTAD 2015-ös World Investment Report kiadványának előrejelzése is (21-26. o.): ebben leszögezik, hogy a közvetlentőke-befektetések visszaesésének időszaka lejárt, sőt, a multinacionális vállalatok helyi leányvállalatainak kibocsátása is növekedni fog.

Ez az írás mindazonáltal amellet érvel, hogy az említett figyelmeztetésekre érdemes odafigyelni. Ugyan az eddigi modernizációs hajtóerő középtávon várható kifulladásának nem a válság okozta konjunkturális visszaesés és általános elbizonytalanodás, stratégia-újrágondolás a fő oka, mint ahogy azt az idézett szerzők állítják, mindazonáltal a közvetlentőke-befektetések vezérelte korábbi feljebb lépési automatizmusok¹ egyre kevésbé

¹ Humphrey–Schmitz (2002) osztályozása szerint, az értéklánc-szereplők feljebb lépése vonatkozhat a termékekre (tudásigényesebb, komplexebb, magasabb helyi hozzáadott értékű termékek termelésére történő átállás); a termelési eljárásra; illetve a vállalati funkciókra (a korábbiakhoz képest többféle, és a termelésnél relatíve tudásigényesebb, magasabb fajlagos hozzáadott értéket teremtő tevékenységekre történő szakosodás). Szalavetz (2013) szerint a feljebb lépés számos tekintetben automatikus. Egyrészt, a leányvállalatok együtt fejlődnek anyavállalatukkal (új, a korábbiaknál komplexebb termékek termelési felelősségét nyerik el), másrészt a tulajdonosi elvárásoknak megfelelően állandó eljárásinnovációkkal igyekeznek a termelékenységet javítani, a

érvényesülnek automatikusan. A teljes hazai feldolgozóipari hozzáadott érték, az export és a kutatás-fejlesztés jelentős részéért felelős (Pitti, 2010) külföldi tulajdonú cégek (multinacionális vállalatok helyi leányvállalatai) értéklánc-pozícióját középtávon leginkább a negyedik ipari forradalom (ipar 4.0; ezután: i40) technológiai rendíthetik meg.

Az i40-technológiáknak a termelékenységére, a foglalkoztatásra és a hozzáadott értéktermelési tevékenységek földrajzi szerkezetének átalakulására gyakorolt hatásairól meglehetősen ambivalens és egymásnak gyakran ellentmondó megállapítások jelennek meg a szakirodalomban. Egyesek szerint, pusztító mértékű (gazdaságilag összességében romboló hatású) állásvesztés, munkahely-megszűnés várható, mások szerint mindez az újonnan keletkező munkahelyekkel kompenzálható. Egyesek szerint az új technológiák lehetővé teszik, hogy a korábban kiszervezett termelési tevékenységek visszatelepülhessenek a fejlett országokba, mások szerint épp ellenkezőleg: a kutatás-fejlesztési tevékenység nemzetköziesedése tovább gyorsul: a mind ez idáig a multinacionális vállalati központokban végzett fejlesztési tevékenységeknek további része is a gyártóbázisokhoz települhet.

Cikkemben három témakörben mutatom be a szakértők egymásnak ellentmondó megállapításait a negyedik ipari forradalom technológiai vívmányainak várható hatásairól, illetve áttekintem az ellentmondások okát és feloldásuk lehetőségét:

- (1) általános gazdasági- és azon belül termelékenységnövekedés;
- (2) foglalkoztatási hatás;
- (3) a hozzáadott értéktermelési tevékenységek földrajzi szerkezetének átalakulása.

Abból indulok ki, hogy az ellentmondások feloldhatók, amennyiben – az eddig megjelent írások többségétől eltérően – az új technológiáknak nem csupán a fejlett országokra gyakorolt hatását helyezük nagyító alá, hanem értékláncalapon közelítünk, és a földrajzi paramétereket is tekintetbe vesszük. Az i40 egyes vívmányai ugyanis más és más hatást gyakorolnak a foglalkoztatásra és az értéklánc-szakosodásra a globális értékláncokba szerveződött termelés különböző földrajzi területein. Így, az egymásnak látszólag ellentmondó előrejelzések mindegyike megvalósulhat: az optimista forgatókönyvek a legfejlettebb országokban, továbbá néhány olyan feltörekvő gazdaságban, amelyek gazdasági fejlődését „fejlesztő állam” címszó alatt tárgyalja a szakirodalom, a pesszimista forgatókönyvek pedig a „köztes helyzetben” lévő országokban, amelyek korábban sikeresen

folyamatokat optimalizálni. Harmadrészt, új és új támogató tevékenységek kerülnek helyi felelősségi körbe (funkcionális feljebb lépés) és e tevékenységek komplexitása, tudásigényessége is egyre nő.

integrálódtak a globális értékláncokba, és gazdasági szereplőik körében esetenként számottevő feljebb lépésre került sor.

Magyar szempontból a hozzáadott értéktermelési tevékenységek földrajzi szerkezetének átalakulása a leginkább releváns kérdés, mivel ez befolyásolja a legerőteljesebben a gazdaság teljesítményét, a foglalkoztatást és a gazdasági szereplők fejlődésének perspektíváit. Ezzel a kérdéssel a „Következtetések” előtti, utolsó fejezet foglalkozik, előtte a két másik vitatott témakört tekintem át. Mindenekelőtt, a következő fejezetben röviden összefoglalom, milyen technológiai trendekre és vívmányokra utal a szakirodalom „ipar 4.0” címszó alatt.

A negyedik ipari forradalom

A feldolgozóipar jelenével és jövőjével foglalkozó írások többsége (például Brettel, és szerzőtársai, 2014; Kagermann és szerzőtársai, 2013 Tassej, 2014) leszögezi, hogy jelenleg a negyedik ipari forradalom zajlik, (mármint a gépesítés, az elektromos energia és a digitalizálás ipari forradalmait követő negyedik ipari forradalom).

Korunk új feldolgozóipari technológiai trendjeit, jelesül, hogy *intelligens gyárakban, más szóval kiber-fizikai termelési rendszerek (Monostori, 2015) segítségével, új, a korábbiaknál kedvezőbb fizikai jellemvonásokkal rendelkező anyagokból és új technológiák felhasználásával (például nanotechnológia, lézertechnológia, ipari biotechnológia, 3D nyomtatás,² mesterséges intelligencia) állítanak elő termékeket* – két, ellentmondó hangulatú elnevezés írja le. A negyedik ipari forradalom (industry 4.0) szóhasználat a változások forradalmi (minőségi) jellegére utal. Ezzel szemben, az ún. „fejlett (élenjáró) feldolgozóipar” (advanced manufacturing) a változások mennyiségi jellegét hangsúlyozza.

Bár mindkét kifejezés a termelési eljárások fejlődésére vonatkozik³, az új feldolgozóipari trendek nem szűkíthetők le a vállalatok termelési rendszereinek paramétereire. Az i40-technológiák hatására változik a támogató üzleti funkciók végrehajtásának módja, új funkciók (és szereplők) kerülnek be az értékláncokba, vagyis a változások értéklánc-szinten

² A 3D nyomtatás (additív gyártás) lényege, hogy a gyártandó terméket nem egy nagyobb anyagdarab megmunkálásával (a felesleges anyagmennyiség leválasztásával) állítják elő, hanem a 3D nyomtató számítógépes modell alapján rétegről rétegre felépíti (Bermann, 2012).

³ Ezt hangsúlyozza egy harmadik elterjedt szóhasználat is, a General Electric által meghonosított ipari internet elnevezés: Evans, P. C. – Annunziata, M. (2012). Industrial internet: Pushing the boundaries of minds and machines. *General Electric*. http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf

értelmezhetők, vizsgálандók. Az új üzleti funkciók példái közé tartoznak a kiber-fizikai rendszerek és azok szállítói, az ehhez szükséges infrastruktúra biztosítói, a hálózatok és a platformok működtetői, a termelés során nyert adatok elemzői (Porter – Heppelmann, 2015). A termelési eljárások új paramétereit vizsgáló írások mellett, az új korszak termékalapú megközelítései is ismertek (Porter – Heppelmann, 2014). Eszerint, az új feldolgozóipari korszak egyik meghatározó jellemvonása, hogy a cégek intelligens, egymással összekötött, vagyis felhőalapú rendszereken keresztül a fogyasztóval és a gyártóval kommunikáló termékekkel versenyeznek.

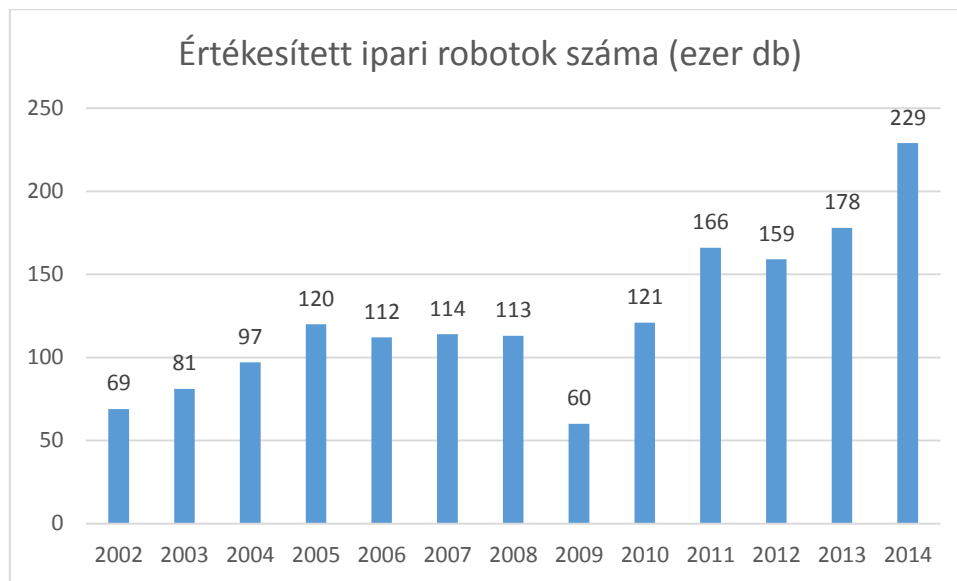
A termékalapú megközelítés ugyanannak az éremnek a másik oldalát helyezi előtérbe. Valójában, a kiindulópont szinte mindegy: a termékek, pontosabban termék & szolgáltatás-csomagok (Kindström–Kowalkowski, 2015) és az egyre komplexebbé váló „alaptevékenység” együttesen, egymással kölcsönhatásban fejlődnek, az állandóan változó üzleti, technológiai és szabályozási környezetben.

Az i40-technológiák forradalmi jellege korántsem egyértelmű. Mennyiségi változásnak tűnik az ipari robotok elterjedése (1. ábra) és az összekapcsoltság növekedése (Internet of everything – Bradley és szerzőtársai, 2013). A termékekbe épült informatika; a termékekhez kapcsolódó (a termékekbe integrált) szolgáltatáscsomagok versenytényezővé válása és a tömeges testreszabás jelensége; valamint a vállalati folyamatok informatikai rendszerekkel megvalósított integrációja szintén nem újdonság. Az automatizált, számítógép-vezérelt gyártási folyamatok meghonosodása sem tekinthető új keletű fejleménynek. Monostori (2015: 767. oldal) szemléletes ábrával mutatja be, miként fonódott össze az utóbbi évtizedekben a számítástechnika és informatika fejlődése a feldolgozóipari technológiák fejlődésével, kezdve a számítógépes gyártmánytervezés és –fejlesztés (CAD), és a számítógép-vezérelt szerszámgépekkel, egészen a rádiófrekvenciás azonosítással működtetett, a termelés során generált és összegyűjtött óriási mennyiségű adathalmaz valós idejű elemzésére és *önkorrekcióra képes* automatizált gyártásig, a kiber-fizikai termelési rendszerekig.⁴

1. ábra⁵

⁴ Az ábra magyarul is hozzáférhető (Bohács és szerzőtársai 2016: 42 oldal).

⁵ Az ipari robotokra vonatkozó adatokkal szemben, a kiber-fizikai termelési rendszerek elterjedéséről csak durva becslések léteznek, mivel még e technológiák felhasználóinak zászlóshajói között is nagy különbségek vannak a felhasználás mélysége tekintetében. A becslések ezért leginkább e technológiák globális piacának értékére vonatkoznak. Feltörekvő technológiák esetében gyakori jelenség, hogy az egyes becslések között óriásiak az



Forrás: International Federation of Robotics

Kezdetben (a hetvenes-nyolcvanas években), az informatika csak meghatározott gyártási folyamatok termelékenységét, pontosságát és rugalmasságát növelte. Később, az információtechnológiai forradalom az értékláncok integrációját és koordinációját, vagyis a földrajzilag különböző helyeken végzett gyártási folyamatok irányítását és összefogását könnyítette meg, továbbá új alapokra helyezett számos üzleti folyamatot és új üzleti modellek életre hívását tette lehetővé (Bharadwaj és szerzőtársai, 2013).

Napjaink információtechnológiai forradalmán belül – kizárólag a feldolgozóipar vonatkozásában vizsgálódva – a változások minőségi (forradalmi) jellege egyrészt abban mutatkozik meg, hogy a teljes gyártási folyamatot integrált módon, és mégis rugalmasan (vagyis a korábbi rendszerek átláthatatlan komplexitását és merevségét kiküszöbölve) számítógépek vezérlik és felügyelik. A környezeti paraméterek változásának hatására, vagy az észlelt hibákra reagálva, a gépek autonóm módon beavatkoznak a folyamatokba, továbbá a

eltérések. Az egyik példa szerint, 2022-re e piac 74,8 milliárd dollár értékű lesz, 10,4%-os éves átlagos növekedés mellett (2016-tól). <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/smart-factory-market-1227.html> (letöltve: 2016.03.24). Egy másik előrejelzés, az Accenture GE-nek készített kutatása szerint a piac várható értéke 2020-ban 500 milliárd dollár (Industrial Internet Insights Report for 2015, <http://www.ge.com/digital/sites/default/files/industrial-internet-insights-report.pdf>). A 2015-ös Wohler's Report a 3D nyomtatók piacát 4,1 milliárd dollárra becsülte; előrejelzésük szerint, ez a piac 2020-ra 21,2 milliárd dollárra nő. (Balinski, B. [2015]: The 3D printing boom continues. Manufacturers' Monthly, 15/05/2015)

végrehajtott alkalmazkodási lépésekkel kapcsolatos információkat és ezek tanulságait automatikusan beépítik az algoritmusaikba (mesterséges intelligencia, gépi tanulás).

Másrészt, e gyártási folyamatok nyomon követése során, a termelési rendszerek korábban elképzelhetetlen mennyiségű adatot generálnak, tárolnak és alakítanak elemzésre, a döntési folyamatok támogatására alkalmassá. A termelési rendszerek integrációjának növekedése csupán mennyiségi változás, mindez a vállalatirányítási rendszerekkel összekapcsolva ugyanakkor már új minőséget jelent.

Iparáganként különböző mértékben, de maguk a termékek is intelligenssé váltak olyan tekintetben, hogy képesek magukról (a fizikai állapotukról és a működési paramétereikről) információt küldeni a gyártóiknak (elősegítve a megelőző karbantartást). A termékek értékesítést követően összeköttetésben maradnak a gyártókkal, ami abban is megnyilvánul, hogy a gyártók távolról frissíthetik a termékekbe épített szoftvereket.

A kiber-fizikai termelési rendszerek fő alkalmazási területei a feldolgozóiparban a következők (Váncza és szerzőtársai, 2011).

- Feldolgozóipari termelés: minden egyes folyamat nyomon követése, és adatgyűjtés e folyamatokról a gyártás optimalizálása érdekében;
- Megelőző karbantartás: a gyártóberendezések / alkatrészek műszaki állapotáról folyamatos visszajelzés érkezik a rendszerbe, és ennek alapján a gépek jelzik, mikor lesz szükség az alkatrészek cseréjére, a gépek karbantartására, felújítására;
- A logisztikai folyamatok automatizálása;
- A feldolgozóipari termelés során előállított adatok összegyűjtése és elemzése a termelési folyamatok és az értéklánc optimalizálása érdekében;
- A termékekhez kapcsolódó szolgáltatáscsomagok jobbítása, kiterjesztése.

A várható gazdasági hatások

Míg vállalati szinten, az új műszaki megoldásokba beruházó vagy beruházást tervező cégek egyértelműen kedvezően ítélik meg megtérülési kilátásaikat, és néhány eddigi felmérés tapasztalatai ezt igazolják is (Capgemini, 2015; Fitzgerald és szerzőtársai, 2013) – a makrogazdasági hatások tekintetében messze nincsen konszenzus a közgazdász szakma képviselői között.

Vállalati szinten, az i40-technológiák alkalmazói arra számítanak (Burmeister és szerzőtársai, 2015; Ilie-Zudor és szerzőtársai, 2015), hogy jelentős anyag- és energia-

megtakarítást érnek el; növelik kapacitásaik kihasználtságát és – egyebek mellett a gyors prototípus-készítés technológiájának köszönhetően – gyorsabban piacra dobják a változó keresletnek megfelelő új termékeiket.

A 3D nyomtatás is jelentős megtakarításokhoz vezet. Számos termék gyártásához nem lesz szükség szerszámok készítésére (közvetlen digitális gyártás), de azokban az iparágakban, ahol a 3D nyomtatást a hagyományos technológiákkal kombinálják, például jelenleg az autó- és gépiparban, a műanyagiparban és az öntészetben) az új technológia a szerszámtervezés árát és elkészítési idejét is jelentősen csökkenti.⁶

Az intelligens termelési rendszerekben előállított óriási mennyiségű adathalmaz (Big Data) elemzése és ennek alapján a termelési rendszerek folyamatos módosítása, szintén jelentős anyag- és munkaerő-megtakarítást, hatékonyságnövekedést és termelékenységemelkedést eredményez. Nő a gyártási folyamatok megbízhatósága és átláthatósága, a termékek minősége. A döntéstámogatási rendszereknek köszönhetően nő a menedzsment informáltsága, megalapozottabbá válnak az egyes stratégiai döntések. A kiépített üzleti analitika felhasználásával a cégek új üzleti irányokba nyithatnak és a korábbiaktól eltérő módon kínálhatnak értéket a fogyasztóknak. A korábbiaknál testreszabottabb lesz a kínálat, és tovább bővülnek a termékekhez kapcsolódó szolgáltatások. Például, ha termelőeszközök jelentik a kínálat tárgyát, a kiber-fizikai rendszerek segítségével a gyártó a termelőeszközök megelőző karbantartásával egészítheti ki a kínálatát; vagy kiegészítő szolgáltatásként vállalhatja az általa gyártott eszközök működésével kapcsolatos adatok összegyűjtését és elemzését. Olyan üzleti modell is elképzelhető, hogy a termék helyett, a vevő pusztán annak funkcionalitásáért fizet: nem vásárolja meg magát a nagy értékű gépeket, hanem csupán a használatuk arányában fizet. Teece definíciója értelmében, az új technológia üzleti modell-innovációkat tesz lehetővé. Teece (2010, 191. o.) ugyanis az üzleti modellt egyfajta „menedzsmenthipotézisnek” tekinti arról, hogy a fogyasztók mit tekintenek érték(es)nek, illetve milyen módon, milyen szervezeti keretekben és a fogyasztókat milyen csatornákon keresztül elérve tudja a vállalat a fogyasztók igényeit leginkább kielégíteni, és

⁶ A megtakarítás mértékét mutatja, hogy hagyományos technológiával, a szerszámok megtervezése és elkészítése akár hónapokat is igénybe vehet, egy-egy szerszám költsége pedig több millió forintot is elérhet. A megtakarítás mértéke jelenleg az additív gyártásban használt nyersanyagok árának alakulásától függ: jelenleg a technológia elterjedésének egyik legnagyobb akadály a felhasznált nyersanyagok magas árszintje. A többi akadály, a viszonylag csekély anyagválaszték, az elkészítés időigénye és néhány technikai nehézség (például több anyagból álló tárgyak készítése) ma már egyre kevésbé számít korlátnak: az anyagválaszték folyamatosan bővül, a nyomtatás sebessége nő, a technológia gyorsan fejlődik (Khajavi és szerzőtársai, 2014).

miként szabja meg a költségeinek ellentételezését úgy, hogy tevékenységéből profitja származzon.

Termékoldalról közelítve, a termékekbe épített adatgyűjtést, visszajelzést és (a gyártókkal való) összeköttetést biztosító megoldások révén, a cégek jobban megismerik a vevői igényeket, felhasználási szokásokat, így bővíteni, jobbítani tudják a termékekhez kapcsolódó szolgáltatási palettájukat (vagy éppenséggel szolgáltatásalapú üzleti modellre térhetnek át), vagyis növelik versenyelőnyeiket.

Ami a makrogazdasági hatásokat illeti, a szakirodalom három erősen vitatott téma köré összpontosul. (1) Az optimista előrejelzések (például Bauer és szerzőtársai 2014; Manyika és szerzőtársai, 2013; Mokyr, 2014) ellenére, jelenleg nem egyértelmű az i40-technológiáknak az általános gazdasági- és azon belül a termelékenységnövekedésre gyakorolt hatása. (2) A másik vitatott terület az i40-technológiák foglalkoztatási hatása. Kérdés, hogy a digitalizálás és az ipari robotok elterjedése milyen arányú munkahely-vesztéssel jár. (3) A közvetlentőke-befektetések hajtotta növekedésre és modernizációra támaszkodó országok szempontjából a legfontosabbnak a harmadik vitatott téma tűnik: az i40-technológiák hatása a globális értékláncok szerkezetére. Vajon e technológiák lehetővé teszik, hogy a korábban kiszervezett termelési és egyéb üzleti funkciókat visszatelepítsék a fejlett országokba?

Vegyük sorra ezeket a kérdéseket!

Az i40-technológiák termelékenységi és növekedési hatása

Az első technológiai előrejelzési programok (például Campbell és szerzőtársai, 2011) és a gazdasági elemzések (Petrick – Simpson, 2013) radikális változásokat vetítettek előre az i40-technológiák és különösen a 3D nyomtatás következményeként.

A 3D-technológia (2. lábjegyzet), lehetővé teszi, hogy a termék dizájnjának kialakításakor a gyárthatóság szempontjait a hagyományos technológiánál kevésbé vegyék figyelembe: a komplex részegységeket nem alkatrészeiből kell felépíteni, és azokat egymáshoz hegeszteni / csavarozni, hanem egyben ki lehet nyomtatni. Így a technológia korábban elképzelhetetlen tervezési szabadságot és rugalmasságot biztosít, ami termékinnovációs hullámot indíthat el.⁷

⁷ Bár az innovációk döntő hányada dizájn-alapú lesz, az innovációs hullám előzetes becslése érdekében érdemes a szabadalmi aktivitást is vizsgálni. 2010 és 15 között az i40 technológiával kapcsolatos világszabadalmak száma

A technológia másik nagy előnye, hogy a mérethozadék jelentette korlátok kevésbé érvényesülnek, minimalizálódnak (Petrick – Simpson, 2013). A digitális modell akár egyetlen termék nyomtatása után lecserélhető, a nyomtató szinte költségmentesen áll át más termékek gyártására. Mindez a méretgazdaságossági korlátokat minimalizálja, sőt egyúttal a belépési korlátokat is csökkenti, ami várhatóan erőteljesen növeli a vállalalkozási hajlandóságot. A belépési korlátokra és így a vállalalkozási hajlandóságra ugyanilyen hatást gyakorolnak (az informatikai beruházásigény csökkenése révén) a felhőalapú informatikai szolgáltatások, illetve a korábban részletezett új üzleti modellek is.

Egy további megtakarítási forrás a szállítási és raktározási költségek csökkenése: kis túlzással mindent ott, akkor, olyat és annyit nyomtatnak majd, ahol, amikor, amire és amennyire szükség lesz.

Összességében, az elemzések gyors gazdasági- és termelékenységnövekedést vetítenek előre – igaz, ennek mértékét az eddig megjelent tanulmányok óvakodtak akár scenáriós szinten is számszerűsíteni (Baumers és szerzőtársai, 2016).⁸

Mindazonáltal, az előre jelzett termelékenységi és növekedési hatások egyelőre nem jelentkeznek. Az ezzel kapcsolatos csalódottságot jól érzékelteti, hogy ismét gyakran idézik (például: Acemoglu és szerzőtársai, 2014; Bughin, 2015) Solow (1987) híres mondását, amellyel az információtechnológiai forradalom kezdetén (a nyolcvanas évek végén) a felfokozott várakozásokat igyekezett hűteni: „Mindenütt ott láthatjuk a számítógépeket, kivéve a termelékenységi statisztikákban.” Solow újra időszerűvé vált: felpörgő növekedés helyett, a 2010-es évek vitái arról szólnak, hogy vajon túlzás-e, hogy egyes közgazdászok évszázados stagnálást vetítenek előre (Gordon, 2014; Summers, 2014; Teulings – Baldwin, 2014). Képes-e a technológiai fejlődés meglóditani a növekedés ütemét, vagy éppen csak kompenzálja a potenciális növekedés ütemére kedvezőtlen hatást gyakorló tényezők⁹ hatását?

12-szeresére nőtt (2015-ben 5107, az időszakban összesen közel 16 ezer szabadalmi kérelmet nyújtottak be (Forrás: <http://iot-analytics.com/industrial-technology-trends-industry-40-patents-12x/>).

⁸ Kivétel a Boston Consulting Group elemzése (BCG Perspectives, 2015), amely Németország esetében konkrét előrejelzést jelentetett meg. Eszerint, 2015 és 2020-25 között a német feldolgozóipar termelékenysége ágazattól függően 15-25 %-kal emelkedik majd. Az új technológiák összességében a német GDP egy százalékának megfelelő többletjövedelmet generálnak évente. Mindehhez elengedhetetlen, hogy 2025-ig a német feldolgozóipari vállalatok összesen 250 milliárd eurót fektessenek be az ipar 4.0 technológiák meghonosításába.

⁹ Gordon (2014) szerint részben demográfiai tényezők felelősek az amerikai növekedés lassulásáért, részben az a tény, hogy az oktatás-képzés átlagos szintjét immár jóval nehezebb olyan mértékben tovább emelni, mint a korábbi időszakokban. A közép- és hosszú távú növekedést fékezi az amerikai eladósodottság is, illetve a jövedelemegyenlőtlenségek magas szintje és további növekedése. Gordon a technológiai fejlődés ütemét sem

Az i40-technológiák termelékenységi hatásának megítélését egyfelől azok a vállalati szintű számítások befolyásolják, amelyek kimutatták, hogy meghatározott i40-beruházások egyértelműen növelték a beruházók termelékenységét (lásd Bughin, 2016 áttekintését). Elgondolkodtató ellenvetés ugyanakkor (ezt is a hivatkozott szerző veszi számításba), hogy a vizsgálatok időzítése torzíthatja az eredményekből levont következtetéseinket. A 2010-es évek beruházói, az i40 úttörői ugyanis többségükben amúgy is kiemelkedő termelékenységű, tőkével jól ellátott, élenjáró cégek közé tartoznak: vagyis makroszinten ezek a megfigyelések nem általánosíthatók, és előrejelzésre sem alkalmasak. Ugyanakkor, nemzetgazdasági szinten is végeztek számításokat, például Graetz – Michaels (2015) tanulmánya 17 ország vonatkozásában egyértelműen kimutatja az ipari robotok alkalmazásának gazdasági és termelékenységnövekedési hatását.

Másfelől azonban, befolyásos véleménynek minősül a pesszimista forgatókönyv is, miszerint, az új technológiáknak a munkaerőpiacra gyakorolt kedvezőtlen hatása: a munkahelyek tömeges megszűnése, a kereslet általános csökkenéséhez, recesszióhoz vezethet, vagyis az i40-technológiák összességében a gazdasági fejlődést áthatják alá (Benzell és szerzőtársai, 2015; Sachs és szerzőtársai, 2015; lásd még: Mokyr, 2014; Brynjolfsson–McAfee, 2014).

Az i40-technológiák növekedésre gyakorolt hatásáról szóló vita az innovációs gazdaságtan ismert problémája, a technológiai fejlődés és a termelékenységemelkedés közötti ambivalens összefüggés (Szalavetz, 2011) miatt áll továbbra is döntetlenre. Röviden összefoglalva az ott leírtakat, megállapíthatjuk, ha figyelmen kívül hagyjuk is a termelékenység alakulását befolyásoló számos egyéb (nem technológiai) tényezőtől fakadó bizonytalanságot, és kizárólag az új technológiáknak a termelékenységre gyakorolt hatásait próbáljuk meg előre jelezni, a feladat akkor sem könnyen kivitelezhető.

Egyfelől, nehéz a viszonyítási alap kiválasztása, mivel az új technológiák „nem teljes fegyverzetben” jelentkeznek, hanem hosszadalmas további fejlődésen mennek keresztül. E folyamat során egyrészt a maga az alaptermológia tökéletesedik, másrészt az alkalmazás lehetőségei bővülnek, harmadrészt pedig a vizsgált technológia más technológiai fejlődési irányokkal lép kölcsönhatásba. Gondoljunk arra, hogy a negyedik ipari forradalom fenti definíciója önmagában hány fejlődési irányt említ, és vegyük számba, hogy az i40-technológiák fejlődése során milyen egyéb tudományos és technológiai eredményeket

tartja kimagaslónak, sőt azt állítja a korábbi évszázad közepe – második feléhez képest ez az ütem igencsak lecsökkent az utóbbi évtizedekben.

használnak fel (többek között: rendszer- és irányításelmélet, anyagtudomány, biotechnológia, nanotechnológia, lézertechnológia, gépi érzékeléssel kapcsolatos technológiák, ipari adattudomány – Campbell és szerzőtársai, 2011; Gao és szerzőtársai, 2015).

Másfelől, a gazdasági hatásokról folytatott vita eldöntését nehezíti, hogy nem csupán a vizsgált technológiák elterjedésének, hanem főként a szükséges komplementer beruházások (humántőke-befektetés, a meglévő termelési rendszerek átalakítása, a vállalatszervezet átalakítása, üzleti modell-váltás stb.) megvalósításának sebessége is nehezen jósolható meg. Márpedig, az új technológiák termelékenységre gyakorolt kedvező hatása egyrészt a komplementer beruházások „termőre fordulását” követően, másrészt e technológiák tovagyűrűzése mértékében lesz nyilvánvaló – kezdetben legfeljebb csak a technológiai forradalom schumpeteri romboló hatását tükrözik a statisztikák.

Összességében, a technológiai fejlődés termelékenységi és növekedési hatása mindig is kisebb-nagyobb késleltetéssel nyilvánul meg, így az új technológiák fejlődésének kezdeti időszakában a technológia-optimisták és a szkeptikusok közötti vita nehezen dönthető el. Az információtechnológiai forradalom növekedésre és termelékenységre gyakorolt hatásának tapasztalatai alapján (például: Van Ark és szerzőtársai, 2008) ugyanakkor valószínűsíthetjük, hogy az i40-technológiák esetében is, nem csupán a kedvező hatások érvényre jutásának sebességében, hanem azok mértékében is jelentősek lesznek az országok közötti különbségek.

Az i40-technológiák hatása a foglalkoztatásra és a munkavégzés jellemvonásaira

A közgazdász szakmán belül, az egyik legszélsőségesebb vita az i40-technológiák foglalkoztatásra gyakorolt hatásával kapcsolatban alakult ki. Egyes vélemények szerint, az új technológiák elősegítik a munkahelyek megőrzését, az i40 megoldások szállítói és az azokhoz kapcsolódó iparágak és szolgáltatások körében pedig gyors foglalkoztatásbővülés várható (IFR, 2013), továbbá a technológiai fejlődés hatására meginduló gyors gazdasági növekedés is jelentős¹⁰ foglalkoztatásbővülést eredményez (Strategic Policy Forum, 2015).

A World Economic Forum vállalati felmérésekre alapozott elemzése (WEF, 2016), ezzel szemben, globális szinten 5,1 millió nettó álláshely veszteséssel számol az i40 technológiák következményeképpen (7,1 millió álláshely megszűnésével és kétmillió új állás létrejöttével).

¹⁰ A Strategic Policy Forum (2015) például, az EU28 országaiban 400 ezer és 1,5 millió közöttire becsüli a megfelelő gazdaságpolitika esetén létrejövő új munkahelyek számát.

Ami a szakirodalmi elemzéseket illeti, Frey – Osborne (2013) műve számít fő hivatkozási alapnak. Az amerikai Munkaügyi Minisztérium adataira támaszkodva, a szerzők 702 foglalkozást helyeztek nagyító alá abból a szempontból, hogy milyen képesség- és tudásigényű feladatok¹¹ társíthatók hozzájuk; milyen mértékben írhatók le explicit szabályokkal (milyen mértékben sztenderdizálhatók) ezek a feladatok; milyen környezetben történik a munkavégzés, stb.. Ezt követően, meghatározott algoritmus alapján felbecsülték, hogy az egyes foglalkozások milyen valószínűséggel automatizálhatók, és azt találták, hogy az ipari robotok megjelenése és a gépi tanulás az amerikai foglalkoztatottak 47 százalékának állását veszélyezteti (szünteti meg 70 százaléknál nagyobb valószínűséggel).

Bonin és szerzőtársai (2015) ugyanezt a módszert alkalmazták Németország példáján (eredményük 42 % volt), mindazonáltal úgy érveltek, hogy ezek a számítások túlbecsülik a várható állásvesztés arányát. Egyrészt, az i40 technológiák elterjedése új munkahelyeket is teremt: viszonylag jelentős foglalkoztatásbővülést várható például a kiber-fizikai rendszerek infrastrukturális szolgáltatói, a felhőalapú számítástechnikai szolgáltatások, beleértve e rendszerek biztonságával kapcsolatos megoldások szállítói körében, bővül az üzleti intelligenciával kapcsolatos tevékenységekben foglalkoztatottak köre, a 3D és egyéb tervezők, csakúgy, mint az i40-termelési rendszerek technikusainak, programozóinak és specialistáinak álláslehetőségei (részletes előrejelzést lásd: WEF, 2016).

Másrészt, ami ennél is fontosabb, az automatizálás nem teljes foglalkozásokat szüntet meg, hanem csupán bizonyos tevékenységeket vált ki. Az egyes foglalkozásokat ugyanakkor összetett tevékenységportfólió jellemzi. Így csupán a foglalkozások 9 (Németországban 12) százaléka tevődik össze olyan tevékenységekből, hogy az automatizálás technikailag a teljes munkakört kiválthatja.

Erre a megállapításra jutott Acemoglu – Restrepo, 2015; Autor, 2015; és Chui és szerzőtársai, 2015 is. A szerzők hangsúlyozzák, hogy az i40 technológiák nem megszüntetik, hanem újradefiniálják a munkaköröket:¹² a sztenderdizálható rutinfeladatokat gépek veszik át, és a foglalkoztatottak így a relatíve nagyobb kreativitást igénylő tevékenységekre koncentrálhatnak. Ezt támasztotta alá a World Economic Forumnak a legnagyobb

¹¹ Például érzékelés, kézügyesség, fizikai erő kifejtés, írásos szövegértés és a beszélt nyelv megértése, digitális ismeretek, információszerzés és -átadás, interperszonális intelligencia, érvelés, problémamegoldás, absztrakt gondolkodás és elemzés, kreativitás.

¹² Chui és szerzőtársai (2015) előrejelzése szerint, bár a jelenlegi (2015) foglalkozásoknak legalább 60 százaléka, legalább 30 százalékan automatizálható, az automatizálás csupán a foglalkozások 5 százalékát szünteti meg teljesen.

foglalkoztatók körében végzett felmérése is (WEF, 2016): eszerint, a munkakörök jelenlegi betöltéséhez szükséges tudás és képességek több mint egyharmada változik öt éven belül (a jelenleg használt tudás egy részére nem lesz már szükség, ellenben megnő az igény meghatározott új képességek iránt). Az idézett tanulmányok egybehangzó megállapítása szerint, nem várható radikális mértékű foglalkoztatáscsökkenés: bizonyos álláshelyek megszűnhetnek ugyan, de a megmaradó feladatkörök komplexitása és tudásigénye nő: ezek tekintetében az emberi erőforrásoknak megmaradnak a komparatív előnyei. Az elemzés megfelelő egysége tehát nem az álláshely (foglalkozás), hanem a feladatkör (tevékenység).¹³

Fontos és egybehangzó megállapítás az is, hogy az automatizálás nem csupán az alacsony tudásigényű, kékgalléros foglalkoztatottak tevékenységét érinti: a legmagasabb bérezésű munkakörök (ügyvédek, vállalatvezetők) tevékenységportfólióját ugyanúgy átalakítja a mesterséges intelligencia (ugyanúgy átveszi feladataik egy részét), mint teszi azt a középszintű és az alacsony bérezésű foglalkoztatottak esetében.

Számításba kell vennünk ugyanakkor, hogy az egyes munkakörök / tevékenységek földrajzi eloszlása nem egyenletes – gondoljunk Baldwin (2012) szemléletes különbségtételére, miszerint vannak „vállalati központ-gazdaságok” (headquarter economy) és „termelő telephely-gazdaságok” (factory economy). 2016 májusában csodálkozott rá a világ a hírre, hogy a Foxconn hatvanezer dolgozóját elbocsátja kínai leányvállalatától: feladatkörüket robotok veszik át (Millward, 2016). Az Economist (2016) statisztikája szerint, a világ telefonos ügyfélszolgálat (call center) állásainak 26 százaléka a Fülöp-szigeteken, 24 százaléka pedig Indiában összpontosul – ezek a feladatkörök viszonylag könnyen automatizálhatók lesznek. Összességében, meghatározott tevékenységek automatizálása egyes gazdaságokat az átlagosnál kedvezőtlenebbül érinthet.

Az i40-technológiák hatása a hozzáadott értéktermelési tevékenységek földrajzi szerkezetének átalakulására

A globális értékláncok földrajzi szerkezetének várható átalakulását vizsgáló írások szerint, az i40-technológiák jelentős földrajzi átrendeződést indítanak el. Az ipari robotok és a 3D

¹³ Az elemzési egység javasolt módosítása felidéz egy hasonlóan „forradalmi” szemléletmód-változást, amelyet a globális értéklánc-perspektíva (mint elemzési, megközelítési mód) elterjedése hozott be a köztudatba. Eszerint, a nemzetközi kereskedelemben nem termékek, hanem „feladatok”, tevékenységek kerülnek (trade in tasks), és ezek számbavétele hozzáadott érték-alapon a legcélszerűbb (például: Lanz és szerzőtársai, 2011)

nyomtatás elterjedésének egyik visszatérően említett következménye, hogy lehetővé válik bizonyos feldolgozóipari műveletek visszatelepítése a fejlett országokba.

Pontosabban, az, hogy végső soron hová települ a feldolgozóipar, továbbra is értelmezés kérdése. Az új technológiai trendek egyik figyelemreméltó következménye, hogy ma már egyre nehezebben valósítható meg a tudásigényes és a rutin üzleti folyamatok szisztematikus földrajzi szétválasztása (Tassej, 2014). Az i40-korszakban a különböző iparágak és tudományterületek összefonódása olyan erőteljessé vált, mégpedig immár nem csupán a termékfejlesztési fázisban, hanem a feldolgozóipari termelés működtetése során is, hogy egyre kevésbé célszerű (egyre kevésbé valósítható meg) a gyártás és a gyártásfejlesztés, illetve egyes tudásigényes támogató tevékenységek földrajzi szétválasztása. Az új korszakban az egyes vállalati funkciók korábbi önállósága nem fenntartható. A funkcióhatárok elmosódnak (dizájn, termékfejlesztés, gyártás, értéklánc-menedzsment, informatika, értékesítés, ügyfélkapcsolat-menedzsment, termék továbbfejlesztése, értékesítést követő szolgáltatások), így funkciókon keresztülívelő koordinációra és az egyes funkciók képviselőinek korábban ismeretlen mértékű együttműködésére, valamint az információk megosztására van szükség (Porter – Heppelmann, 2015).

Nem kétséges, hogy mindez befolyásolja az egyes tevékenységek földrajzi elhelyezkedését is, vagyis viszonylag kis kockázattal állíthatjuk, hogy *a gyártási eljárások technológiai fejlődése megváltoztatja az érintett iparágak szerveződését*. A változás iránya azonban, jelesül, hogy a feldolgozóipari műveleteket visszatelepítik a fejlett országokba, vagy pedig a funkciók közötti interdependenciákra és az egymás mellé telepítésből adódó szinergiára tekintettel, további tudásigényes támogató tevékenységeket helyeznek a fejlett országokból a feltörekvő országokban található gyártóbázisok mellé – továbbra is nyitott kérdés.

Bonyolítja a képet, hogy – legalábbis meghatározott termékek esetében – földrajzilag decentralizálódik a gyártás, vagy, ahogy ezt sokan előszeretettel hangsúlyozzák: megszűnik Kína és néhány más gyártóbázis egyeduralma, nem egyetlen (néhány) alacsony munkabérszintű országból látják majd el az egész világot (Campbell és szerzőtársai, 2011; Khajavi és szerzőtársai, 2014; Mohr – Khan, 2015). Az érem másik oldalaként, Kínában, Thaiföldön, Indonéziában és néhány más „fejlesztő államban” (Csáki, 2009; Ricz, 2015) a gazdasági szereplők esetenként még a legfejlettebb országokban működő versenytársaikat is meghaladó mértékben ruháznak be ipari robotokba és fejlesztik robotgyártó kapacitásaikat (Boston Consulting, 2015). Ez a proaktív stratégia teszi lehetővé, hogy a kitelepített termelést fogadó országok (1) csökkenő bér-differencia mellett is (részben) megőrizték költségalapú

versenyképességüket; (2) elejét vegyék a termelés visszatelepítésének; és (3) elérjék, hogy az ipari robotok üzembe állításához és programozásához szükséges kvalifikált feladatokat¹⁴ is a termelő telephelyekre telepítsék.

A tevékenységek földrajzi átrendeződését az új technológiák sajátosságai teszik lehetővé. A 3D technológia esetében például korábban említettük, hogy a komplex részegységeket nem alkatrészeiből kell felépíteni, és azokat egymáshoz hegeszteni / csavarozni: egyben ki lehet nyomtatni.¹⁵ Ez a sajátosság, mind elméleti, mind gyakorlati megfontolásokat alapul véve, értéklánc-átrendeződéshez vezethet.

Ami az elméletet illeti, induljunk ki abból, hogy a (digitálisan legyártott, nem pedig összeszerelt) termékek (illetve komplexebb termékek esetében ezek részegységeinek) integráltsága nő. Márpedig, az iparágak szerkezetével foglalkozó elméletek egyik fontos tézise, hogy a termékek felépítése és az értékláncok felépítése és koordinációja szorosan összefügg egymással (Baldwin – Clark, 1997; MacCormack és szerzőtársai, 2012; Sanchez – Mahoney, 1996). Moduláris termékek esetében például kevésbé van szükség arra, hogy az értékláncok szereplői között tulajdonosi kapcsolat és hierarchikus koordináció legyen: e termékek értékláncaiban inkább a hálózati partneri kapcsolat jellemző, vagy a megrendelők akár tisztán piaci kapcsolatban is állhatnak beszállítóikkal.¹⁶

A 3D technológia ugyanakkor épp fordított hatással jár: az egyes termékek, vagy termékmodulok növekvő integráltsága az értékláncok integrációját, pontosabban az értékláncok amúgy is jó ideje folytatódó koncentrációját erősítheti tovább. Ha ugyanis csökken a különböző alkatrészekből összeszerelt egységek száma és rövidülnek az értékláncok, várhatóan az egy-egy komplex modulért felelősséget vállaló, kiemelkedő tőkeerejű, globális cégek piaci részesedése még tovább nő (Appelbaum, 2008). Olyan forgatókönyv is elképzelhető, miszerint a végtermékek gyártói házon belülré helyezik át az

¹⁴ A Boston Consulting (2015: 8. o.) számításai szerint, egy ipari automatizálási projekten belül az összes költség egyharmadát a rendszerintegráció költségei teszik ki (robotok programozása, gyártórendszerbe integrálása és üzembe helyezése).

¹⁵ A GE például házon belülré helyezte a repülőgépek motorjaiba épített tüzelőanyag-fűvókák gyártását (<http://www.ge.com/stories/advanced-manufacturing>). A 3D technológia segítségével a korábban 20 összehegesztett alkatrészből álló fűvókákat ma már egyben nyomtatják ki. A felhasznált anyagmennyiség így 25 %-kal csökkent, és az alkatrész tartóssága jelentősen (becslések szerint – Ford, 2014 – ötszörösére) nőtt. A GE az általa gyártott turbinák alkatrészeinek is kb. a felét ezzel a technológiával tervezi gyártani tíz éven belül (Ford, 2014: 12. o.)

¹⁶ Az értékláncok szereplői közötti kapcsolatok típusairól, vagyis a koordinációs mechanizmusokról lásd: Gereffi és szerzőtársai, 2005.

alkatrészek/részegységek gyártását, és függetlenednek bizonyos külső beszállítóktól (legalábbis csökkentik azok számát).

Az értékláncok szerkezetének várható változása természetesen az egyes termékek, iparágak jellegzetességeitől függően ellentétes irányú is lehet. Meghatározott termékek értékláncaiban szélsőséges mértékben decentralizálódhat a gyártás, a fogyasztók számos terméket maguk tervezhetnek és gyárthatnak (Gao és szerzőtársai, 2015). E forгатókönyv megvalósulására utalnak a 3D nyomtatók értékesítési adatai: 2014-ben 139500 kis méretű (személyi) 3D nyomtatót értékesítettek a világon, míg az eladott ipari 3D berendezések száma 12850 volt (Wohler's Report, 2015).

Ami a gyakorlati megfontolásokat illeti, mivel a 3D-technológia költségei jelenleg még jóval meghaladják a hagyományos gyártástechnológiáét, a technológia említett sajátosságaiból fakadó előnyök leginkább a kisszériás, vagy egyedi, komplex termékek esetében ígérnek a beruházások megtérülését: ezek elkészítésének költségei erőteljesen csökkennek. Vegyük észre, hogy ebbe a körbe tartoznak azok a termékek is,¹⁷ amelyek esetében a közvetlentőke-befektetők lokációs döntéseinek nyertesei a relatíve olcsó bérszintű, de tudásigényes termelési folyamatok pontos végrehajtására képes közép-európai országok (Artner, 2005). Komoly az esélye, hogy e termékek gyártása, már csak a szállítási költségek megtakarítása érdekében is máshová kerül. Nem a helyi munkaerő bére és képzettsége befolyásolja majd a gyártás helyszínét, hanem olyan tényezők, mint az adott értéklánc következő szakaszának földrajzi elhelyezkedése (ott érdemes gyártani majd ezeket a termékeket, ahol beépítik azokat a végtermékekbe), vagy – és még inkább – a végtermékek fő piacainak elhelyezkedése.

Korábban említettük, hogy a 3D technológia jelentékeny megtakarítást hoz a gyártáshoz szükséges költséges szerszámok területén. Ugyanakkor, magyarországi feldolgozóipari leányvállalatoknál készített interjúk tanúsága szerint, a helyi leányvállalatok feljebb lépése egyebek mellett sokszor abban nyilvánult meg, hogy a gyártó leányvállalat a szerszámkészítés felelősségét is elnyerte (Sass–Szalavetz, 2013; 2014; Szalavetz, 2013). Kérdés, hogy ezt a 3D-gyártás következtében átalakuló berendezés- és tudásigényű feladatkört hová telepítik majd az értékláncok koordinátorai.

¹⁷ Az egyedi / kisszériás komplex termékek köre természetesen ennél jóval szélesebb. Az additív gyártás technológiáját (is) felhasználó fő iparágak jelenleg az autóipar, gépipar, repülőgépgyártás és az orvosi műszerek, illetve gyógyászati eszközök iparágai. Fontos felhasználó továbbá az ékszeripar és a „divatipar”.

Más cégek esetében a funkcionális feljebb lépés egyes logisztikai és disztribúciós feladatkörök elnyerését jelentette. A funkcionális feljebb lépés egy további gyakori példája volt a szerviztevékenység leányvállalati felelősségi körbe kerülése. Az additív gyártás a fenti vállalati funkciók mindegyikének elhelyezkedését befolyásolhatja. Ha az additív technológia a gyártás decentralizációjához vezet (vö: mindent ott, akkor, olyat és annyit nyomtatnak majd, ahol, amikor, amire és amennyire szükség lesz), a logisztikai és a disztribúciós tevékenység jelentősége csökkenhet. A pótalkatrész-gyártás decentralizációja (Khajavi és szerzőtársai, 2014) ugyanakkor azt eredményezheti, hogy a gyártás mellett szervizre is szakosodott leányvállalatok további feladatköröket kapnak: az alkatrészgyártás 3D-berendezésének kezelését.

A 3D technológia méretgazdaságossági korlátokat csökkentő és a gyártás globális decentralizálódását előmozdító hatásának lehetnek árnyoldalai is. Egyfelől fontos megtakarítás, hogy meghatározott iparágakban így nem (kevésbé) lesz szükség nagy gyártócsarnokokra, ehhez kapcsolódóan layout-tervezésre; az anyagáram és a belső logisztika folyamatos fejlesztésére, módosítására; típusváltáskor új gyártószigetek tervezésére. Másfelől azonban, ezek a felsorolt kieső (megtakarított) tevékenységek tipikusan abba a körbe tartoznak, amelyeket a multinacionális vállalatok helyi feldolgozóipari leányvállalatainál a funkcionális feljebb lépés, a tudásigényes mérnöki feladatok elnyerésének példajaként hoztak fel az interjúk során (Sass – Szalavetz, 2013; Szalavetz, 2013). Hasonló a helyzet a kibernetikai rendszerek vívmányai tekintetében is. A termelésstervezés és –ütemezés algoritmizálása és optimalizálása; a technológiai paraméterek optimalizálását célzó termelésinformatikai rendszerek; a beszállítói hálózatok tervezésével és menedzselésével kapcsolatos döntéstámogatási rendszerek; az ember-gép interfésztechnológiák, stb., egyfelől páratlan mértékben növelik a hatékonyságot, másfelől azonban, ezek a rendszerek olyan mérnöki és menedzsmentfeladatokat vesznek át, amelyeket korábban, megfelelő képesség- és tudásfelhalmozást és leányvállalati feljebb lépést követően, a helyi szakemberek végeztek.

Mindezek fényében alapvető kérdés, hogy az új technológia elterjedésével „semmissé” válnak-e az eddigi feljebb lépési eredmények? Mennyire valószínű egy olyan forgatókönyv, amely szerint a helyi leányvállalatok elveszítik a korábban elnyert, a gyártásnál nagyobb fajlagos hozzáadott érték létrehozására képes tevékenységekre vonatkozó mandátumaikat? A másik oldalról azt is vizsgálnunk kell, hogy az i40-technológiák elterjedése milyen új, tudásigényes feladatköröket teremthet a beszállítóként – önállóan vagy multinacionális cégek leányvállalataként – a globális értékláncokba integrálódott hazai gazdasági szereplők számára.

A technológiai fejlődés egy további iránya, amely ugyan csak részlegesen függ össze az i40-technológiákkal, mindazonáltal a feldolgozóipari értékláncok szerkezetében az i40-technológiákhoz hasonló mélyreható szerkezeti változásokat eredményez a hozzáadott értéktermelésben, a tudásalapú támogató üzleti funkciók (pontosabban meghatározott kognitív feladatok) automatizálása (Lacity – Willcocks, 2015; Manyika és szerzőtársai, 2013). Az automatizálást olyan tudományos eredmények és technológiai vívmányok teszik lehetővé, amelyeket az i40-technológiák fejlesztéséhez is alkalmaznak: például mesterséges intelligencia és gépi tanulás. Olyan üzleti funkciók válnak gépesíthetővé, mint a könyvelés, bérszámfejtés és egyéb (például megrendeléskezeléssel, beszerzéssel kapcsolatos) adminisztráció, marketing és ügyfélkapcsolat-menedzsment, munkaerő kiválasztás, adatgyűjtés és –feldolgozás. Ezeket a tevékenységeket a multinacionális vállalatok szervezetén belül, jelenleg leginkább a megosztott szolgáltatóközpontokban végzik.

A közép-európai közvetlentőke-befektetéseket fogadó országokban a feljebb lépés gyakran abban nyilvánult meg, hogy a közvetlentőke-befektetők egy-egy üzleti folyamat globális, vagy regionális központját a helyi feldolgozóipari leányvállalatukhoz telepítették (Szalavetz, 2013a), vagy önálló magyarországi szolgáltatóközpontokat hoztak létre, amelyek tevékenysége idővel egyre tudásigényesebbé vált (Sass – Fifekova, 2011).

Stratégiai kérdés tehát, hogy a tudásalapú támogató tevékenységek automatizálása a hazai szereplők mandátumvesztésével (downgrading) jár-e, vagy ellenkezőleg: a helyi szolgáltatóközpontok a korábbiaknál tudásigényesebb tevékenységekre állnak át a gépesített rutinfeladatok helyett.

Következtetések és kitekintés

Egy későbbi empirikus kutatás bevezetőjeként, ez az írás arra vállalkozott, hogy magyarországi perspektívából áttekintse a negyedik ipari forradalomnak nevezett új technológiai trendek gazdasági hatásairól szóló viták néhány kérdését, és ezzel járuljon hozzá a vállalati interjúk során vizsgálandó témakörök kijelöléséhez.

Megállapítottuk, hogy a vitatott kérdések nagy része ma még eldönthetetlen: a gazdasági- és termelési növekedés, valamint a foglalkoztatás / munkaerőpiac várható alakulását taglaló optimista és a pesszimista forgatókönyvek mellett egyaránt megalapozott érvek szólnak. Mindazonáltal, a legvalószínűbb, hogy mindegyik forgatókönyv megvalósul: mégpedig az intézményrendszernek, különösen az oktatási rendszernek és a helyi munkaerőnek a minőségétől, továbbá a kiinduló tevékenységszerkezettől, iparági összetételtől

és az értékláncokban elfoglalt pozíciótól, valamint a gazdaságpolitikai beavatkozások hatékonyságától függően, egyes országokban az optimista forgatókönyvek (gazdasági- és termelékenységemelkedés, új munkahelyek), másutt pedig a pesszimisták.

Az i40-technológiák hatására végbemenő földrajzi átrendeződés magyarországi egyenlegét még kevésbé lehet ma előre látni. A nyitott kérdések és az egyes forgatókönyvek megvalósulását befolyásoló tényezők elméleti feltérképezését követően, empirikus kutatásunk során így a következő témaköröket helyezzük nagyító alá.

Megvizsgáljuk, hogy a vizsgált vállalatok tapasztalatai és az i40 megoldások szállítóinak megítélése alapján, milyen kép rajzolódik ki e technológiák magyarországi alkalmazásáról és elterjedéséről. Rákérdezzük, hogy milyen tevékenységi körökben, milyen változásokkal járt az egyes megoldások meghonosítása. Hoztak-e az i40-technológiák változást a leányvállalati szervezetben, illetve a leányvállalat külső és a multinacionális vállalat belüli kapcsolatrendszerében? Milyen képességeket és tevékenységeket tesznek / tettek az új technológiák feleslegessé, és milyen újakat igényelnek? Változott-e az új technológiák bevezetését követően a leányvállalat feladatköre, semmissé váltak-e korábbi feljebb lépési eredmények (ha igen, milyen területeken), vagy ellenkezőleg: az i40-megoldások pótlólagos feljebb lépési lehetőségeket nyitottak meg?

Hivatkozások

Acemoglu, D. – Dorn, D. – Hanson, G.H. – Price, B. [2014]: Return of the Solow paradox? IT, productivity, and employment in US manufacturing. NBER Working Papers, No. 19837, National Bureau of Economic Research.

Acemoglu, D. – Restrepo, P. [2015]: The Race Between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment. Kézirat, <http://pascual.scripts.mit.edu/research/02/ManVsMachine.pdf>

*Appelbaum, R.P. [2008]: Giant transnational contractors in East Asia: Emergent trends in global supply chains. *Competition & Change*, Vol. 12., No. 1. 69–87.o.*

*Artner, A. (2005). Production technology and competitiveness in the Hungarian manufacturing industry. *Acta Oeconomica*, Vol. 55., No. 3., 317–340. o.*

*Autor, D.H. [2015]: Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 29., No. 3. 3–30. o.*

Baldwin, R.E. [2012]: *Global supply chains: Why they emerged, why they matter, and where they are going*. CEPR Discussion Paper No. DP9103, <http://ssrn.com/abstract=2153484>

Baldwin, C. Y. – Clark, K. B. [1997]: Managing in an age of modularity. *Harvard Business Review*, Vol. 75., No. 5., 68–77. o.

Bauer, W. – Schlund, S. – Marrenbach, D. – Ganschar, O. [2014]: Industrie 4.0–Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. *BITKOM und Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation*.

<https://www.bitkom.org/Publikationen/2014/Studien/Studie-Industrie-4-0-Volkswirtschaftliches-Potenzial-fuer-Deutschland/Studie-Industrie-40.pdf>

Baumers, M. – Dickens, P. – Tuck, C. – Hague, R. [2016]: The cost of additive manufacturing: machine productivity, economies of scale and technology-push. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 102., 193–201. o.

Baur, C. – Wee, D. [2015]: Manufacturing's next act. McKinsey, <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>

BCG Perspectives [2015]: Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.

https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries

Benzell, S.G. – Kotlikoff, L.J. – LaGarda, G. – Sachs, J.D. [2015]: *Robots are us: Some economics of human replacement*. NBER Working Papers, No. 20941. National Bureau of Economic Research.

Bermann, B. [2012]: 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, Vol. 55., No. 2., 155–162. o.

Bharadwaj, A. – El Sawy, O. A. – Pavlou, P. A. – Venkatraman, N. [2013]: Digital business strategy: toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, Vol. 37., No. 2., 471–482. o.

Bohács, G. – Haidegger, G. – Monostori, J. [2016]: Az ipar 4.0 logisztikai kihívásai és lehetőségei. *Logisztikai Híradó*, 26. évf., 1. szám, 41–44. o.

Bonin, H. – Gregory, T. – Zierahn, U. [2015]: *Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland*. ZEW Kurzexpertise, No. 57., Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Boston Consulting [2015]: *The robotics revolution: The next great leap in manufacturing*. http://www.automationsmaland.se/dokument/BCG_The_Robotics_Revolution_Sep_2015.pdf

Bradley, J. – Barbier, J. – Handler, D. [2013]: Embracing the Internet of everything to capture your share of \$14.4 trillion. *White Paper, Cisco*, http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoE_Economy.pdf

Brettel, M. – Friederichsen, N. – Keller, M. – Rosenberg, M. [2014]: How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, Vol. 8., No. 1., 37–44. o.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. [2014]: *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York and London: WW Norton & Company.

Bughin, J. [2016]: Big data, Big bang? *Journal of Big Data*, Vol. 3., No. 1., 1–14. o.

Bughin, J. [2015]: Big data: getting a better read on performance. McKinsey, <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/big-data-getting-a-better-read-on-performance?cid=other-eml-alt-mkq-mck-oth-1602>

Burmeister, C. – Luetgens, D. – Piller, F.T. [2015]: Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the “Industrial Internet” Mandates a New Perspective on Innovation. *RWTH-TIM Working Paper*, Aachen: RWTH, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2571033>

Campbell, T. – Williams, C. – Ivanova, O. – Garrett, B. [2011]: Could 3D printing change the world? *Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing*. Atlantic Council, Washington, DC.

Capgemini [2015]: The digital advantage. How digital leaders outperform their peers in every industry. <https://www.capgemini-consulting.com/the-digital-advantage>

Chui, M. – Manyika, J. – Miremadi, M. [2015]: Four fundamentals of workplace automation. <http://www.mckinsey.com/business-functions/business-technology/our-insights/four-fundamentals-of-workplace-automation>

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

Economist [2016]: Call centres. The end of the line. February, 6th.

Fitzgerald, M. – Kruschwitz, N. – Bonnet, D. – Welch, M. [2013]: *Embracing Digital Technology: A new strategic imperative*. MIT Sloan Management Review Research Report, MIT

Ford, S.L. [2014]: Additive Manufacturing Technology: Potential Implications for US Manufacturing Competitiveness. *Journal of International Commerce and Economics*, September, <http://ssrn.com/abstract=2501065>

Frey, C. B. – Osborne, M.A. [2013]: The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?

http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

Gao, W. – Zhang, Y. – Ramanujan, D. – Ramani, K. – Chen, Y. – Williams, C. B. – Wang, C.C.L. – Shin, Y.C. – Zhang, S. – Zavattieri, P. D. [2015]: The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. *Computer-Aided Design*, Vol. 69., 65–89. o.

Gereffi, G. – Humphrey, J. – Sturgeon, T. [2005]: The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, Vol. 12., No. 1., 78–104. o.

Gordon, R. J. [2014]: *The demise of US economic growth: Restatement, rebuttal, and reflections*. National Bureau of Economic Research Working Papers, No. 19895.

Graetz, G. – Michaels, G. [2015]: *Robots at work*. CEP Discussion Papers, No. 1335. London: Centre for Economic Performance

Humphrey, J. – Schmitz, H. [2002]: How does insertion into global value chains affect upgrading in industrial clusters? *Regional Studies*, Vol. 36., No. 9., 1017–1027. o.

Hunya, G. [2015]: Mapping flows and patterns of foreign direct investment in Central and Eastern Europe, Greece and Portugal during the crisis. In: Galgóczi, B. – Drahekoupil, J. – Bernaciak, M. (eds.) *Foreign investment in eastern and southern Europe after 2008*. Still a lever of growth? Brussels: ETUI, 37–69. o.

Ilie-Zudor, E. – Ekárt, A. – Kemény, Z. – Buckingham, C. – Welch, P. – Monostori, L. [2015]: Advanced predictive-analysis-based decision support for collaborative logistics networks. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 20., No. 4., 369–388. o.

IFR [2013]: *Positive Impact of Industrial Robotics on Employment*. International Federation of Robotics, London: Metra Martech Ltd., http://www.ifr.org/uploads/media/Update_Study_Robot_creates_Jobs_2013.pdf

- 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. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf*
- Kindström, D. – Kowalkowski, C. [2015]: Service-Driven Business Model Innovation: Organizing the Shift from a Product-based to a Service-centric Business Model. In: Foss, N.J. – Saebi, T. (Eds.) Business Model Innovation. The Organizational Dimension. Oxford: OUP, pp. 191–216.*
- Khajavi, S. H. – Partanen, J. – Holmström, J. [2014]: Additive manufacturing in the spare parts supply chain. *Computers in industry*, Vol. 65., No. 1., 50–63. o.*
- Lacity, M. – Willcocks, L. [2015]: Robotic Process Automation: The Next Transformation Lever for Shared Services. London School of Economics Outsourcing Unit Working Papers, No. 7. London, LSE*
- Lanz, R. – Miroudot, S. – Nordås, H. [2011]: Trade in tasks. OECD Trade Policy working Papers, No. 117, Paris: OECD Publishing.*
- MacCormack, A. – Baldwin, C. – Rusnak, J. [2012]: Exploring the duality between product and organizational architectures: A test of the “mirroring” hypothesis. *Research Policy*, Vol. 41., No. 8., 1309–1324. 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. New York: McKinsey Global Institute*
- Millward S. [2016]: Foxconn axes 60,000 jobs in one Chinese factory as robots take over. <https://www.techinasia.com/foxconn-robots-china-job-losses>*
- Mohr, S. – Khan, O. [2015]: 3D Printing and Its Disruptive Impacts on Supply Chains of the Future. *Technology Innovation Management Review*, Vol. 5., No. 11., 20–25. o.*
- Monostori, L. (2015). Cyber-physical production systems: roots from manufacturing science and technology. *at-Automatisierungstechnik*, Vol. 63., No. 10., 766–776. o.*
- Mokyr, J. [2014]: Secular stagnation? Not in your life. In: Teulings – Baldwin (Eds.), pp. 83–90.*

- Petrick, I.J. – Simpson, T. W.* [2013]: 3D printing disrupts manufacturing: how economies of one create new rules of competition. *Research-Technology Management*, Vol. 56., No. 6., 12–16. o.
- Pitti, Z.* [2010]: *Gazdasági teljesítmények kontra társadalmi elvárások*. Budapest: Napvilág Kiadó
- Popescu, G.H.* [2014]: FDI and Economic Growth in Central and Eastern Europe. *Sustainability*, Vol. 6., No. 11., 8149–8163. o.
- Porter, M.E. – Heppelmann, J.E.* [2014]: How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, Vol. 92., November, 64–88. o.
- Porter, M.E. – Heppelmann, J.E.* [2015]: How smart, connected products are transforming companies. *Harvard Business Review*, Vol. 93., October, 96–114. o.
- Ricz, J.* [2015]: *Fejlesztő állam – Egy letűnt világ nyomában (?)* VKI Műhelytanulmányok, 108. szám, http://real.mtak.hu/23649/1/RiczJ_MT_108.pdf
- Sachs, J. D. – Benzell, S.G. – LaGarda, G.* [2015]: *Robots: Curse or Blessing? A Basic Framework*. National Bureau of Economic Research Working Papers, No. 21091.
- Sanchez, R. – Mahoney, J.T.* [1996]: Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. *Strategic Management Journal*, Vol. 17., No. S2., 63–76. o.
- Sass, M. – Fifekova, M.* [2011]: Offshoring and outsourcing business services to Central and Eastern Europe: Some Empirical and Conceptual Considerations. *European Planning Studies*, Vol. 19., No. 9. 1593–1609. o.
- Sass, M. – Szalavetz, A.* [2014]: R&D-based integration and upgrading in Hungary. *Acta Oeconomica*, Vol. 64., Special Issue: Post-Socialist Transition in a 25-Year Perspective, 153–180. o.
- Sass, M. – Szalavetz, A.* [2013]: Crisis and upgrading: The case of the Hungarian automotive and electronics sectors. *Europe-Asia Studies*, Vol. 65., No. 3., 489-507. o.
- Schuh, A.* [2013]: Central and Eastern Europe After the Boom: Time for a Strategy Change for Foreign Multinational Companies? *Central European Business Review*, Vol. 2., No. 2. 25–30. o.
- Solow, R.* [1987]: We'd Better Watch Out. *New York Times Book Review*, July 12th, 36. o.

- Strategic Policy Forum* [2015]: *Digital Transformation of European Industry and Enterprises*. Report by the Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship, http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=8188&lang=en&title=%27Digital-Transformation-of-European-Industry-and-Enterprises%27-%E2%80%93-report-from-the-Strategic-Policy-Forum-on-Digital-Entrepreneurship
- Summers, L. H.* [2014]: US economic prospects: Secular stagnation, hysteresis, and the zero lower bound. *Business Economics*, Vol. 49., No. 2., 65–73. o.
- Szalavetz, A.* [2016]: Post-crisis developments in global value chains: Example of foreign investors' Hungarian subsidiaries. IWE Working Papers, No. 219.
- Szalavetz, A.* [2013]: Feljebb lépés a multinacionális vállalatok globális értékláncain belül – a hazai leányvállalatok tapasztalatai. *Külgazdaság*, 57. évf. 1-2 szám
- Szalavetz, A.* [2013a]: Szolgáltatásjellegű vállalati tevékenységek fogoly típusú kiszervezése – funkcionális feljebb lépés a hazai feldolgozóipari leányvállalatok szemszögéből. *Külgazdaság*, 57. évf. 5-6 szám, 35-61. o.
- Szalavetz, A.* [2011]: Innovációvezérelt növekedés? *Közgazdasági Szemle*, 58. évf., 5. szám, 460–476. 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.
- Teece, D. J.* [2010]: Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, Vol. 43., No. 2., 172–194. o.
- Teulings, C. – Baldwin, R.* [2014]: *Secular stagnation: Facts, causes and cures*. London: CEPR
- Van Ark, B. – O'Mahony, M. – Timmer, M. P.* [2008]: The productivity gap between Europe and the United States: trends and causes. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 22., No. 1., 25-44. o.
- Váncza, J. – Monostori, L. – Lutters, D. – Kumara, S. R. – Tseng, M. – Valckenaers, P. – Van Brussel, H.* [2011]: Cooperative and responsive manufacturing enterprises. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 60., No. 2. 797–820. o.

WEF [2016]: *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Geneva, Beijing, New York: World Economic Forum.