

Az ipar 4.0 területi összefüggései a robotizáció tükrében: milyen hatásai lehetnek a folyamatnak Magyarországon?

NAGY CSONGOR - MOLNÁR ERNŐ

Absztrakt

Korunk szerteágazó technológiai fejlődése, mindenekelőtt a digitalizáció kiteljesedése, az ipar térszerkezetében is markáns változások ígérését hordozza. E már létező és potenciális területi összefüggések áttekintése ezen írás elsődleges célja, hazánk nézőpontjából. A nemzetközi és hazai szakirodalom áttekintése során rámutatunk, hogy az ipar 4.0 az értékláncok szerkezetében jelentős változásokat eredményezhet, és számos földrajzi adottságot is átértékelhet, amiből egyelőre inkább csak elméleti szinten vannak le - sokszor egymásnak ellentmondó - következtetéseket a kutatók. A téma összetettsége indokolta tette, hogy részletes vizsgálatainkat az ipar 4.0 gerincét képező kiberfizikai termelési rendszerek alapköveit jelentő robotokra fókuszáljuk. A robotizáció nemzetközi kontextusában erős ágazati (mindenekelőtt autóiipari) koncentrálttság mellett Magyarország nemzetközi pozícióját középerősnek és gyarapodónak, a kelet-közép-európai félperiférián belül inkább előnyösnek és kívülről meghatározottnak találtuk, amit robotikai háttérpari adatgyűjtésünk is alátámaszt. A hazai térszerkezet vizsgálatára tett kísérletünk - a várakozásokkal összhangban - a külföldről vezérelt újraparosodásban inkább érintett térségek dominanciájára utal.

Kulcsszavak

ipar 4.0, negyedik ipari forradalom, robotizáció, globális gazdaság

Bevezetés, problémafelvetés

Az ipar 4.0¹ a negyedik ipari forradalom koncepciójából eredő elnevezés, mely látványos karriert látszik befutni napjaink Magyarországon is. A névhasználat utal arra, hogy a folyamatból sokan olyan alapvető változásokat várnak, mint a korábbi, gőzgép, elektromosság és infokommunikációs technológiák által meghatározott ipari forradalmaktól (Schrauf - Berttram 2016). A minősítéssel kapcsolatban azonban indokolt némi óvatosság. Egyrészt, bár a jelenleg zajló változásokban akadnak minőségi elemek is, azokat nem csekély mértékben már meglévő

technológiákhoz kapcsolódó mennyiségi jellegű változások (ipari robotok gyarapodása, termelő rendszerek összekapcsoltságának erősödése, tömeges testreszabás terjedése, szolgáltatáscsomagokkal kiegészülő termékek) határozzák meg (Szalavetz 2016a). Az innovációk jelentős része fokozatosan, a meglévő kompetenciák bázisán épül be a létező gyakorlatokba, ami sokkal inkább az átalakulás kontinuos jellegét, mint a radikális korszakváltást sugallja (Greffier - Mercier 2015). Másrészt, a „forradalmi” átalakulás - a korábbiakkal ellentétben - nem egyetlen jól körülhatárolható technológián, hanem egymással összekapcsolódó, rendszerbe szerveződő innovációkon

¹ Hasonló értelemben használják még az advanced manufacturing (fejlett gyártás), illetve - sensu lato - az IIOT (ipari internet), a smart factories (okos gyárak) és a kiberfizikai termelési rendszerek (CPPS) fogalmakat is.

alapul. A Boston Consulting Group (BCG) tanulmánya kilenc elemet - autonóm ipari robotok, additív gyártás, szimuláció, kiterjesztett valóság, horizontális és vertikális rendszerintegráció, dolgok ipari internete, kiberbiztonság, felhő-alapú szolgáltatások, illetve nagy adathalmazal dolgozó big data-módszerek - nevez meg az ipar 4.0 alapjaként (Rüssmann et al. 2015, Kovács 2017). Részben ez a sokféleség is magyarázza, hogy - bizonyos megközelítések szerint - az ipar 4.0 lényege nem is az egyes technológiákban, hanem az összekapcsolt alkalmazások által kínált új szervezeti és üzleti modellek kialakításának lehetőségében keresendő (Szalavetz 2016b).

Függetlenül attól, hogy forradalomnak minősítjük, avagy sem, az ipar 4.0 újításainak hatása jó eséllyel megjelenik a termelési folyamatokban, a termékekben, illetve a gazdaság szerveződésének alapjává vált, egymásra épülő értékteremtési lépéseket és sokszor különböző vállalkozásokat integráló értékláncok koordinációjában. A termelési folyamatok esetében a rugalmasság növekedése, az anyag-, energia- és munkaerő-megtakarítás, a kapacitások növekvő kihasználtsága, illetve az emelkedő termelékenység kerül kidomborításra. Termékek vonatkozásában a termékminőség javulása és a termékekhez kapcsolódó szolgáltatások bővülése, az üzleti modellek átalakulása, az egyénre szabott fogyasztóorientált megoldások, a „termék, mint szolgáltatás” koncepció terjedése említhető meg (Porter - Heppelmann 2014, Szalavetz 2016a, 2016b). A technológiai feltételek átalakulásával változnak a belépési korlátok és átértékelődik a méretgazdaságosság fogalma. A számítógépek összekapcsolásával létrehozott felhőalapú szolgáltatások például olyan szoftvert és infrastruktúrát biztosítanak (Armburst et al. 2010), melyek igénybevételével elkerülhetők a költséges saját beruházások, jobb összesített kihasználtság, nagyobb rugalmasság érhető el, kisebb tőkeerővel rendelkező szereplők számára is hozzáférhetővé téve e lehetőségeket.

Fontos előrevetített következménye e változásoknak az értékláncok átalakuló felépítése. Egyrészt, egyes technológiai változások - például a digitális modell alapján, munkadarabokat határozatlan geometriájú anyagból vagy egyszerű alakú testekből (huzal, fólia) rétegről rétegre felépítő, több elemből álló alkatrészeket egyben is elkészíteni képes additív gyártás (3D nyomtatás) - nyomán a korábbi alkatrész- és szerszámgyártók egy része feleslegessé válhat (Campbell et al. 2011, Khajavi et al. 2014), az értékláncokat alkotó szereplők száma csökkenhet. Másrészt, megnövekszik az értékláncok fogyasztó fe-

lői oldalának jelentősége, amit részben a rugalmas termelés növekvő fogyasztóorientáltsága, részben a kínált termékek szolgáltatáscsomagokká történő átalakulása erősít. Harmadrészt, az értéklánc egészét integráló infokommunikációs rendszerek a koordináció tökéletesedését, a döntéshozás koncentrálódását (Schrauf - Bertram 2016) eredményezhetik. Ha elfogadjuk az értékláncok koordinációs mechanizmusainak információk bonyolultságától, kódolhatóságától és beszállítók képességeitől függő eltéréseit (Gereffi et al. 2005), akkor könnyű belátni, hogy e struktúrák jelentős átalakulás előtt állhatnak. Az értékláncok mentén a gyártást támogató funkciók erősebben fonódhatnak össze a gyártással (e támogató funkciók térben is a termelés telephelyeire települnek). Ez optimista olvasatban az érintett szereplők funkcionális feljebb lépését, nagyobb hozzáadott értéket képviselő, tudásigényesebb tevékenységek felé történő mozdulását, pesszimista megközelítésben a gyártástámogató funkciók leértékelődését, az értékláncon belüli kitüntetett pozíciót biztosító szerepek körének szűkülését, és általában a hozzáadott érték értékláncon belüli megoszlásának átrendeződését, az ún. mosolygörbe szerkezetének „kád” alakúvá válását eredményezheti (Szalavetz 2016b).

A gazdaságföldrajzos számára különös jelentőséggel bírnak a *technológiai változások területi hatásai*. Egyes megközelítések szerint, a fogyasztó-központú, belépési korlátok és méretgazdaságosság szerepét leértékelő rugalmas termelés (sőt, „tömeges egyéniesítés” vagy „mass customization”), mely sok területen a humán erőforrások szerepét újraértelmező robotok közreműködésével operáló kiberfizikai rendszerek keretében valósul meg, térben a mainál *dekoncentráltabb* lehet, a nagy globális gyártó platformok - mindenekelőtt Kína - hegemoniájának mérséklődését eredményezheti. A technológiai fejlődés miatt fellépő *költség- és időkompresszió* leértékeli a munkaerőköltségek földrajzi különbségeinek szerepét, és egyben növeli a szállítási idők és költségek csökkentésének fontosságát, így végső soron a gyártási folyamat és az egész *értéklánc térbeli koncentrációjához* is vezethet, terméktől függően az erőforrások vagy a fogyasztók közelében. A telepítő tényezők fontosságának átértékelődése a korábbi *gyártáskiszervezési tendenciák visszafordulását*, az értékláncok (térben tagolt termelési rendszerek) földrajzi kiterjedésének zsugorodását, a korábbi befogadó térségek *funkcionális feljebb lépési eredményeinek semmissé válását* is okozhatja (Khajavi et al. 2014, Szalavetz 2016a, 2016b). Nem szükséges külön hangsúlyozni, hogy milyen fontos e fejlemény a globális félperiféria, így *Kelet-Közép-Európa* (és benne Magyarország) számára,

ahol a külföldi működőtőke-befektetésekre alapozott exportorientált gazdaságfejlesztési modell a globális értéktermelési hálózatok *ipari tevékenységeinek* nagyarányú megtelepülését és így a szektor európai átlagot jócskán meghaladó *értékteremtő és foglalkoztató szerepét* eredményezte az elmúlt évtizedekben (Stehrer - Stöllinger 2015).

Nem kevésbé érdekes kihívás a negyedik ipari forradalom *nemzetgazdaságokon belüli területi hatásainak* kutatása. A szekunder szektor modernizációs szerepe ugyanis a duális - külföldi, tőkeerős, versenyképes, exportorientált nagyvállalatok, illetve a hazai tőkeszegény, komoly versenyképességi deficittel küzdő, belföldi piacra termelő kis- és középvállalatok kettősségével fémjelzhető - gazdaságokban jelentős *regionális differenciáló hatással* párosult (Lux 2017). A globális értékláncokon belüli funkcionális feljebb lépés igényének minőségi telepítő tényezőket előtérbe toló hatása felértékeli a *lokalizációs típusú agglomerációs előnyöket* kínáló iparági koncentrációk jelentőségét (Porter - Ketels 2010, De Marchi - Di Maria - Gereffi 2018). Ez egyrészt a téma kutatásában (ld. például Buzás 2000, Grosz 2000, Sass - Szanyi 2009, Vas et al 2015, Juhász - Lengyel 2016 írásait egyes hazai ipari klaszterekről vagy Rechnitzer 2014 publikációját a legnagyobb „falatnak” számító győri járműipari körzetről), másrészt a klaszteralapú gazdaságfejlesztési politika adaptációs kísérletében Magyarországon is tetten érhető. Releváns kutatási kérdésnek tűnik annak feltárása, hogy miközben a *félperiféria globális munkamegosztásban* játszott szerepe várhatóan összességében is változik, miként hatnak e folyamatok a régió *belüli területi különbségek* alakulására, az ipari körzeteknek, klasztereknek tulajdonított versenyelőnyök működésére, illetve általában rontják vagy javítják az *ipari alapú felzárkózás esélyeit*?

Jelen írásunkat egy hosszabb, a *negyedik ipari forradalom területi hatásait* vizsgáló kutatás kezdő lépésének szánjuk. Cikkünkben a változások egyik jellegadó elemére, a *robotizáció folyamatára* összpontosítunk: megközelítésünk oka, hogy az ipar 4.0 korszakára jellemző, ún. *kiberfizikai termelési rendszerek alapkövét* az egyre több feladatra alkalmassá váló, hálózatba kapcsolt autonóm ipari robotok jelentik (Monostori 2015, Rüssmann et al. 2015). A kiberfizikai termelési rendszerek elterjedésére vonatkozó becslésekkel (Szalavetz 2016a) szemben ráadásul, az ipari robotok alkalmazása adatokkal jobban megragadható. (1) Hol helyezkedik el az (újra)iparosodó globális félperiféria ipari termelő gazdaságaként beazo-

nosítható Magyarország a robotizáció folyamatában? (2) Milyen potenciális hatások köthetők a robotizációhoz a hazai ipar nemzetközi munkamegosztásba kapcsolódása, illetve térszerkezete kapcsán: várható-e újabb térbeli struktúraváltás, kaphat-e jelentősebb szerepet a rendszerváltás után marginális szerepet játszó kelet-magyarországi periféria a jövőben? (3) Milyen, háttérpar fejlődésében megragadható járulékos hatásokat generál a robotizáció Magyarországon? E *három gondolatkörre* fókuszál *másodlagos információforrásokra* épülő írásunk. A téma kibontakozóban lévő szakirodalma (beleértve a tanácsadó cégekhez, gazdaságfejlesztő intézményekhez kötődő tanulmányokat) mellett sajtóanyagokkal, ágazati dokumentumokkal dolgoztunk. Felhasználtuk a Nemzetközi Robotikai Szövetség (IFR) hozzáférhető adatait, a robotizáció ágazati összefüggéseinek bemutatása során a Nemzetközi Kereskedelmi Központ, valamint a Központi Statisztikai Hivatal adatait elemeztük. A háttérpar feltérképezése a releváns szakmai kezdeményezések (például Nemzeti Technológiai Platform), illetve az érintett vállalatok honlapjainak felhasználásával történt, a beazonosított szereplők néhány adatát a Creditreform céginformációs adatbázisából kérdeztük le. Tisztában vagyunk azzal, hogy a probléma mélyrétegeinek feltárása kvalitatív kutatási módszereket igényel: írásunk célja ugyanakkor nemcsak későbbi terepi vizsgálataink elméleti-módszertani megalapozása, hanem az is, hogy a probléma megfogalmazásával és a kutatói érdeklődés felkeltésével a *hazai gazdaságföldrajzi diskurzus részévé* tegyük a témát.

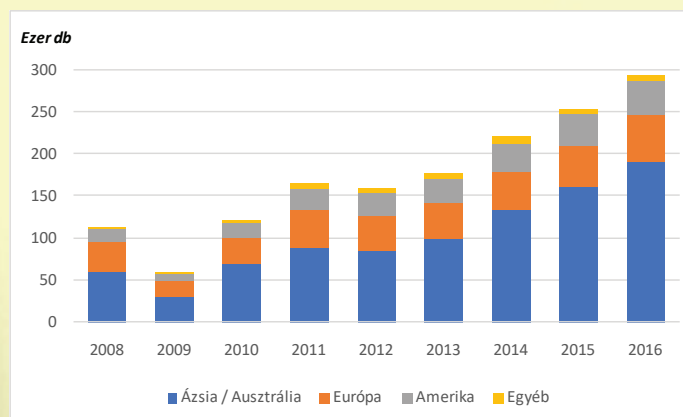
Magyarország az ipar robotizációjának globális folyamatában

Az ipari robotok automatikusan irányított, újraprogramozható, több célra is alkalmas, eltérő szabadságfokokkal rendelkező, ipari műveleteket végző eszközök, melyek lehetnek helyhez kötöttek vagy mobilak (Wallén 2008). A termelés automatizálása, és ezzel összefüggésben az *ipari robotok alkalmazása* nem új keletű jelenség a globális gazdaságban, hiszen az első ipari robotot az *Amerikai Egyesült Államokban* 1959-ben fejlesztették ki. A(z) Unimation cég által forgalmazott termék széleskörű igényfelmérésen alapult, és a később is legmeghatározóbb ágazatban, az autóiparban (GM) került először alkalmazásra. Az 1960-as évek végétől a fejlesztések terén

egyenrangú szereplővé vált Európa (elsősorban a germán országok) és Japán is. Az első numerikusan irányított (NC) robotot például a svéd Asea (később ABB) fejlesztette ki (IFR 2018, Wallén 2008). S bár az 1980-as években telítődött az egyszerű alkalmazások piaca, az ipari robotok felhasználásának növekedése átmenetileg megállt - az összeszerelő műveletek nehéz robotizálhatósága miatt - az 1990-es években újabb látványos gyarapodás vette kezdetét. Ennek fontos feltétele volt az ipari robotok fejlődése: a legegyszerűbb első generációs szerkezetek mellett megjelentek a környezeti változásokat érzékelni képes, szenzorokkal rendelkező második generációs, illetve a tanulási képességgel bíró, mesterséges intelligenciával felszerelt harmadik generációs robotok is (Pintér 2011).

Fontos fejlődési irány az ember-robot együttműködések (IFR 2018) finomítása (kobotok) és a robotok rendszerbe kapcsolása. A műveletek algoritmizálhatóságának nehézsége elsősorban (1) a manipulációs és észlelési, (2) a kreatív intelligenciát igénylő, illetve (3) a szociális intelligenciát igénylő feladatok esetében teszi nehézkesé az emberi munkaerő kiváltását (Chui et al. 2016, Tóth et al. 2016). A hosszabb távon növekvő teljesítményekhez csökkenő fajlagos árak társulnak: csak 1990 és 2007 között az ipari műveleteket végző robotok ára a felére, minőséget is figyelembe véve az ötödére csökkent. Alkalmazásuk hozzájárul a versenyképesség növekedéséhez: a robotok a gazdasági növekedés tizedéért voltak felelősek az elmúlt években (Graetz - Michaels 2015).

A Nemzetközi Robotikai Szövetség (IFR) adatai alapján, a globális gazdasági válság kipattanását megelőző években (2005-2008), éves átlagban 115 ezer robotot értékesítettek világszerte, mely 2016-ra közel 295 ezer darabra emelkedett. Az új értékesítések súlypontja Ázsia felé látszik tolni: a feltörekvő kontinens részesedése 2008-2016 között 53%-ról 65%-ra növekedett, és míg az amerikai kontinens súlya folyamatosan 15% körül alakult, Európa súlya 30% feletti értékről 20% alá csökkent (1. ábra). 2016-ban a világ három legnagyobb robotfelvevő piaca ázsiai, azonban az erőviszonyok e tekintetben is módosultak: 2013-tól Kína a világ legnagyobb szereplője, akit jókora lemaradással Dél-Korea, majd Japán követ.



1. ábra: Ipari robot-eladások a világon (2008-2016, ezer db)

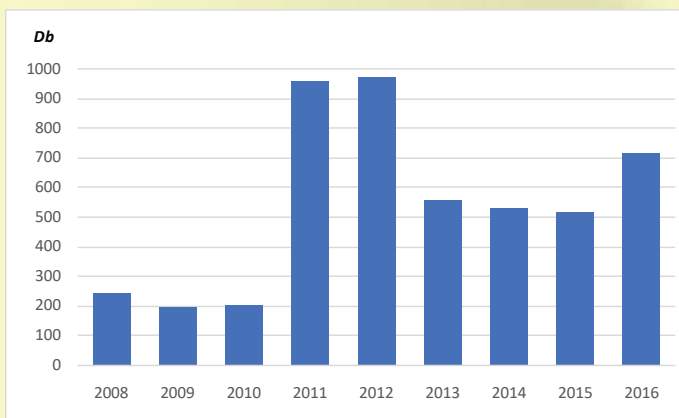
Forrás: IFR 2017 adatai alapján a szerzők szerkesztése

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Amerika	38 134	41 295	48 000	50 900	58 200	73 300
USA	27 504	31 404	36 000	38 000	45 000	55 000
Kanada	3 474	2 334	3 500	4 500	3 000	5 000
Mexikó	5 466	5 933	6 500	6 000	7 000	9 000
Brazília	1 407	1 207	1 500	1 800	2 500	3 500
Ázsia / Ausztrália	160 558	190 542	230 300	256 550	296 000	354 400
Kína	68 556	87 000	115 000	140 000	170 000	210 000
Dél-Korea	38 285	41 373	43 500	42 000	44 000	50 000
Japán	35 023	38 586	42 000	44 000	45 000	48 000
Tajvan	7 200	7 569	9 000	9 500	12 000	14 000
India	2 065	2 627	3 000	3 500	5 000	6 000
Thaiföld	2 556	2 646	3 000	3 500	4 000	5 000
Európa	50 073	56 043	61 200	63 950	70 750	82 600
Németország	19 945	20 039	21 000	21 500	23 500	25 000
Franciaország	3 045	4 232	4 700	4 500	5 000	6 000
Spanyolország	3 766	3 919	4 300	4 600	5 100	6 500
Olaszország	6 657	6 465	7 100	7 000	7 500	8 500
Nagy-Britannia	1 645	1 787	1 900	2 000	2 300	2 500
Közép/Kelet-Európa	6 136	7 758	9 900	11 750	13 900	17 500
Afrika	348	879	800	850	950	1 200
Összesen	253 748	294 312	346 800	379 250	433 900	520 900

1. táblázat: Megvalósult és prognosztizált ipari robot-eladások a világon (db); forrás: IFR 2017

A TOP-5 negyedik helyezettje az USA, ötödikje Németország volt 2016-ban. Ázsiában a fentiekén kívül a tajvani, Amerikában a mexikói, míg Európában az olasz (francia és spanyol) piac számított jelentősebbnek. *Kelet- és Közép-Európát* együtt kezelik az iparirobot-statisztikák: a térségben a roboteladások száma 2016-ban már az Európában második legnagyobb olasz piacot is felülmúlta. Kínához hasonló ütemű bővülést várnak a következő években, mellyel Európán belül a régió jelentős súlynövekedését valószínűsítik (1. táblázat).

Magyarországon 2008 és 2016 között az ipari robotok eladásai komoly ingadozásokat mutattak (2. ábra): előbb 200 db körül alakult az éves értékesítés, majd 2011-2012-ben megközelítette az évi 1000 db-ot. Az átmeneti kiugrást követően 500-600 db között változott (2016-ban lépte túl a 700 db-ot). Ez utóbbi érték, ha Nagy-Britannia (1787 db) vagy Brazília (1207 db) adataihoz hasonlítjuk, nem is tűnik jelentéktelennek (IFR 2017, Ráski 2018).



2. ábra: Ipari robot-eladások Magyarországon (2008-2016, db)

Forrás: IFR 2017 adatai alapján a szerzők szerkesztése

2008 és 2016 között a világon működő ipari robotok száma 1,035 millió darabról 1,828 millió darabra növekedett: ez tízezer alkalmazottra számítva 74 db robotnak felelt meg a világ feldolgozóiparában (az európai átlag ugyanekkor 99 db volt). A leginkább robotizált ország 2009-ig Japán volt (2016-ban 303 db), de előbb Dél-Korea (631 db), majd Szingapúr (488 db) és Németország (309 db) is megelőzte (IFR 2017). Figyelemre méltó a kelet-közép-európai országok eltérő pozíciója: míg a tízezer alkalmazottra jutó ipari robotok száma Szlovákiában (135 db) és Csehországban (101 db) mind a globális, mind az európai átlagot felülmúlta, addig Magyarországon (57 db) és Lengyelországban (32 db) alacsonyabb értékek voltak jellemzők (Ráski 2018). Kínában egyébként 2016-ra az ipari robotok tízezer alkalmazottra jutó száma 68

db-ra növekedett, tehát magasabb volt, mint a magyar vagy a lengyel érték (IFR 2017): mindez egyre inkább elmentmond az olcsó munkaerőre épülő kínai gazdasággal kapcsolatos sztereotípiáknak. 2016-ban Magyarországon mintegy 5400 ipari robot működött, s ezzel hazánk 32. helyen állt a világranglistán (MTI 2018), ami a robotsűrűség világlágtól való elmaradása ellenére is előkelőbb pozíció, mint az ENSZ vagy a Világbank statisztikáiból kiolvasható, népességszám alapján elért 90. vagy a GDP nagyságával elért 56-57. helyezés.

Az ipari robotok alkalmazásának globális és európai léptékben is markáns ágazati mintázata van. A robotok legnagyobb fogyasztója az autóipar (2016-ban az értékesítés 35%-ával), ami - a dán Universal Robots kelet-közép-európai igazgatója szerint - két okra vezethető vissza: az iparágra egyrészt a legkorszerűbb technológiai megoldások adaptálását szükségessé tevő versenykörnyezet, másrészt tömegtermelés és egyedi gyártás kombinációját képviselő termékek előállítására jellemző (Pardavi 2018). Viszonylag jelentős az elektronika / villamosgép-és készülékgyártás aránya (2016-ban 31%). E két kiemelkedő iparág mellett a fémipar, a gumi- és műanyagipar, valamint az élelmiszeripar vásárol jelentősebb számban robotokat (IFR 2017). Az autóipar kiemelkedő szerepe a tízezer alkalmazottra jutó ipari robotok számában is jól megmutatkozik: a robotikában élenjáró országok közé tartozó Dél-Koreában az autóipar mutatója 2145 db volt (szemben a többi iparág 475 db-os értékével), míg Japánban 1240 db / 214 db, Németországban 1131 db / 181 db értékek voltak jellemzők (IFR 2017). E kettőség jelen van a magyarországi iparban is, ahol az autóiparban tízezer dolgozóra 281 robot jutott, szemben az összes többi ágazat 32 db-os átlagával. Az autóipar e kitüntetett szerepe magyarázhatja Kelet-Közép-Európa (különösen Csehország és Szlovákia) relatív jó pozícióit és - főként - a régió kedvezőnek tűnő növekedési perspektíváit, hiszen az iparág és a vele - beszállítók révén - ezer szállal összefonódó fémipar, illetve gumi- és műanyagipar (Molnár 2013) komoly súllyal jelenik meg a helyi gazdaságban. A régió több országában az elektronikai ipar / villamosgép-gyártás súlya még a közúti járművek gyártásáét is meghaladja, bár inkább stagnáló, mint növekvő arányok jellemzik (2. táblázat)

Országok	Közúti járműgyártás		Elektronikai ipar / villamosgép-gyártás	
	2008	2016	2008	2016
Németország	11,2	11,8	22,4	22,1
Szlovákia	13,0	15,0	16,9	16,2
Csehország	11,7	13,0	17,8	17,9
Svédország	11,1	12,4	16,6	16,4
Magyarország	10,2	12,6	14,3	14,1
Ausztria	5,3	5,1	18,9	20,1
Szlovénia	6,4	6,4	17,1	17,4
Románia	8,1	14,4	8,4	7,8
Olaszország	4,2	4,5	15,2	16,7
Spanyolország	6,8	8,2	8,9	8,7
Nagy-Britannia	6,3	6,3	11,0	10,3
Lengyelország	6,0	7,3	9,8	9,1
Franciaország	8,2	7,7	9,1	8,3
Bulgária	1,6	4,0	9,1	10,1
Portugália	4,8	4,9	5,5	6,1
Litvánia	1,3	2,3	4,6	5,3

2. táblázat: A robotok alkalmazásában élenjáró iparágak súlya (%) néhány európai ország feldolgozóiparban, az alkalmazásban állók száma alapján

Forrás: EUROSTAT (országok sorrendje a két iparág 2016. évi összesített arányai alapján).

Kék betűkkel kiemelve a „közép-európai feldolgozóipari magterület” (Stehrer - Stöllinger 2015) országai.

Az iparirobot-eladások számának időbeli fluktuációja Magyarországon (2. ábra) ugyancsak a járműgyártás jelentőségére utal: akkor figyelhető meg ugyanis látványos növekedés az évenként eladott egységek számában, amikor az autógyártók expanziója jellemző. 2010 után nemcsak a Mercedes kecskeméti gyárának elindítása okozott fellendülést, de ekkor került sor az Audi győri összeszerelő üzemének komplett gyártóvá fejlesztésére, a présüzem, a karosszériagyár és a lakkozó-felületkezelő üzem szerelde mellé telepítésére. Az autógyárak meghatározó szerepét mutatja, hogy az Audi győri üzemében csak a Q3-as modell gyártására újonnan épített karosszériaüzemet 700 db robottal szerelték fel (Szabó 2018). A magyar iparban egyébként - egy kapcsolódó cikk tanulsága szerint - leggyakrabban kézímunkát kiváltó kezelőrobotokat (50%) használnak (kohászati, csomagolási vagy eszközkészítési célokra), emellett az autóiparban különösen elterjedt hegesztőrobotok (17%), illetve az össze- és szétszerelő robotok (16%) érdemelnek említést (MTI 2018).

Az általános versenyképességi szempontok által meghatározott rendszerváltás utáni gazdaságpolitikában a globális gazdasági válságra, illetve az európai válaszokra adott reakcióként Magyarországon is újra megjelent a célzott iparfejlesztés gondolata (Botos 2010). Ennek első jele egy 2009-ben elfogadott, négy stratégiai ágazatra fókuszáló program volt, de 2010 után több, hasonló

szemléletű dokumentum is született: legutóbb a 2014-ben elfogadott Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Konceptió, majd az újraiparosítás és innovatív iparfejlesztés gondolatai köré épülő, 2016-ban kiadott *Irinyi Terv* foglalta össze a kormányzat témához kapcsolódó elképzeléseit. A hazai helyzetre és a szomszédos országok iparfejlesztési elképzeléseire is kitekintő utóbbi anyag a globális iparfejlődési trendek, az exportképesség, a külföldi tőkevonzó képesség, a hozzáadott érték és delokalizációs kockázat, a meglévő nyersanyag és szaktudás, a hazai KKV szektor jelenléte, az állami keresletgenerálás lehetőségei, valamint a területi különbségek csökkentésének szempontja alapján határozta meg a *kiemelt ágazatokat* (Irinyi Terv 2016). Ezen - nemcsak ipari tevékenységeket képviselő - ágazatok között fontos helyen található a robotok alkalmazása szempontjából kitüntetett járműipar és IKT szektor (elektronikai ipari háttérrel). Érdekeség, hogy az anyagban az ipari robotizáció / automatizáció, illetve az ipar 4.0 tágabb rendszere csak érintőlegesen, a hazai iparra gyakorolt potenciális hatások (lehetőségek vagy veszélyek) áttekintése nélkül jelenik meg. Az iparfejlesztés öt horizontális pillérének egyike az új (digitális) technológiák felhasználásának segítése. Ehhez képest előrelépés, hogy 2016 májusában a Nemzetgazdasági Minisztérium és az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézete mintegy 40 hazai telephellyel bíró vállalkozás, kutatóintézet, szervezet és

oktatási intézmény részvételével megalakította az *Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platformot*, mely a negyedik ipari forradalommal kapcsolatos válaszok, fejlesztéspolitikai javaslatok megfogalmazójának szerepét kívánja betölteni. A hét munkacsoportba (stratégiai tervezés, infokommunikációs technológiák, foglalkoztatás, oktatás és tréning, ipar 4.0 kísérleti mintarendszerek, jogi keretek meghatározása, gyártás és logisztika, innováció és üzleti modell) szerveződő kezdeményezés a felépülés stádiumában tart (Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform).

A robotizáció területi összefüggései Magyarország példáján

Az ipari termelés robotizációjának területi következményei kapcsán az egyik alapkérdés az, hogy az miként hat a jelentős hozzáadott értéket előállító ipari termelésre specializálódott *félperiféria nemzetközi munkamegosztásba* történő *bekapcsolódására*. Megerősíti pozícióit, versenyképességének tartós megőrzését, a gazdasági fejlődés „magas útjára” (Szalavetz 2012) lépését segíti elő azáltal, hogy a munkaerőköltségek szerepét leértékeli, vagy éppen így fosztja meg egyik legfontosabb versenyelőnyétől és ezzel ipari termelés nemzetközi telephelyeként játszott szerepétől? Visszaszavároghatnak-e az anyaország(ok)ba a korábban idetelepült termelő kapacitások? A Moody's egy 2017-es elemzése a termelés relokációjában eddig kiemelkedő szerepet játszó *félperiférikus helyzetű gazdaságokat* a folyamat nagy *vesztéseként* vizionálja: Kelet-Közép-Európában az erősen exportorientált Csehországot, Szlovákiát és Magyarországot, Ázsiában Malajziát, Thaiföldet és Vietnámot nevesíti, mely országok jellemzően olyan szektorokban erősek és olyan piacokra exportálnak, ahol leginkább valószínű a termelési folyamatok robotizálása (Business Standard 2017). Az okfejtést akár meg is erősítheti az a tény, hogy Kelet-Közép-Európa elsősorban a *költséghatékonyságot célzó vállalati stratégiák* következményeként vált az exportorientált ipari beruházások kitüntetett helyszínévé: klasszikus példája a német autóipar, mely globális versenyképességét beszállítói hálózatának nagyarányú keletre csoportosításával erősítette meg (Jürgens - Krzywdzinski 2011, Molnár et al. 2015). A nevesített kelet-közép-európai gazdaságok *potenciális kitettségét* adataink is alátámasztják: régióinkban a lakosságszámra és az export egészére vetített legnagyobb autóipari és elektroni-

kai / villamosgépipari kivitel Csehország, Magyarország, Szlovákia és Szlovénia bonyolítja, és e kivitel jelentős részben a robotok alkalmazásában élenjáró gazdaságokba - főként Németországba - irányul (3. táblázat).

Optimistább kicsengésűek azon előrejelzések, melyek az *ipar félperiférián maradását*, sőt, egyes, közvetlen termelésen túli funkciók (például fejlesztési feladatok) gyártóbázisokra történő további áttelepülését is reális opciónak tekintik. Egy, az ipar 4.0 innovációjának megjelenését célzott mintavétel keretében, *néhány multinacionális cég magyarországi leányvállalatánál* vizsgálat kutatás alátámasztotta a technológiai újítások hazai adaptációját. A folyamat háttérében változatos motivációk (technológiai problémák kezelése, növekvő vevői igények sikeresebb kielégítése, termelés komplexitásának kezelése, termelékenység és költséghatékonyság növelése, munkaerőhiány oldása) jelentek meg. Az érintett vállalati körre - több esetben az ipar 4.0-tól függetlenül - inkább új funkciók szerzése volt jellemző a globális értékláncokban. Az új megoldások kapcsán kihangsúlyozásra került a változások - radikális nemzetközi szerepváltozásokat inkább valószínűtlenné tévő - kumulatív, korábbi elemekre építkező jellege és - ezzel összefüggésben - az ún. *termelőtelephelygazdaságok* könnyebb átállíthatósága, melyben az érintettek véleménye szerint a helyi leányvállalat nyitottsága, kezdeményezőkézsége is fontos szerepet játszott (Szalavetz 2016b).

A *nemzetközi termelésáthelyezések (relokációk)* eddigi gyakorlata sem támasztja alá Magyarország iparának veszélyeztetettségét. E tekintetben két, hosszabb időszakot (2000-2007, 2003-2011) átfogó - igaz, nem túl friss - vizsgálat eredményei is egybecsengenek. Egyrészt, bár az ezredfordulót követően, majd a válság idején az eltelepülések száma nőtt, továbbra is a *Magyarországra irányuló mozgás* dominál: leggyakoribb motivációja a költségcsökkentés, de egyéb tényezők (pl. termelés koncentrálása, fogyasztók közelebről történő kiszolgálása) is befolyásolják. A két leginkább érintett ágazat az autóipar és az elektronikai ipar, a termelésáthelyezések leggyakoribb forrásterülete pedig Németország és az USA. Másrészt, a *Magyarországot elhagyó termelés* (melyben vezető szerepet játszott az elektronikai ipar és célországként Kína), inkább *olcsó telephelyeket* kereső és nem anyaországba visszatelepülő cégeket jelentett (Kiss 2010, Hunya - Sass 2013).

	Iparági export egy lakosra (euró)		Részesezés a teljes exportból (%)		TOP-5 ipari robot alkalmazó ország súlya az exportban (%)	
	2008	2016	2008	2016	2008	2016
Szlovákia						
Autóipar	1 950	3 657	22	28	33	35
Elektronika	1 956	2 662	22	21	19	23
Csehország						
Autóipar	1 520	2 931	16	21	31	34
Elektronika	1 712	2 370	18	17	36	42
Szlovénia						
Autóipar	1 442	2 447	15	17	19	34
Elektronika	1 041	1 603	11	11	37	34
Magyarország						
Autóipar	838	1 707	11	18	42	46
Elektronika	2 121	1 949	29	21	24	37
Észtország						
Autóipar	530	542	8	6	3	10
Elektronika	961	1 999	14	21	6	9
Lengyelország						
Autóipar	443	570	14	12	24	33
Elektronika	379	537	12	11	25	32
Románia						
Autóipar	136	449	8	15	28	29
Elektronika	232	537	14	18	31	42
Lettország						
Autóipar	182	294	6	6	15	15
Elektronika	184	608	6	12	6	10
Litvánia						
Autóipar	354	324	7	4	7	13
Elektronika	254	509	5	6	6	10
Szerbia						
Autóipar	24	196	2	10	7	10
Elektronika	70	228	7	12	28	43
Bulgária						
Autóipar	20	99	1	3	15	32
Elektronika	121	321	6	10	23	25
Horvátország						
Autóipar	42	108	2	4	20	34
Elektronika	206	265	10	9	8	16
Macedónia						
Autóipar	12	79	1	4	3	3
Elektronika	26	231	2	11	8	45
Bosznia-Hercegovina						
Autóipar	16	45	2	3	15	24
Elektronika	25	61	3	4	6	17
Albánia						
Autóipar	0	5	0	1	3	1
Elektronika	9	17	3	3	0	8
Montenegró						
Autóipar	4	13	1	2	0	46
Elektronika	9	8	1	2	5	26

3. táblázat: Az autóipar és az elektronika / villamosgép-gyártás exportjának jelentősége Kelet-Közép-Európa gazdaságaiban (az egy főre 2016-ban eső összérték alapján rendezve)

Forrás: ITC adatai alapján a szerzők szerkesztése

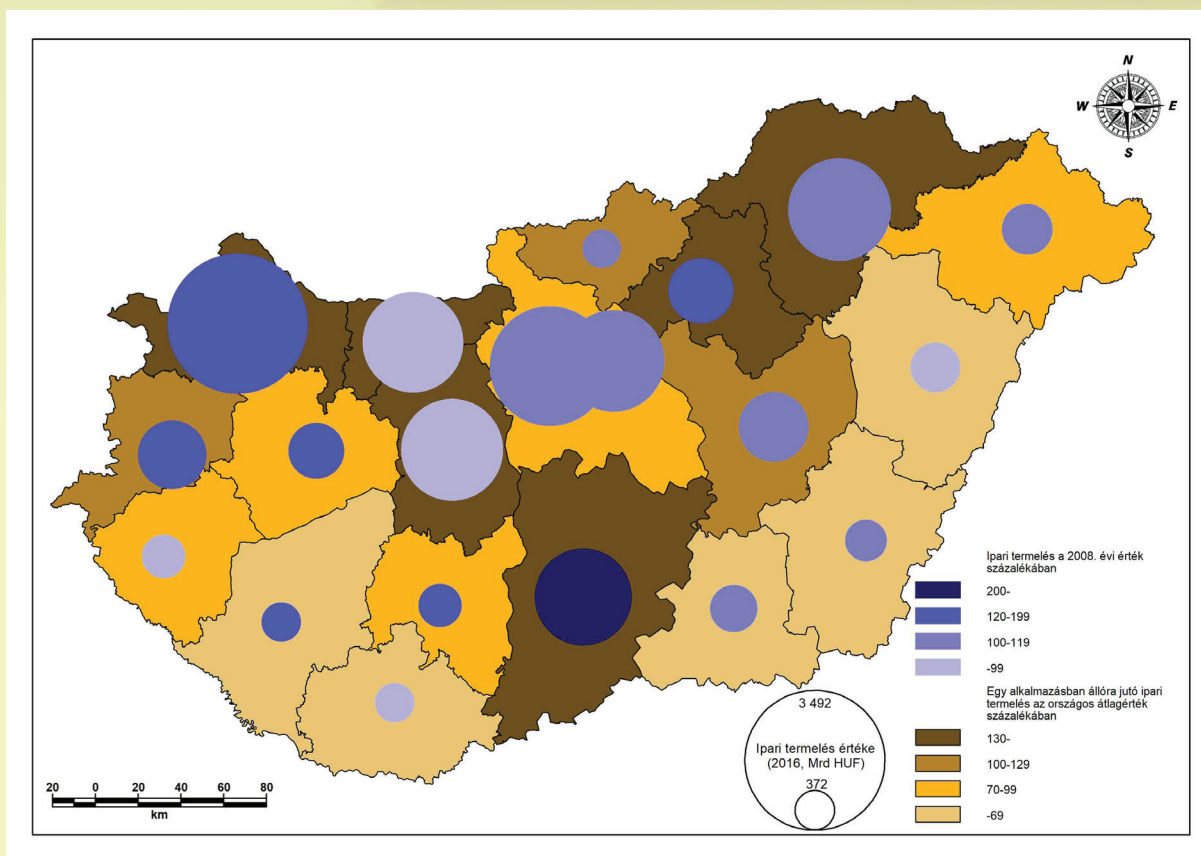
Bár 2013 óta hasonló módszertannal készült elemzéssel nem találkoztunk, közvetett módon, az érintett iparágakban alkalmazásban állók száma, valamint az export adatai alapján kijelenthető, hogy az autópárban az ide-települési tendenciák egyértelműen folytatódtak, míg az elektronikai iparban ugyan sor került néhány nagy szereplő (Elcoteq, Nokia, Jabil Circuit) kivonulására / kapacitás-leépítésére, de azok hátterében - a kapcsolódó híradások alapján - jellemzően nem technológiai változások hatására, az anyaország(ok)ba visszatelepített termelés állt. A téma jövőbeli kutatása feltétlenül indokoltá teszi egy, a korábbiakhoz hasonló, a sajtóban publicitást kapó események híryanagái alapján összeállított, évtizednyi időszakot átfogó *relokációs adatbázis felépítését*, melyben a érintett szereplők strukturális jellemzői és a mobilitás irányai mellett a motivációknak is helyet kell kapniuk. A későbbiekben e vizsgálat eredményei a primer kutatás alanyainak kiválasztásában is felhasználhatóak.

Az ipar technológiai átalakulásának - esetünkben a robotok alkalmazásának - területi következményei *szubnacionális szinten* is értelmezhetőek. A folyamat a lokális környezetben gyökerező *telepítő tényezők átértékelődését*, az értékláncon belüli kapcsolatok átalakulását, másrészt a különböző *iparágak eltérő mértékű érintettségét* feltételezi, s ebből adódóan hozzájárulhat a különböző adottságokkal és gazdasági szerkezettel rendelkező térségek helyzetének változásához. A robotok alkalmazásának terjedésével, illetve az automatizációval kapcsolatban a legnagyobb, részben szubnacionális szintű egyenlőtlenségekre is kiterjedő figyelmet eddig a *munkahelyek megszűnésének* lehetősége (Arntz et al. 2016, Frey - Osborne 2017, WEF 2018) kapta. A legátfogóbb magyarországi vizsgálat - nemcsak az ipar területére fókuszáltnak - a *Magyar Kereskedelmi és Iparkamara* elemzőihez kötődik, akik szerint a hazai foglalkoztatás 12 százalékát - több mint félmillió embert - érintheti az automatizáció. Vizsgálatuk 483-ból 55 olyan foglalkozást azonosított be, melyek kiválthatók gépekkel (harmaduk ipari, ötödük irodai adminisztrációs munkakörökben található). E foglalkozások képviselőinek települési adatait aggregálták a megyék és járások szintjén, hogy azok automatizáció általi veszélyeztetettségét vizsgálják. A kiváltható munkahelyek arányán túl, figyelembe vették az egyes térségekben nyilvántartott álláskeresők és a tartósan állást keresők arányát is, mely alapján *automatizációs kitettség indexet* (AKI) számoltak. Megyei és járási szintű elemzéseik - inkább az álláskeresők területi egyenlőtlenségeit tükrözve, ugyanakkor ellentmondva a robotizáció által leginkább érintett iparágak elhelyezke-

désének - elsősorban az északkeleti országrészben feltételeznek *alkalmazkodási problémákat* (Tóth et al. 2016).

Az anyag fontos kiindulópont a későbbi területi kutatásokhoz, miközben számos kérdést fel is vet. Egyrészt, a tanulmány által hangsúlyozott munkahelyvesztéssel szemben célszerűbb *szervezetváltásról* beszélni, hiszen a technológiai változások a munkakörök átalakulását vagy új munkakörök születését is eredményezhetik (Autor 2015). A nemzetközi szakirodalomban jelentős publicitást kap az a vélemény, miszerint a folyamatok megragadására a *feladatalapú megközelítés* alkalmasabb lenne, mint a tanulmány szerzői által is alkalmazott foglalkozás-alapú, hiszen kevés az olyan foglalkozás, melynek minden egyes feladata automatizálható (Arntz et al. 2016, Tóth et al. 2016). Másrészt, mind a szakirodalom, mind a hazai adaptációs kísérletek azt sugallják, hogy a technológiai változások megvalósulása *gazdaságszerkezeti tényezőtől is függő kérdés*, mely megkülönböztetett figyelmet érdemel a magyarországihoz hasonló, duális szerkezetű gazdaságokban: a külföldi tulajdonú, tőkeerős exportorientált iparvállalatok, illetve a hazai kis- és középvállalkozások eltérő adottságai jelentős mértékben befolyásolhatják az átalakulási folyamatok sebességét és végső munkahelymértékét. Külön érdekessége e helyzetnek a területi folyamatok kutatói számára, hogy a *dualitás térbelileg is leképeződik Magyarországon*: az ipari termelés abszolút, illetve egy alkalmazásban állóra jutó értékei alapján az északi és középső megyék, valamint az ország keleti-délkeleti és délnyugati perifériái között látványos különbségek mutatkoznak (3. ábra).

Harmadrészt, a szervezetváltás megvalósulásában és következményeinek alakításában az *állami gazdaságpolitika* is szerepet játszik: nemcsak a főként EU-forrásokra épülő, kis- és középvállalatokat (is) célzó, technológiai innovációt előtérbe helyező, változó hatékonyságú fejlesztéspolitikai beavatkozásokra érdemes itt gondolni, hanem például arra is, hogy az elmúlt években a külföldi és hazai vállalatok beruházásainak, technológiai fejlesztéseinek állami támogatását részben foglalkoztatási szempontokhoz kötötték. Végül, a technológiai változások termelés-szervezésben és foglalkoztatásban megfigyelhető *hatásai* input oldalon a beszállítók, output oldalon pedig a helyi vásárlóerő által fenntartott különböző gazdasági tevékenységek (jellemzően szolgáltatások) felé *tovaryűrűznek*. Ez akár az ipar, akár a gazdaság egésze kapcsán jelentősen megbonyolítja a potenciális hatások mérését.



3. ábra: Az ipari termelés és az ipari termelékenység területi különbségei (2016)
 Forrás: KSH adatok alapján szerkesztette Németh G.

Sajátos azon - ipari robotgyártó cégek által is propagált, inkább sajtóanyagokban fellelhető - megközelítés, mely a termelés robotizációjában az egyre komolyabb hazai *humán erőforrás-hiány oldásának*, a növekedési korlátok elhárításának lehetőségét látja. A probléma jelentőségét mutatja, hogy az üres álláshelyek száma 2013 utolsó negyedévének 30 ezer alatti értékéről 2017 utolsó negyedévére 70 ezer fölé, a feldolgozóiparban - a nemzetgazdasági átlagot meghaladó mértékben - 7,5 ezerről közel 23 ezerre növekedett Magyarországon (KSH). A GKI 2016 novemberi felmérése ennél is nagyobb munkaerő-hiányról tudósított: csak a 20 fő feletti vállalkozások körében 133 ezer, az összes hazai vállalkozásra vonatkozóan 340 ezer munkavállaló hiányát valószínűsítették. A robotizáció szempontjából élenjáró iparágakat tömörítő gépipar létszám-szükséglete az ágazat teljes foglalkoztatásának 16%-ára rúgott, ami megegyezett a feldolgozóipari átlaggal (GKI 2016). Egy másik tanulmány szerint, a munkaerő-hiány a magyarországi feldolgozóipari cégek 80%-ánál, a szolgáltató vállalkozások 30%-ánál jelent meg *termelést korlátozó tényezőként* 2017 harmadik negyedévében. A 2014 elejétől erősen növekvő ráta magasabb a Kelet-Közép-Európában tapasztalható értékeknél, melynek hátte-

reben egyszerre keresendők demográfiai, kivándorlással összefüggő, illetve a képzettség keresleti és kínálati oldala között mutatkozó diszharmóniában rejlő okok (MTI, Portfolio 2017). A Munkaadók és Gyáriparosok Országos Szövetsége a probléma kezelésére 2016-ban *javaslatokat dolgozott ki, melyek között a bérezéshez, illetve a munkaerő szektorok (és régiók) közötti átcsoportosításához kapcsolódó pontok mellett a kulturálisan beilleszthető, szakképzett munkaerő bevonása és a munkaerőt kiváltó (technológiai) beruházások támogatása is megjelent* (Pardavi 2017). A szemlélet propagálói szerint - az arra alkalmas munkafolyamatokban - robotok alkalmazásával egyszerre biztosítható a kapacitásbővítés (hiányzó szakemberek pótlása, magasabb szintű munka gyors betanulása), a minőség egyenletességének megtartása és a termelékenység növelése. Ezen eszközök ráadásul a kevésbé népszerű, nehéz, monoton vagy veszélyes munkakörökben is alkalmazhatók. A munkaerőhiány hatására *emelkedő hazai bérköltségek* csökkentik a beruházások megtérülési idejét, a *csökkenő robotárak* pedig az alacsonyabb bérszínvonalú országokban is lehetővé teszik a robotizálást (Szalavetz 2016b, Pardavi 2018).

Bár a területi hatások kérdése nem szűkíthető pusztán a *foglalkoztatásra*, tekintettel (1) a vállalati szintű, illetve vállalatközi kapcsolatokat érintő változások foglalkoztatásban összegződő következményeire, (2) a rendelkezésre álló adatok viszonylagos sokrétűségére, továbbá (3) a humánerőforrás-ellátás akut problémává válására, *alkalmas kiindulási pontnak* tekinthetjük a negyedik ipari forradalom magyarországi területi hatásainak vizsgálatához.

Az ipari robotok alkalmazásához kapcsolódó háttérpar

Az *ipari robotok gyártása* önmagában is jelentős ágazat világviszonylatban: az IFR szerint 2016-ban a globális piac értéke 13,1 milliárd dollár, a teljes robotrendszereket alapul véve 2015-ben 40 milliárd dollár volt. A gyártás rendkívül koncentrált, a világ legnagyobb ipari robot-gyártója, Japán, például 153 ezer egységgel 2016-ban a globális termelés 52%-át adta, melynek 75%-át exportálta (IFR 2017). Az ágazat sajátosságai közé tartozik, hogy a gyártás mellett igen nagy szerepet kap a beépítés, integráció és az azt követő szolgáltatások, melyek a helyi piacok ellátására kiterjedt globális hálózatot igényelnek. Ennek a hálózatnak a vizsgálata támpontot jelenthet az ipari robotok alkalmazásának földrajzával kapcsolatban is. E fejezet a háttérpar térbeliségével, Magyarország régióban elfoglalt szerepével foglalkozik, illetve kísérletet tesz arra, hogy az országon belül is némiképp differenciálja a képet.

Mivel nem találtunk egyértelműen megbízható és friss forrást a *világ legnagyobb ipari robotokat gyártó cégeire*, több, az interneten megtalálható lista² tartalmának összevetésével választottuk ki a leginkább kiemelkedő szereplőket. A listákon szereplő vállalatok honlapjain megtalálható éves jelentések segítségével - ahol tudtuk - megállapítottuk az ipari robotikából származó jövedelmeket, így viszonylag nagy biztonsággal ki tudtuk választani az öt legnagyobb globális szereplőt az érintett piaci szegmensben. A beazonosított nagyvállalatok (4. táblázat) eltérő mértékben jelennek meg a kelet-közép-európai országokban, miközben igen *különböző a potenciális piacok lefedését célzó politikájuk* is. A Fanuc és a Kuka maga terjeszti a termékeit, a Kawasaki néhány központból irányít, és helyi cégekkel köt partnerséget, a Yaskawa pedig vegyes megoldást alkalmaz. Fontos, hogy a Kawasaki esetében, amelynek nem ez a főtevékenysége, kifejezetten az ipari robotokkal foglalkozó telephelyek vannak feltüntetve. Az ABB-nek (Asea Brown Boveri) a vizsgált 17 ország közül 15-ben van telephelye, ezek közül azonban a legtöbb esetén nem állt rendelkezésre az információ arról, hogy ipari robotokkal foglalkoznak-e. Ugyanakkor nem torzítja jelentősen az adatokat, mivel minden olyan országban jelen van, ahol bármely másik vállalat.

Az adatok alapján egyértelműen a *visegrádi országok* vezetnek a listát (mind az öt vállalat jelen van mindegyik országban), őket pedig a régió azon nagyobb gazdaságai követik, ahol az autóiparnak és / vagy az elektronikának / villamosgép-gyártásnak jelentősebb a szerepe (lásd 2. táblázat).

Vállalat	Legutóbbi éves árbevétel	Ipari robotika súlya (%)	Kelet-közép-európai jelenlét (p: terjesztő partner)
ABB	34,0 mrd USD	24	Albánia, Bosznia-Hercegovina, Bulgária, Csehország , Észtország, Horvátország, Lengyelország , Lettország, Litvánia, Macedónia, Magyarország , Románia, Szerbia, Szlovákia , Szlovénia.
Fanuc Corporation	4,8 mrd USD	35	Bulgária, Csehország , Lengyelország , Magyarország , Románia, Szlovákia , Szlovénia.
Kuka AG	3,5 mrd EUR (-4,2 mrd USD)	35	Csehország , Lengyelország , Magyarország , Románia, Szlovákia .
Kawasaki Heavy Industries	1500 mrd JPY (~14 mrd USD)	10	Bulgária (p), Csehország (p) , Lengyelország (p) , Litvánia (p), Magyarország (p) , Szlovákia (p) , Szlovénia (p).
Yaskawa Electric Corporation	400 mrd JPY (~3,5 mrd USD)	35	Bulgária (p), Csehország , Lengyelország , Észtország (p), Lettország (p), Litvánia (p), Macedónia (p), Magyarország , Románia (p), Szerbia (p), Szlovákia (p) , Szlovénia.

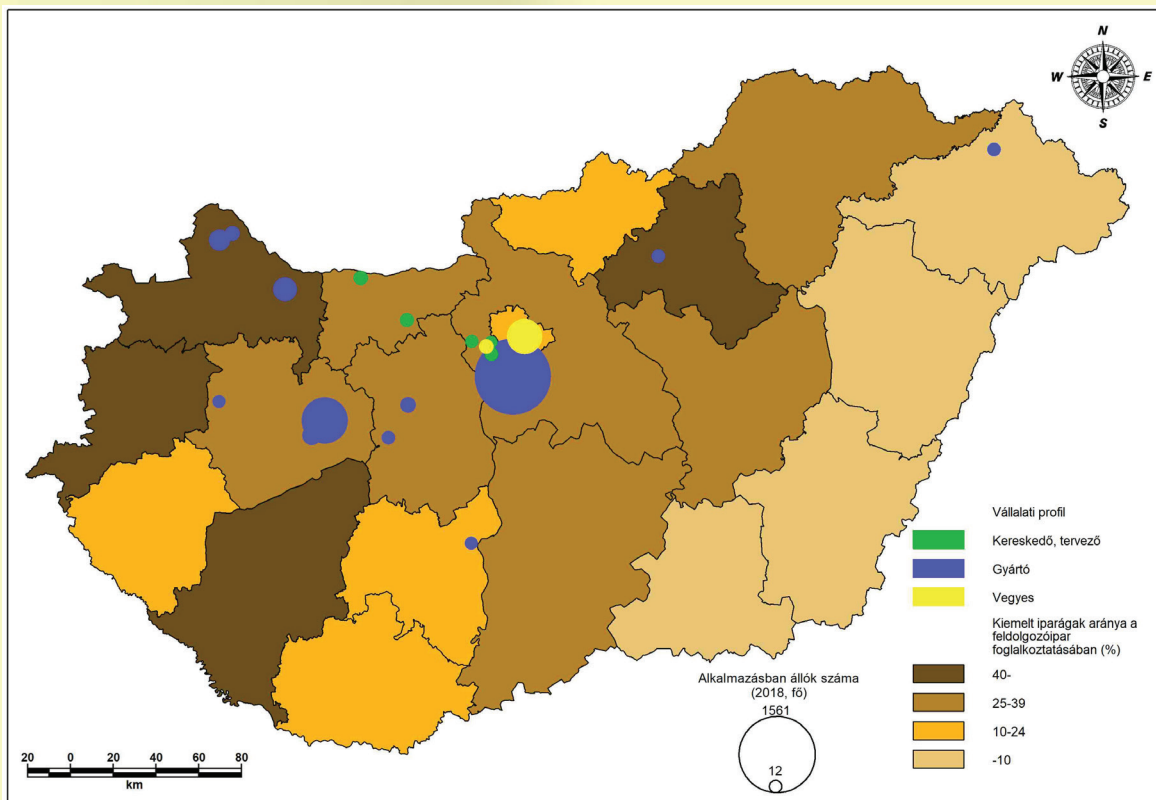
4. táblázat: A legnagyobb ipari robot-gyártó vállalatok és kelet-közép-európai jelenlétük
Forrás: a cégek honlapjai alapján a szerzők összeállítása

² A listákat lásd az irodalomjegyzékben

A kisebb, kevésbé fejlett országokban ritkább a jelenlét, miközben *nem igazán tapasztalható az EU-határ választóvonal jellege* (vö. balti államok, Horvátország, illetve Szerbia, Macedónia példáját). Sok esetben más országok kiszolgálása is részét képezi a tevékenységeknek, így például a Fanuc Szlovéniából (Celje) látja el a jugoszláv utódállamok nagy részét, míg Bulgáriából (Szófia) Albániát, Görögországot és Macedóniát, ami részben magyarázatot ad jelenlétére az önmagukban kisebb piacot képviselő országokban. Az esetek körülbelül felében a leányvállalat vagy terjesztő székhelye nem az egyes országok fővárosa. *Robotgyártásban* történő részvételre egyedül Magyarországon, a KUKA esetében található utalás. A listákon szereplő további jelentős cégek közül a Nachi és az Epson Németországból koordinál, a Mitsubishi Electric a lengyel telephelyéről látja el Kelet-Közép-Európát, míg a Staublinak Csehországban, Szlovákiában, Lengyelországban és Romániában van érdekeltsége. Ezen információk szintén aláhúzzák a visegrádi országok szerepét.

Az ipari robotok alkalmazásához kötődő *hazai kereskedő, gyártó és fejlesztő vállalatok feltérképezését* is megkíséreltük. A művelethez a kiinduló pontot egyrészt a TEÁOR-rendszer képezte, ahol - előzetes tájékozódásunk alapján - a 2849 („Egyéb szerszámgyártása”) és 2899 („Máshová nem sorolt egyéb speciális gép gyártása”) kód alatt véltük potenciálisan fellelni azokat a gyártó cégeket, amelyek kapcsolódhatnak az ipari robotok problémaköréhez. Vizsgálataink kiegészültek - a szakmai szervezetek honlapjaitól (pl. Nemzeti Technológiai Platform) a direkt keresőmotoros kereséssel - egyéb módszerekkel is (itt már az érintett kereskedő és fejlesztő cégek beazonosítása is szempont volt), de minden esetben ellenőriztük a vállalkozások weboldalán az ipari robotok alkalmazásához történő kötődést.³ A beazonosított szereplők néhány adatát a Creditreform online adatbázisából kérdeztük le.

A székhely szerint összesített vállalati adatokat térképen ábrázolva (4. ábra), megállapítható, hogy a cégek nagy része a hazai újraiparosodási folyamatban élénjáró, autóipar vagy elektronikai ipar / villamosgép-gyártás szempontjából kitüntetett térségekben található.



4. ábra: Ipari robotok alkalmazásához kötődő cégek a foglalkoztatottak létszáma alapján, illetve a közúti járműgyártás és elektronikai ipar / villamosgép-gyártás aránya a feldolgozóipari foglalkoztatásban; Forrás: KSH és a szerzők gyűjtése alapján szerkesztette Németh G.

³ Ha egy cégnek nem volt honlapja, csak akkor vettük számításba, ha valamely más megbízhatónak látszó forrásban (például ipari park honlapja) részletes leírás volt a tevékenységéről.

Budapest (és agglomerációja) mellett elsősorban Veszprém térsége, illetve Győr - Mosonmagyaróvár környezete emelkedik ki. Az tehát viszonylag egyértelmű tendenciának látszik, hogy a *potenciális felvevőpiac környékén* helyezkednek el az ipari robotok alkalmazásában érintett vállalatok. Kevésbé egyértelmű a magasan képzett munkaerőhöz való kötődés, így nem jellemző e vállalatok felbukkanása a nagy egyetemi központok környékén, ami az alacsonyabb szintű tevékenységek dominanciájára is utalhat. Ezekből Magyarországon túlmutató következtetéseket levonni persze nem érdemes, hiszen itt a vállalatok nagy része terjesztést, integrációt és szervízt is vállal, emellett a hazai cégek jelentős része eleve gyártástechnológiai, megmunkálógép-gyártási háttérrel került kapcsolatba a robotiparral. Tervező és gyártó telephelyek esetében nem feltétlenül hasonlóak a tendenciák, ráadásul a székhely szerint nyilvántartott vállalati adatok el is fedhetik a valós területi viszonyokat. Az ipari robotokhoz kötődő *háttéripár* messze *legnagyobb magyarországi szereplője* a több mint 1500 alkalmazottal rendelkező KUKA Hungária Kft., amely taksonyi székhelyén kívül budapesti szoftverfejlesztő és fűzesgyarmati vezérlőszekrény-gyártó telephelyet is működtet.

Összegzés

Tanulmányunkban a *negyedik ipari forradalom területi hatásaival* kapcsolatos kérdések beazonosítására tettünk kísérletet, az ipari robotok alkalmazására és Magyarország helyzetére szűkítve eszmefuttatásunkat. Megállapítottuk, hogy hazánk az újraiparosodó kelet-közép-európai félperiféria részeként már ma is aktív részese a robotizáció folyamatának, és egyes, a robotok alkalmazásában élenjáró iparágak - például autóipar - erős regionális reprezentációja okán, e téren komoly növekedési perspektívákkal rendelkezik. A „hivatalos” előrejelzések azt sugallják, hogy az ipari robotok terjedése nem befolyásolja kedvezőtlenül régióink telephelyi adottságainak megítélését, nemzetközi termelési hálózatokban betöltött pozícióját, s ezt a benyomást csak erősítik az ipari robotok helyi megszorodását tükröző statisztikák, a robotizációban különösen érintett autóipar folytatódó expanzióját nyomon követő híradások vagy a magyarországi ipart kutató korábbi relokációs vizsgálatok következtetései. A robotok által átformált hazai ipar jövőbeli térszerkezetének kérdése mindeddig nem igazán jelent meg a diskurzusban: a témában született, automatizáció szelektív területi foglalkoztatási hatásairól szóló elemzés

robotizáció által leginkább érintett iparágak térbeliségének ellentmondó következtetései, illetve a tanulmány kapcsán megfogalmazott felvetéseink ugyanakkor jelzik a problémában rejlő potenciált. Végül, egy elérhető adatokra épített kísérleti vizsgálat keretében bemutattuk, hogy a magyarországi ipar robotizációjával párhuzamosan, néhány kitüntetett térségre koncentráltan megjelentek a folyamatot támogató háttéripari szereplők is.

Milyen, jövőbeli kutatást érintő következtetések vonhatók le a tapasztalatok alapján? Egyrészt, bár írásunkban kísérletet tettünk a területi elemzések két szintjének következetes elkülönítésére, éppen ágazati szempontokat tartalmazó megközelítésünk mutatott rá arra, hogy a globális (Magyarország iparának szerepe a nemzetközi termelési hálózatokban) és lokális (hazai ipar térszerkezete) elemzések aligha választhatók el sebészi precizitással egymástól. Követendőnek látjuk azon törekvést, mely az iparágak globális szintű szerveződését és régiók fejlődésére gyakorolt hatásait magyarázó globális értéklánc koncepció, illetve az iparágak exportpiaci versenyképességét, növekedését erősítő helyi mechanizmusokat középpontba állító klaszter-elmélet egységes keretekbe integrálását célozza (De Marchi - Di Maria - Gereffi 2018). A technológiai változások (globális) értékláncok szervezeti-szerkezeti átalakulására és lokális tényezők átértékelődésére gyakorolt hatásainak kutatásához ígéretes kiinduló pontnak tűnik a *két különböző elméleti megközelítés* kombinált alkalmazása.

Módszertani oldalról, összefüggések feltárása, a folyamatokat befolyásoló tényezők megismerése szempontjából releváns ismeretek *vállalati szintű*, mintaválasztástól függően eltérő mértékben általánosítható következtetések levonására alkalmas *információgyűjtéssel*, kérdőívvezéssel, valamint interjúzásra építő esettanulmányok kidolgozásával nyerhetők. Kvantitatív jellegű vizsgálatokra - különösen szubnacionális területi szinteken - elsősorban a humánerőforrásokkal kapcsolatos adatok bázisán nyílik lehetőség: az olvasottak tükrében ugyanis egyrészt ezen adottságokban rejlik az átalakulás kulcsa, másrészt itt összegződnek a szerkezeti változások közvetlen és közvetett hatásai. Noha e tanulmányhoz hasonlóan elemezhetők az ipar 4.0 által fémjelzett más technológiai változások területi hatásai is, az igazán izgalmas kérdés az, hogy a jelenség a maga *komplexitásában mennyire vizsgálható*, és hogy egy ilyen, összefüggéseket és szinergiákat a fenti elvi keretben értelmező kutatás találhat-e Magyarországot és annak kevésbé fejlett iparú térségei számára valamilyen sajátosan progresszív perspektívát.

Köszönetnyilvánítás

Molnár Ernő munkáját a publikáció elkészítésében a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta. A térképek elkészítéséért köszönet illeti Németh Gábort.

Irodalom

- Armbrust, M. - Fox, A. - Griffith, R. - Joseph, A. D. - Katz, R. - Konwinski, A. - Lee, G. - Patterson, D. - Rabkin, A. - Stoica, I. - Zaharia, M. (2010): A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53 (4): 50-58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>
- Arntz, M. - Gregory, T. - Zierahn, U. (2016): The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: a comparative analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56d-vq7-en>
- Autor, D. H. (2015): Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29 (3): 3-30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Botos B. (2010): *Az iparpolitika metamorfózisa*. Budapest: L'Harmattan.
- Buzás N. (2000): Klaszterek: kialakulásuk, szerveződésük és lehetséges megjelenésük a Dél-Alföldön. *Tér és Társadalom* (14) 4: 109-123.
- Campbell, T. W. - Christopher, W. - Ivanova, O. - Garrett, B. O. (2011): Could 3D Printing Change the World? Atlantic Council, 2015. október: 1-16.
- Chui, M. - Manyika, J. - Miremadi, M. (2016): *Where Machines Could Replace Humans and Where They Cant Yet*
- De Marchi, V. - Di Maria, E. - Gereffi, G. (2018): Industrial districts, clusters and global value chains. Toward an integrated framework. In: De Marchi, V. - Di Maria, E. - Gereffi, G. (eds): *Local clusters in global value chains. Linking actors and territories through manufacturing and innovation*. Routledge, London, New York. 1-18.
- Frey, C. B. - Osborne, M. A. (2017): The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change* (114) 1: 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Gereffi, G. - Humphrey, J. - Sturgeon, T. (2005): The governance of global value chains. *Review of International Political Economy* (12) 1: 78-104.
- Graetz, G. - Michaels, G. (2015): *Robots at Work*. CEP Discussion Paper No 1335. Centre For Economic Performance, (1335).
- Greffier, A. - Mercier, F. (2015): *Industrie 4.0: slogan marketing ou vraie révolution industrielle? Séminaire Ressources technologiques et innovation*. Les Amis de l'École de Paris du management. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Grosz A. (2000): Ipari klaszterek. *Tér és Társadalom* (14), 2-3: 43-52.
- Hunya G. - Sass M. (2013): Menekülés Keletre? Termelési tevékenységek relokációja Magyarországra és Magyarországról a válság idején. *Külgazdaság* (57) 9-10: 3-37.
- Juhász S. - Lengyel B. (2016): Kik formálják a klasztereket? Egy helyi tudáshálózat elemzése. *Területi statisztika* (56), 1: 46-65.
- Jürgens, U. - Krzywdzinski, M. (2011): *Die neue Ost-West-Arbeitsteilung*. Campus Verlag, Frankfurt / New York.
- Khajavi, S. H. - Partanen, J. - Holmström, J. (2014): Additive manufacturing in the spare parts supply chain. *Computers in Industry*, (65) 1: 50-63. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.07.008>
- Kiss É. (2010): *Területi szerkezetváltás a magyar iparban 1989 után*. Dialóg Campus, Budapest, Pécs.
- Kovács O. (2017): Az ipar 4.0 komplexitása I. *Közgazdasági Szemle* (64) 7-8: 823-851.
- Lux G. (2017). A külföldi működő tőke által vezérelt iparfejlesztési modell és határai Közép-Európában. *Tér és Társadalom* (31) 1: 30-52.
- Molnár E. (2013): Egy dinamikus iparág foglalkoztatási hatásainak földrajzi aspektusai: a magyarországi autóipar esete. *Területi statisztika* (53) 4: 322-339.
- Molnár E. - Kozma G. - Péntes J. (2015): The intra-regional trade relations in the automotive industry of East-Central Europe. *Geografie* (120), 3: 297-313
- Monostori, L. (2015). Cyber-physical production systems: Roots from manufacturing science and technology. *At-Automatisierungstechnik* (63) 10: 766-776. <https://doi.org/10.1515/auto-2015-0066>

- Porter, M. E. - Heppelmann, E. J. (2014): [How smart, connected products are transforming competition](#). Harvard Business Review.
- Porter, M. - Ketels, C. (2010): Clusters and industrial districts: common roots, different perspectives. In: *A Handbook of Industrial Districts* (eds Becattini G. - Bellandi, M. - De Propis, L.): 172-183
- Rechnitzer J. (2014): A győri járműipari körzetről szóló kutatási program. *Tér és Társadalom* (28) 2: 3-10
- Rüssmann, M. - Lorenz M. - Gerbert, P. - Waldner, M. - Justus, J. - Engel, P. - Harnisch, M. (2015): *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. The Boston Consulting Group, 2015 április.
- Sass M. - Szanyi M. (2009): Klaszterek és a multinacionális vállalatok helyi beszállítói hálózatának fejlődése. *Európai Tükör* (14) 9: 21-45.
- Stehrer, R. - Stöllinger, R. (2015): *The Central European manufacturing core: what is driving regional production sharing?* FIW-Research Reports 2014/15 N° 02.
- Szalavetz A. (2012): A „feljebb lépési“ teljesítmény mérése a globális értékláncokon belül. *Külgazdaság* (56) 3-4: 66-86
- Szalavetz A. (2016a): Az ipar 4.0 technológiák gazdasági hatásai: Egy induló kutatás kérdései. *Külgazdaság* (60) 7-8: 27-50.
- Szalavetz A. (2016b): Egy előre bejelentett forradalom krónikája Magyarországon - Ipar 4.0-technológiák és a hazai feldolgozóipari leányvállalatok. *Külgazdaság* (60) 9-10: 28-48.
- Tóth I. J. - Nábelek F. - Sturcz A. (2016): Az automatizáció munkaerő-piaci hatásai. Járási munkaerő-piacok automatizációs kitétségeinek becslése. MKIK GVI Kutatási Füzetek 4.
- Vas Zs. - Lengyel I. - Szakálné Kanó I. (2015): Regionális klaszterek és agglomerációs előnyök: feldolgozóipar a magyar városrégiókban. *Tér és Társadalom* (29) 3: 49-72.
- Wallén, J. (2008): *The history of the industrial robot*. Technical report from Automatic Control at Linköping universitet. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Egyéb tanulmányok, fejlesztéspolitikai dokumentumok*
- GKI Gazdaságkutató Zrt. (2016): [2016 végén a kis cégeknél a legégetőbb a munkaerőhiány](#). (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- IFR (2017): [Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots](#). International Federation of Robotics. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Nemzetgazdasági Minisztérium (2014): [Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Koncepció](#) (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Nemzetgazdasági Minisztérium (2016): [Irinyi Terv az innovatív iparfejlesztés irányainak meghatározásáról](#). (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- World Economic Forum (2018): [Towards a Reskilling Revolution A Future of Jobs for All](#). (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Újságcikkek, egyéb online források*
- BS (2017): [Moody's: Emerging markets' ability to adapt to technology crucial as robotics use surges](#). Business Standard, 2017.05.18. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- MTI (2018): [Tízezer magyar munkásra 57 robot jut](#). MTI, 2018.01.29. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- MTI, Portfolio (2017): [Senki sem találja az igazi megoldást a régió legnagyobb problémájára](#). MTI, Portfolio 2017.08.01. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Pardavi M. (2017): [Orovica Szilárd: ha helyesen használjuk az Ipar 4.0-t, betöltheti a hiányzó szakemberek feladatait](#). Autopro, 2017.02.14. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Pardavi M. (2018): [Slavoj Musilek: Robotok nélkül nehezen tudják a magyar cégek teljesíteni a megrendeléseket](#). Autopro, 2018.01.26. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Pintér J. (2011): [Robottechnika, fejlődéstörténet, alkalmazások, robot fogalma](#). (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)
- Ráski P. (2018): [Eláraszthatják a magyar ipart a robotok](#). Világgazdaság, 2018.01.29. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)

Nagy Csongor - Molnár Ernő 2018: Az ipar 4.0 területi összefüggései a robotizáció tükrében: milyen hatásai lehetnek a folyamatnak Magyarországon? Területfejlesztés és Innováció, 12(2) pp. 3-18.

Schrauf, S. - Berttram, P. (2016): Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)

Szabó F. (2018): 25 éves az Audi: Magyarország lesz az e-motorok gyártásának központja. Autopro, 2018.02.19. (Utolsó letöltés: 2018.05.10.)

International Federation of Robotics

Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform

Ipari robot-gyártó cégek ranglistái

<http://roboticsandautomationnews.com/2018/01/03/30-industrial-robot-manufacturers-to-watch-in-2018/15542/>

<https://www.statista.com/statistics/257177/global-industrial-robot-market-share-by-company/>

http://www.china.org.cn/top10/2015-09/17/content_36613597.htm

<https://www.plantautomation-technology.com/articles/top-industrial-robotics-companies-in-the-world>