

# Két robot regénye<sup>1</sup>

Cséfalvy Zoltán<sup>2</sup>

## Összefoglalás

A két robot két történet: az ipari robotok és a szolgáltató szektorokban megjelenő robotok története. Ezek nagyon sok tekintetben eltérnek egymástól. Eltérő fejlődési pályán haladnak, globális elterjedésük és alkalmazásuk a világ különböző régióiban is nagyon különböző, mások az alkalmazásuk mögötti mozgatórugók és hajtóerők, eltérő a fiatal startup-ok és a nagy globális vállalatok szerepe, és ezek miatt nagyban különböznek a szakpolitikai kihívások is. Ezért ez a tanulmány négy fő kutatási kérdéssel foglalkozik: Mi jellemzi az ipari robotok sztoriját, melyek a főbb mozgatórugói és fejlődési tendenciái? Hogyan alakult az elmúlt évtizeden szolgáltató szektorban működő robotok elterjedése, mely jellemzőkkel hasonlítanak az ipari robotokhoz és melyekkel különböznek azoktól? Milyen szerepet játszanak a fiatal startup-ok a szolgáltató szektorban alkalmazott robotok történetében? Milyen szakpolitikai kihívásokat szembesülünk két különböző robotikai sztoriban?

## Az elmúlt évtized nagy vitája

Az elmúlt évtized nagy technológiai vitája két fő kérdés körül forgott: hogyan változnak a jövőben a robotok miatt a munkahelyek és a milyen hatással vannak a robotok a gazdasági növekedésre és a termelékenységre. A foglalkoztatási hatásokat nézve, a narratívák spektruma rendkívül széles. Az egyik végpontján kutatók egész serege jósolta azt, hogy – mintegy két évtizeden belül – a robotok tömegével elveszik az emberektől a munkahelyeket, és ez a folyamat a munkahelyek 30-60%-át is érintheti (Frey & Osborne, 2013; Acemoglu & Restrepo, 2017; Nedelkoska & Quintini, 2018; Lordan, 2018). Sőt, a nagy visszhangot kiváltó bestsellerek szerzői, - mint *Martin Ford*, *Nick Bostrom* vagy *Daron Acemoglu*, - a robotika és a mesterséges intelligencia összekapcsolódásával már egy disztópiás jövő, egyfajta mindent elsöprő „robotapokalipszis” vízóját vetítették előre (Ford, 2015; Bostrom, 2017; Frey, 2019; Acemoglu & Restrepo, 2020; Waldman-Brown, 2020). Nem véletlen tehát, hogy a sokkoló adatokat egyre többen – kezdve *Benedikt Frey*-től *Guy Standing*-en és *Paul Mason*-on át *Richard Baldwin*-ig –, azonnali szakpolitikai lépéseket sürgettek (Frey, 2019; Standing, 2017; Mason, 2015; Baldwin, 2019).

Ezzel szemben, a spektrum másik végpontján a kutatók nem a jövő évtizedekre vázoltak fel prognózisokat, hanem a jelenleg széles körben alkalmazott ipari robotok munkaerőpiaci hatásait elemezték. Évekre visszanyúló adatbázisok és ökonometriai modellek segítségével pedig arra jutottak, hogy az ipari robotok alkalmazása semleges, vagy akár enyhén pozitív hatással van a teljes foglalkoztatásra (Dauth et al., 2017; Servoz, 2019; Klenert, Fernández-Macías &

---

<sup>1</sup> Ez az elemzés az alábbi tanulmány magyar nyelvű, bővített változata: Cséfalvy Zoltán (2024) The dynamics between startups and incumbents in service robot manufacturing. In: Cséfalvy Zoltán (Ed.): Economic Perspectives of the Next Technological Futures. MCC Centre for Next Technological Futures, Innovation Economics Research Paper Collection, Volume 1, (in Press).

<sup>2</sup> Prof Dr *Cséfalvy Zoltán*: a Mathias Corvinus Collegiumban a Technológiai Jövők Műhelyének vezetője, valamint a Neumann János Egyetem Gazdaságföldrajzi és Településmarketing Központjának kutatóprofesszora. A szerző ezúton mond köszönetet a Pallas Athéné Domus Meriti Alapítványnak (PADME) a kutatás elkészítéséhez nyújtott támogatásáért.

Antón, 2020). A két pólus között, a spektrum közepén találjuk azokat a tanulmányokat, amelyek szerint ugyan a robotok hatása a foglalkoztatásra nagyon komoly kihívást jelent, de ez a kihívás kezelhető léptékű, és nem sokban tér el az automatizálás korábban megtapasztalt hullámaitól (Jäger et al. 2015; Arntz, Gregorie & Zierahn, 2016; Craglia, 2018; Európai Bizottság, 2018).

A robotok termelékenységre gyakorolt hatását nézve viszont szinte egyöntetű a kutatói konszenzus: az ipari robotok használata az elmúlt két évtizedben a termelékenység jelentős növekedéséhez vezetett (OECD, 2017; UNCTAD, 2017; Jungmittag & Pesole, 2019; Koch, Manuylov & Smolka 2019; Kromann et al., 2020). *George Graetz* és *Guy Michaels* számításai szerint az ipari robotok termelékenység növelő hatása nagyságrendileg megegyezik azzal, mint amilyen hatása volt a gőzgépnek az első ipari forradalom idején (Graetz & Michaels, 2018), míg *Wolfgang Dauth* és szerzőtársainak elemzése azt mutatta ki, hogy az ipari robotok alkalmazása jelentősen hozzájárult a GDP növekedéséhez is (CEBR, 2017; Dauth et al., 2017).

## **Két robot regénye**

Az elmúlt évtized nagy vitájának a narratívái azonban – a szélsőséges polarizálódása ellenére –, két ponton is közös alapokra építkeztek. Egyrészt, szinte kizárólag a jelenleg egyre nagyobb számban alkalmazott ipari robotok elterjedését elemezték, vagy ellenkezőleg, a napjainkban még nem is létező, mesterséges intelligenciával is megerősített robotok jövőbeni hatásait vizsgálták, miközben szinte alig, vagy egyáltalán nem foglalkoztak a szolgáltató szektorban alkalmazott robotokkal. Noha az ipari robotok széleskörű használata a tömegtermelésben valójában egy réges-régi, az automatizálás elmúlt két évszázadban már sokszor lejátszódott és jól ismert történetét ismételi meg, hiszen az ipari robotok is csupán előre beprogramozott, nagy precizitású gépek, amelyek se nem intelligensek, se nem önállóak, és éppen ezért a gyárakban is szigorúan ellenőrzött környezetben dolgoznak. Ezek a robotok általában jól elkülönítve, védett és elkerített ketrecekben működnek, ezért nevezhetjük az ipari robotokat – kissé képszerűen –, „ketrecebe zárt robotoknak” (Cséfalvai, 2023). Ezzel szemben napjaink igazi nagy újdonsága, valódi új sztorija azoknak a robotoknak megjelenése a szolgáltató szektorokban, amelyek az ipari robotoknál sokkal rugalmasabban és sokkal inkább autonóm módon működő gépek, és egyre inkább képesek alkalmazkodni a változó környezeti körülményekhez. Mivel ezek a robotok már nem a gyáripari tömegtermelésben és nem az üzemekben ketrecekben elkülönítve működnek, hanem egyre inkább az emberrel együtt dolgoznak, ezért ezt a sztorit úgy is címkézhetjük, hogy „a robotok immár kimozdulnak a ketrecekből” (Cséfalvai, 2023).

## **A kutatási kérdések**

A két történet, az ipari robotok és a szolgáltató szektorokban megjelenő robotok története nagyon sok tekintetben eltér egymástól. Eltérő fejlődési pályán haladnak, globális elterjedésük és alkalmazásuk a világ különböző régióiban is nagyon különböző, mások az alkalmazásuk mögötti mozgatórugók és hajtóerők, eltérő a fiatal startup-ok és a nagy globális vállalatok szerepe, és ezek miatt nagyban különböznek a szakpolitikai kihívások is. Ezért ez a tanulmány négy fő kutatási kérdéssel foglalkozik:

- Mi jellemzi az ipari robotok sztoriját, melyek a főbb mozgatórugói és fejlődési tendenciái?
- Hogyan alakult az elmúlt évtizeden szolgáltató szektorban működő robotok elterjedése, mely jellemzőkkel hasonlítanak az ipari robotokhoz és melyekkel különböznek azoktól?

- Milyen szerepet játszanak a fiatal startup-ok a szolgáltató szektorban alkalmazott robotok történetében?
- Milyen szakpolitikai kihívásokat szembesülünk két különböző robotikai sztoriban?

## Adatok és módszertan

Az ipari robotok sztorijának elemzéséhez rendkívül széles és megbízható adatokkal rendelkezünk, hiszen a Nemzetközi Robotikai Szövetség (*International Federation of Robotics*, IFR) évente közzé teszi vaskos jelentését – országok és iparágak szerinti bontásban –, az ipari robotok állományának változásáról. Noha az IFR az iparági besorolásnál saját osztályozási rendszert használ, ez azonban nagyban követi a nemzetközileg elfogadott ISIC Rev. 4 kategóriákat, ráadásul a kezdetekhez képest napjainkra jelentősen csökkent a „nem specifikált”, vagyis ismeretlen alkalmazásúként megjelölt ipari robotok száma és aránya is (Jurkat, Klump & Schneider, 2022). Ezeket a szempontokat figyelembe véve tehát, és az IFR éves köteteire támaszkodva, a 1993 és 2021 közötti időszakra építettük fel adatbázisunkat.

A szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok elemzéséhez a legfontosabb forrásunk ismét az IFR volt, amely évente a közöl adatokat a szervizrobotok gyártóiról, így többek között az IFR éves jelentéseiben elérhető robotgyártó vállalatok neve, székhelyországa, alapítási éve, a foglalkoztatottak száma, valamint az általuk gyártott robotok főbb alkalmazásai területei. Az IFR-adatok egyik fő előnye, hogy idősoros elemzést tesznek lehetővé, így adatbázisunkat és elemzésünket a 2011 és 2021 közötti időszakra tudtuk kiterjeszteni. Az idősoros elemzést azonban valamelyest nehezítette, hogy az IFR 2019-ben részben megváltoztatta az alkalmazási területek kategóriarendszerét, mindenekelőtt törölte a rendszerből a védelmi célú robotokat, így külön harmonizálni kellett a 2019-es év előtti és az azt követő időszak kategóriarendszerét, valamint a vonatkozó adatokat. Ráadásul, a szolgáltató szektor számára robotokat gyártó vállalatok többsége – az alkalmazási terület szerint –, nagyon sokféle robotot készít. Ezért szolgáltató szektorban alkalmazott robotok gyártóinak a jellemzésére – azzal a feltételezéssel élve, hogy gyártó számra ez adhatja a fő profilt –, minden esetben az IFR által megjelölt alkalmazási területek listájából csak az elsőként említett alkalmazási területet használtuk.

A szolgáltató szektorban alkalmazott robotokkal foglalkozó startup-ok elemzéséhez fő adatforrásunk a Dealroom.co, a startup-okkal kapcsolatos információk vezető globális platformja volt, amely átfogó adatokat szolgáltat a világ minden országában és ökoszisztémájában működő, kockázati tőkével finanszírozott vállalatokról, a startup-ok neve, székhelye, ágazata, technológiája, finanszírozása és piaci értéke szerinti bontásban. A robotikai iparágban működő startup-ok kiszűrésére alapvetően a Dealroom előre meghatározott taxonómiáját használtuk, ám a Dealroom kategóriarendszere nem tesz különbséget a fizikai formában létező robotokkal, valamint az úgynevezett szoftver-robotokkal foglalkozó startup-ok között. Ez a megkülönböztetés pedig kulcsfontosságú, mivel a szoftver-robotok – noha nagyon elterjedt fogalomról van szó –, eléggé visszaélnék a „robot” kifejezéssel. A szoftver-robotok valójában olyan számítógépes programok, amelyek többnyire autonóm módon, virtuális feladatokat végeznek el, és csupán a számítógépes rendszeren belül léteznek. Hasonlóképpen, manapság nagyon nagy médiafelhajtás veszi körül a mesterséges intelligenciát, amely ugyan az emberhez hasonlóan problémamegoldásra és tanulásra képes szoftvereket és algoritmusokat hoz létre, de a teljesen autonóm és mesterségesen intelligens robotok inkább a nagyon távoli jövő, mintsem a jelenlegi realitás világához tartoznak. Így annak érdekében, hogy elkerüljük ezt a csapdát és kiszűrjük a fizikai formában létező robotokkal foglalkozó startup-okat, a mintát az üzleti modelként az ipari gyártást megjelölő robotikai startup-okra korlátoztuk. Ezt a keresztmetszetet

alkalmazva tehát kizártuk az elemzésből azokat a startup-okat, amelyek valójában szoftverrobotokkal – mint például „bot-okkal”, „chatbot-okkal”, vagy a robotizált folyamatautomatizálással (RPA) – foglalkoznak, mivel ezek a startup-ok a Dealroom besorolása szerint a *Software as a Service* (SaaS) üzleti modellt alkalmazzák.

További módszertani probléma, hogy a startup-ok fejlődése és a kockázati tőkebefektetések sajátos jellege miatt a startup-oknak csak egy apró töredéke felelős az innováció és az általuk bevont tőke túlnyomó részéért, míg szám szerint a startup-ok többsége általában nagyon csekély tőkét képes bevonni, vagy egyáltalán nem jut finanszírozáshoz. Például, 2022 decemberében részletesen megnéztük a Dealroom ere vonatkozó adatait, és amíg ebben az időszakban már több mint másfélmillió startup volt világszerte, csupán 4,7%-uk tudott bevonni egymillió eurónál nagyobb tőkét, 2,3%-uk mindössze ezer euró és egymillió euró közötti, míg 93%-uk ezer eurónál is kevesebb forrást. A startup-ok száma és az általuk bevont tőke nagyságát nézve tehát a megoszlásuk nagyon egyenlőtlen, szinte a hatványtörvény és a Pareto-elv szerinti eloszlást követve, és a kockázati tőkebefektetések nagy részét a startup-ok szűk csoportja viszi el. Ennek oka döntően a kockázati tőke sajátosságaiban keresendő. A kockázati tőkebefektetések ugyanis kifejezetten a Pareto-elv logikájára épülnek: a néhány sikeres startupba történő befektetés hatalmas megtérülése sokszorososan ellensúlyozza azokat a veszteségeket, amelyeket a többséget adó és a piacon gyorsan elbukó startup-ok okoznak (Thiel & Masters, 2014, Malaby, 2022). A pozitív visszacsatolás pedig tovább erősíti a hatványtörvény szerinti logikát, mert a kockázati tőkebefektetők természetesen a piaci szelekció után kiemelkedő, gyors növekedésre képes startup-ok szűk csoportjába aránytalanul nagy tőkét fektetnek be.

A Dealroom *Paul Graham* (2012) definícióját alkalmazza a startup-ra, mint „gyors növekedésre teremtett vállalkozásra” (Dealroom, 2021). És bár ez a definíció kiküszöböli az olyan önkényes vett küszöbértékeket, mint a cégek életkora, technológiája, finanszírozási módja, piaci értéke, vagy foglalkoztatottjainak a száma, a valóságban csak nagyon kevés startup képes a gyors növekedésre. Hasonlóképpen, *Eric Ries* (2011, 27) széleskörben elterjedt definíciója szerint a startup-ok „olyan szervezetek, amelyeket egy új termék vagy szolgáltatás megteremtésére hoztak létre, de még szélsőséges bizonytalanság jellemzi működésüket”. *Steve Blank* és *Bob Dorf* (2020, xvii) ugyancsak gyakran idézet meghatározása pedig úgy írja le a startup-okat, mint „ideiglenes jelleggel működő szervezetek, amelynek célja, hogy a piacon alkalmazható és a növekedést elősegítő üzleti modellt alakítsanak ki”. A startup-ok túlnyomó többsége azonban a vállalkozás indításának korai szakaszában van, és nem képes a Ries által említett szélsőséges bizonytalanságot leküzdeni, vagy nem képes kifejleszteni azt a tartósan is életképes üzleti modellt, ami Blank és Dorf definíciójának egyik alapvető összetevője. Ezért *Eric Flamholtz* és *Yvonne Randle* (2016) a gyors növekedési szakaszba eljutott startup-ok-ra egy újabb kifejezés – a „szervezeti scaleup” – használatát javasolja. Ezek a startup-ok, vagyis immár scaleup-ok, már jelentős tőkét gyűjtöttek, piacépes termékeket és jól alkalmazható üzleti modelleket fejlesztettek ki, és éppen ezért képesek gyorsan növekedni. A startup ökoszisztémák globális rangsorolásával foglalkozó intézmények és szervezetek – mint az *Erasmus Centre for Entrepreneurship*, (2021), a Dealroom és Sifted (2021), vagy az Early Metrics (2021) – indikátorok egész sorát használják a scaleup-ok lehatárolására, mint például az éves növekedési ráta, az alkalmazottak számának növekedése, vagy az éves forgalom növekedése. Abban azonban megegyeznek, hogy csak azok a startup-ok sorolhatók a scaleup-ok közé, amelyek már képesek voltak legalább egymillió dollárnyi kockázati tőkét bevonni.

Mindezen alapján 2023 áprilisában a Dealroomból letöltöttük a robotika scaleup-okat, vagyis azoknak a startup-oknak adatait, amely a robotikai iparág területén működnek, és üzleti modelljük az ipari gyártás, továbbá legalább egymillió euró tőkét vontak már be (megjegyzés: a

Dealroom a finanszírozást euróban számolja). Így összesen közel ezer robotikai scaleupot vetettünk elemzés alá, amelyek együttesen mintegy 57 milliárd eurónyi forrást vontak be.

## Robotok a ketrecekben: az ipari robotok alkalmazásának földrajzi és ágazati képe

Napjainkban az ipari robotokat sajátos kettőség jellemzi: egyfelől ezeket már valóban tömegméretekben használják, másfelől viszont – a várakozásokkal ellentétben – az iparágaknak csak egy nagyon szűk körében, ahol szinte iparági sztenderd lett az alkalmazásuk. Jellemző, hogy az elmúlt két és fél évtizedben az 1995-ös hatszázezerről 2021-re világszerte közel három és félmillióra emelkedett a gyártásban alkalmazott ipari robotok száma (lásd *1. táblázat*).

Ezt a gyors növekedést azonban jelentős földrajzi átrendeződés, az innovációk fejlődésmentléből jólismert első piacra lépők és a gyors követők dilemmája kísérte. Amíg 1995-ben az ipari robotok alkalmazásában Japán volt mesze a világelső, és a globális állomány kétharmada ebben az országban működött, addig 2021-ben már annak csak egytizede volt Japánban. Ezzel szemben Kínában 1995-ben még egyetlen ipari robotot sem alkalmaztak, 2021-ben viszont – több mint 1,2 millió robottal –, már Kína adta a világ robotállományának egyharmadát. Az Európai Unióban, az ipari nagyhatalom Németországban található a legtöbb ipari robot, és az unión belüli arányuk – 42% és 48% között ingadozva –, az 1995 és 2021 közötti időszak teljes egészében stabil maradt.

*1. táblázat. Az ipari robotok állományának alakulása a világ főbb országai és régiói szerint, 1995-2021 (az alkalmazott ipari robotok száma, ezer darab, és az országok részesedése %-ban)*

	Japán		Európai Unió		Egyesült Államok		Korea		Kína		Világ összesen
	robot	%	robot	%	robot	%	robot	%	robot	%	
1995	387	64.0	109	18.0	57	9.4	18	3.0	0	0.0	605
2000	389	51.9	189	25.2	90	12.0	38	5.1	1	0.1	751
2005	373	40.7	271	29.6	140	15.3	62	6.7	12	1.3	918
2010	308	29.1	325	30.7	173	16.4	101	9.5	52	4.9	1,059
2015	287	17.6	390	23.9	234	14.4	210	12.9	256	15.7	1,632
2020	374	12.3	531	17.5	314	10.4	343	11.3	962	31.7	3,035
2021	393	11.3	579	16.7	341	9.8	366	10.5	1,224	35.2	3,477

Forrás: International Federation of Robotics,  
World Robotics: Industrial Robots, issues 2005-2022.  
VDMA, Frankfurt am Main alapján saját számítás

Ám nagyban más kép rajzolódik ki akkor, ha a gazdaság méretét is figyelembe vesszük, és az IFR robot-sűrűségi mutatóját, - tízezer feldolgozóipari foglalkoztatottra jutó ipari robotok számát, - elemezzük. Ez alapján nemcsak a kisebb gazdaságok, mint Szingapúr, hanem a korábbi éllovasok is, mint Japán, nagyon magas értékeket mutatnak, míg napjainkban Koreában a legmagasabb a robot-sűrűség (lásd a *2. táblázatot*). Sőt, ma már a késői gyors követő stratégiáját alkalmazó Kínába is nagyobb az ipari robotsűrűség, mint az Egyesült Államokban.

2. táblázat. Az ipari robotsűrűség alakulása, kiválasztott országok, 2012-2021  
(robotsűrűség = tízezer feldolgozóipari foglalkoztatottra jutó ipari robotok száma).

	Korea	Szingapúr	Japán	Németország	Kína	Egyesült Államok	Világ- átlag
2012	393	101	319	272	23	141	52
2015	585	181	303	301	51	175	65
2020	935	600	376	371	253	255	123
2021	1,000	670	399	397	322	274	141

Forrás: International Federation of Robotics (2022) World Robotics: Industrial Robots, VDMA, Frankfurt am Main. Saját számítás.

A közvélekedéssel és sokak várakozásával ellentétben azonban az ipari robotok alkalmazási területei rendkívül korlátozottak (lásd a 3. táblázatot). Az ipari robotok száma az autópiparban az 1995-ös 138 ezerről folyamatosan nőtt, és 2021-re világszerte több mint egymillióra emelkedett, ezzel párhuzamosan pedig részarányuk a globális ipari robotállományból 22,8%-ról 30,8%-ra ugrott. Ha mindehhez hozzávesszük az elektromos és elektronikai iparban, valamint a fém- és gépiparban működő robotok számát, akkor ezek az iparágak együttesen világban működő ipari robotok mintegy kétharmadát adták az 1995 és 2021 közötti teljes időszakban, ami 2021-ben több mint 2,3 millió ipari robotot jelentett.

3. táblázat. Az ipari robotok állományának alakulása a főbb iparágak szerint, 1995- 2021  
(ipari robotok száma, ezer darab, az ágazatok részesedése %-ban)

	Autópipar		Elektromos és elektronikai ipar		Fém és gépipar		Világ, összesen robot
	robot	%	robot	%	robot	%	
1995	138	22.8	152	25.1	83	13.7	605
2000	179	23.8	152	20.2	73	9.7	751
2005	292	31.8	141	15.4	76	8.3	918
2010	384	36.3	157	14.8	100	9.4	1,059
2015	623	38.4	329	20.3	161	9.9	1,623
2020	974	32.1	765	25.2	320	10.5	3,035
2021	1,071	30.8	882	25.4	378	10.9	3,477

Forrás: International Federation of Robotics, World Robotics: Industrial Robots, issues 2005-2022. VDMA, Frankfurt am Main alapján saját számítás

Ezzel szemben a további feldolgozóipari ágazatokban – például a műanyag- és vegyiparban, az élelmiszeriparban, az üveg-, kerámia-, kő- és ásványi anyagokat gyártó iparban, a papíriparban és a textiliparban – alkalmazott ipari robotok száma 1995 és 2021 között nagyon alacsony szinten maradt. *Enrique Fernández-Macías* és szerzőtársai számításai szerint a robotsűrűség ezekben az ágazatokban gyakorlatilag a nullához közelít (Fernández-Macías, Klenert & Antón 2021). Más szóval: az ipari robotokat egyre inkább a közepes vagy magasabb képzettségi követelményeket támogató iparágakban alkalmazzák, és – az elterjedt várakozásokkal ellentétben (Autor, Levy & Murnane 2003; Acemoglu & Autor 2010; Autor & Dorn 2013) – nagyon korlátozott mértékben vagy egyáltalán nem olyan iparágakban, ahol alacsony képzettségű munkavállalókat foglalkoztatnak, és ahol az elvégzett rutinfeladatok a mai technológiával is könnyen helyettesíthetők robotokkal (UNCTAD, 2017; OECD, 2019). Emellett 2021-ben több mint félmillió robotot az úgynevezett "nem specifikált", vagyis ágazathoz nem sorolható, vagy

ágazatát tekintve meghatározatlan robotok adták, amelyek a globális robotállomány közel 17%-a volt.

Az ipari robotokat tehát ma széles körben olyan iparágakban alkalmazzák, amelyek nagyon tőke- és technológiaigényesek, mint az autóipar, az elektronika és a fémipar. Ezeket az iparágakat viszonylag kevés nagy globális szereplő dominálja, és így beruházási döntéseik közvetlen kihatnak egy adott országban mind az ipari robotok számára, mind a robotsűrűsége. A nagyvállalatok pedig nemcsak lényegesen nagyobb pénzügyi forrásokkal rendelkeznek, mint kisebb társaik, hanem nagyobb tapasztalattal is az új termelési technológiák bevezetésében, és – ami talán a legfontosabb – nagyobb méretgazdaságossági előnyökkel ahhoz, hogy az ipari robotokat hatékonyan használják. Így az a kettősség, hogy az ipari robotok használata alig néhány iparágra korlátozódik, de ezekben az iparágakban nagytömegben alkalmazzák az ipari robotokat, szinte természetesen a globális szereplőknek kedvez.

## **A ketrecekbe zárt robotok sztorija: modellek és magyarázatok**

Két jól ismert közgazdasági modell is magyarázatul szolgálhat az ipari robotok alkalmazásának sajátos kettősségre. Az első a termékéletről igen népszerű modellje, amelyet eredetileg *Raymond Vernon* (1966) alkalmazott a nemzetközi kereskedelemre az 1960-as években. A modell egy adott termék értékesítésének változását ábrázolja az idő függvényében, és öt egymást követő fázist különböztet meg, mint a fejlesztés, a piacra lépés, a növekedés, az érett szakasz és a hanyatlás ideje. A termék értékesítése a fejlesztés és a piaci bevezetés idején még nagyon szerény méretű, ezt követi az értékesítés megugrása növekedési szakaszban, majd magas szinten való stabilizálódása az érett szakaszban, végül a piac lassú telítődésével, a hanyatlási szakaszban csökken a kereslet és így az értékesítés volumen is. Az ipari robotok számának gyors növekedését figyelembe véve, különösen az elmúlt évtizedben, amikor az egymillióról hárommillióra nőtt a számuk, úgy tűnik, hogy az ipari robotok ma már az életciklusmodell szerint a növekedési fázisban vannak.

Ez a növekedés azonban csak néhány feldolgozóipari ágazatra korlátozódik, amelyre az *Everett Rogers* által szintén az 1960-as években kidolgozott, és ugyancsak jól ismert közgazdasági modell, az innováció diffúziós modellje nyújthat magyarázatot (Rogers, 1983; Bass, 1969; Moore, 2014; Mahajan, Muller & Srivastava, 1990). A modell szerint egy innováció terjedése a haranggörbe alakú eloszlás mentén halad, amely során és egymást követően az innovációt alkalmazók különböző csoportjai jelennek meg, amelyek egyúttal a lehetséges alkalmazók meghatározott arányát adják. Így először az úgynevezett újítók tűnnek fel, vagyis azok, akik elsőként használják az innovációt (és ez adja a potenciális alkalmazói piac 2,5%-a). Őket követik a korai alkalmazók (13,5%), akik mintegy vízionárusként meglátják az innovációban a jövőt és a piaci lehetőséget. Majd a korai többség (34%), akiket már inkább a gyakorlati hasznosítás gazdasági előnyei győznek meg az innováció átvételére, őket követően a késői többség (34%), akik nem akarnak kimaradni abból az innovációból, amit már az egyre növekvő többség is használ, végül a lemaradók (16%), akik utolsókként alkalmazzák az innovációt. Ha Rogers modelljét átültetjük az ipari robotok alkalmazására, akkor az autóiparban, az elektromos iparban és az elektronikában, valamint a fémiparban és a gépgyártásban az ipari robotok alkalmazása már a korai többség csoportjához is eljutott, és talán már a késői többséghez is elért, vagyis a potenciális alkalmazók több mint fele használja az innovatív technológiát, az ipari robotokat. Ezzel szemben az ipari robotok a többi iparágban, mint például a műanyagiparban, a vegyiparban, a textiliparban vagy az élelmiszeriparban, amelyek jelenleg a globális ipari robot állomány minimális töredékét alkalmazzák, talán még csak a korai alkalmazókhoz értek el. Más szóval, az ipari robotok elterjedése iparáganként meglehetősen szelektív, és a különböző iparágak ma

még az innováció diffúziójának, vagyis az ipari robotok alkalmazásának nagyon eltérő szakaszaiban található.

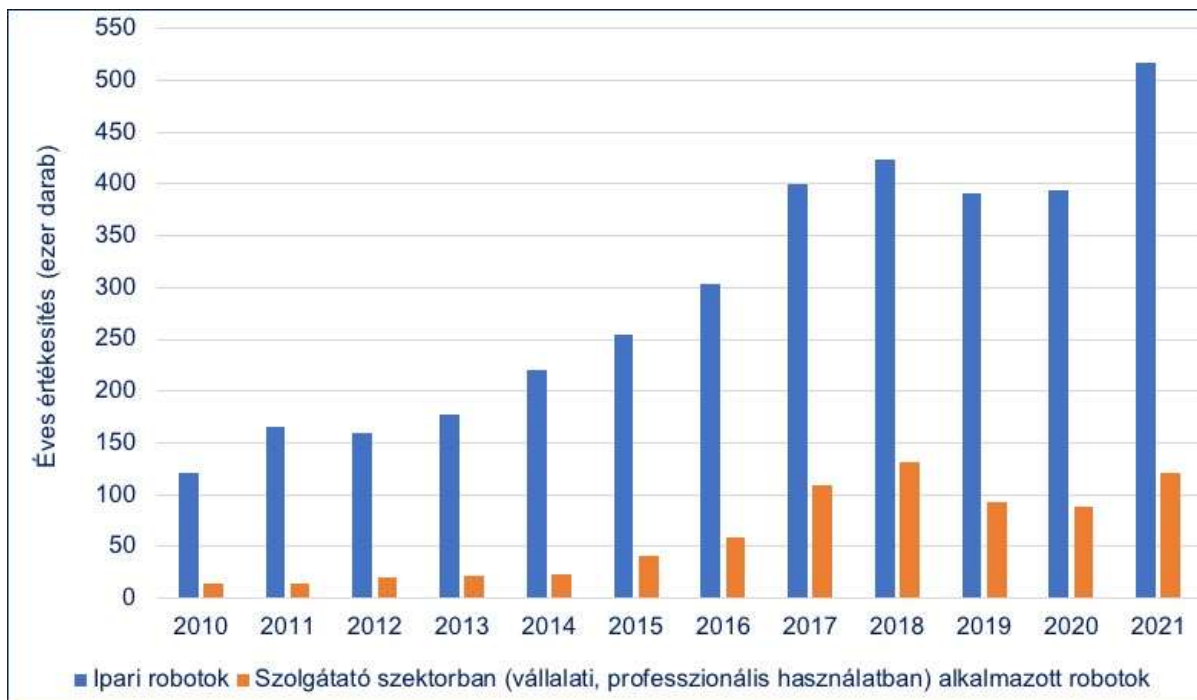
Az ipari robotok országokként és régiókként erősen különböző mértékű alkalmazására, valamint ehhez kapcsolódóan az eltérő robotsűrűségi mutatók értelmezésére szintén több, egymással is versengő magyarázat jelent meg. Az első – *Robert Atkinson* érvelését követve – a munkaerőköltség, valamint az ipari robotok költségei közötti különbség szerepét hangsúlyozza. Minél magasabbak ugyanis egy adott országban az ipari munkabérek, annál jobban megéri a robotok alkalmazása, és annál nagyobb a robotsűrűség, hiszen magas bérek mellett a munkaerő költsége, valamint a robotok beszerzési és üzemeltetési költsége közötti különbség már nagyon kicsire szűkül, és így a robotok alkalmazásának megtérülési ideje is szintén nagyon lerövidül. A magas munkaerőköltség tehát egyúttal nagyon jövedelmezővé teszi az ipari robotokba történő beruházásokat, és ez viszi előre a robotok egyre nagyobb számban való alkalmazását, továbbá ugyancsak ez hajtja egyre magasabbra robotsűrűséget is (Atkinson, 2018; OECD, 2019; UNCTAD, 2017; Melrose & Tilley 2017; Chiacchio, Petropoulos & Pichler 2018).

Hasonlóképpen – második magyarázatként – ha egy adott ország feldolgozóiparában jelentős a munkaerőhiány, akkor arra a vállalatok, értelemszerűen az ipari robotok növekvő alkalmazásával is válaszolhatnak. Harmadik hajtóerő lehet a magas kutatás-fejlesztési ráfordításokkal és a jól képzett kutatói munkaerő jelenlétével jellemezhető fejlett innovációs ökoszisztéma is, amely innovációs és kutatási háttérrel segíti elő az ipari robotok alkalmazását. Különösen azokban az iparágakban, amelyekben napjainkban még nem terjedt el széleskörben az ipari robotok használata, amelyeknél így ez az ökoszisztéma egyfajta közvetítő szerepet játszhat. Végül, az ipari robotok alkalmazása erősen korlátozódik néhány ágazatra, ami azokban az országokban, amelyek ezekre a robotizált ágazatokra specializálódnak, például az autóiiparra vagy az elektronikára, ugyancsak az ipari robotok nagyobb mértékű alkalmazásához és nagyobb robotsűrűséghez vezethet. Sőt, a robotizált iparágakra, például az autóiiparra való specializálódás még – kicsit ellensúlyozva az első, a munkaerőköltség és a robotokba történő beruházás költségei közötti különbségre épülő magyarázatot –, a viszonylag alacsony bérű országokban is magas robotsűrűséggel párosulhat. Erre talán a legjobb példát az autóiiparra erősen specializálódott kelet-közép-európai országok adják (Cséfalvay, 2020, Jungmittag, 2021). Ez a példa pedig egyúttal azt is mutatja, hogy a valóságban nincs csupán egyetlen hajtóerő, amely tökéletesen kielégítő magyarázatot adna egy adott országban az ipari robotok elterjedésére és a robotsűrűségre. A legtöbb esetben ezeknek a hajtóerőknek sajátos kombinációi alakítják az ipari robot terjedését és alkalmazását.

## **A szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok alacsony száma**

Noha első pillantásra úgy tűnhet, hogy a szolgáltató szektorban működő robotok sztorija – kisebb-nagyobb időbeli késéssel, de – követi a ketrecekbe zárt ipari robot történetének forgatókönyvét, ez a sztori sok tekintetben egyenesen az ipari robotok történetének az ellentéte. Ennek oka az, hogy – a termékéletről modellre alapul véve – a robotok alkalmazása a szolgáltató szektorokban még csupán az életciklus kezdeti állomásain, a fejlesztés és a piacra lépés szakaszában vannak. Hasonlóképpen – az innováció diffúziós modelljére támaszkodva –, ezek a robotok még csupán az innovátorokhoz vagy a korai alkalmazókhoz jutottak el. Jól jelzi ezt, hogy a szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok elterjedése nagyságrendekkel elmarad az ipari robotokétól. Az ipari robotok éves értékesítése az utóbbi időkben négyszázezer körül mozgott, míg a szolgáltató szektorokban alkalmazható robotoké majdnem négyszer kevesebb, és a gyártók évente csupán mintegy százezer robotot értékesítettek a vállalatok számára, professzionális használatra (lásd az *1. ábrát*).





1. ábra. Az ipari robotok valamint a szolgáltató szektoroknál vállalati, professzionális használatban lévő robotok éves értékesítésének alakulása, 2010-2021 (ezer darab)

Forrás: International Federation of Robotics, World Robotics: Service Robots, issues 2011-2022. VDMA, Frankfurt am Main alapján saját számítás és ábrázolás

Ellentétben azonban az ipari robotokkal, a szolgáltató szektorokban alkalmazható robotoknál nem állnak rendelkezésre megbízható adatok arról, hogy ezeket hol, mely országokban és mely ágazatokban használják. Ugyanakkor az IFR nagyon részletes statisztikákat közöl a szolgáltató szektorokban alkalmazható robotok gyártóiról, név, alapítási év, foglalkoztatási méret, székhelyország, valamint a gyártók által készített robotok alkalmazási területei szerinti bontásban.

Ezért a továbbiakban ennek a sztorinak az elemzését elsősorban a robotok gyártóinak adataira alapozzuk, ami egyúttal lehetővé teszi azt is, hogy idősoros vizsgálatot végezzünk.

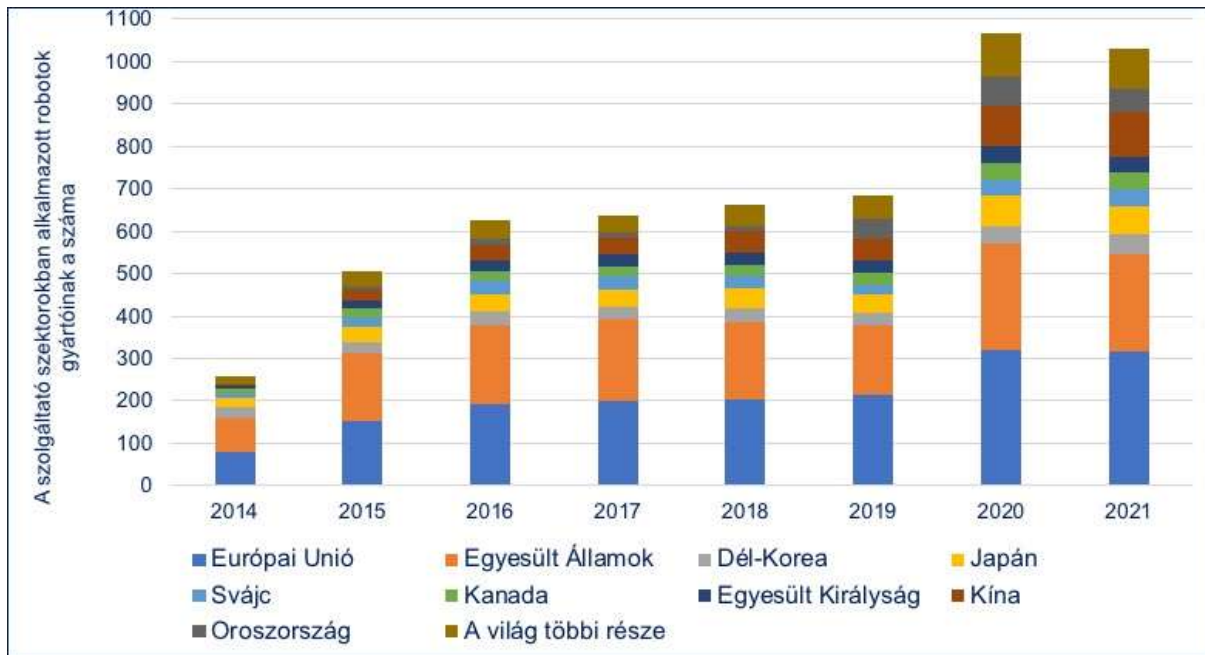
## A szolgáltató szektorban alkalmazható robotok gyártói: az első piacra lépők és a gyors követők

A robotok gyártói természetesen az ipari robotok sztorijában is fontos szerepet játszanak, és ezt az ágazatot ebben az esetben is viszonylag kevés ország nagyvállalata dominálja. *Nancey Green Leigh és Benjamin Kraft (2018)* szerint az a 28 nagy ipari robotgyártó, amelyek az IFR számára adatokat nyújtanak, székhelyüket nézve mindössze 12 országban található. Sőt, csupán négy olyan ország van, ahol három vagy több ipari robotgyártó cég található; Dániában és Svájcban három-három, míg Németországban és Japánban hat vállalat. Európában pedig – Si-

*mon Forge* és *Colin Blackman* (2010) elemzése szerint – az ipari robotok gyártására szakosodott nagyvállalatok köre csupán nyolc országra terjed ki: Németország, Svájc, Svédország, Olaszország, Franciaország, Egyesült Királyság, Hollandia és Ausztria. Ugyanakkor, egy tágabb, versenypolitikai összefüggést tekintve, *Alec Ross* (2016) azt is kihangsúlyozza, hogy egy ország versenyhelyzetének erősítéséhez elengedhetetlenek a robotgyártók. Ha az ipari robotok alkalmazásának teljes értékláncát nézzük – a robotok fejlesztőitől a robotok gyártóin át az ipari robotokat alkalmazó vállalatokig – akkor könnyen belátható, hogy robotizációért zajló globális versenyben azok az országok járnak az élen, azoknál van a versenyelőny, amelyek a teljes láncot uralják (Cséfalvay & Gkotsis, 2022). Míg, azok az országok, amelyek a különböző iparágakban csupán alkalmazzák az ipari robotokat – robotikai fejlesztés és robotgyártás nélkül –, gyengébb helyzetben vannak ebben a versenyben. Részleteiben nézve a robotizáció öt meghatározó országát és régióját, Európa, és azon belül Németország részesedése kiemelkedő a világ ipari robotgyártó szektorában. Az Egyesült Államok erőssége a robotikai fejlesztés, Japán és Korea egyaránt jó pozíciókkal rendelkezik a teljes értéklánc minden elemében, míg Kína – noha az országban az ipari robotok száma rendkívül gyorsan növekszik, – ma még lemaradásban van a versenytársaktól mind a robotikai fejlesztésben, mind pedig a robotgyártásban.

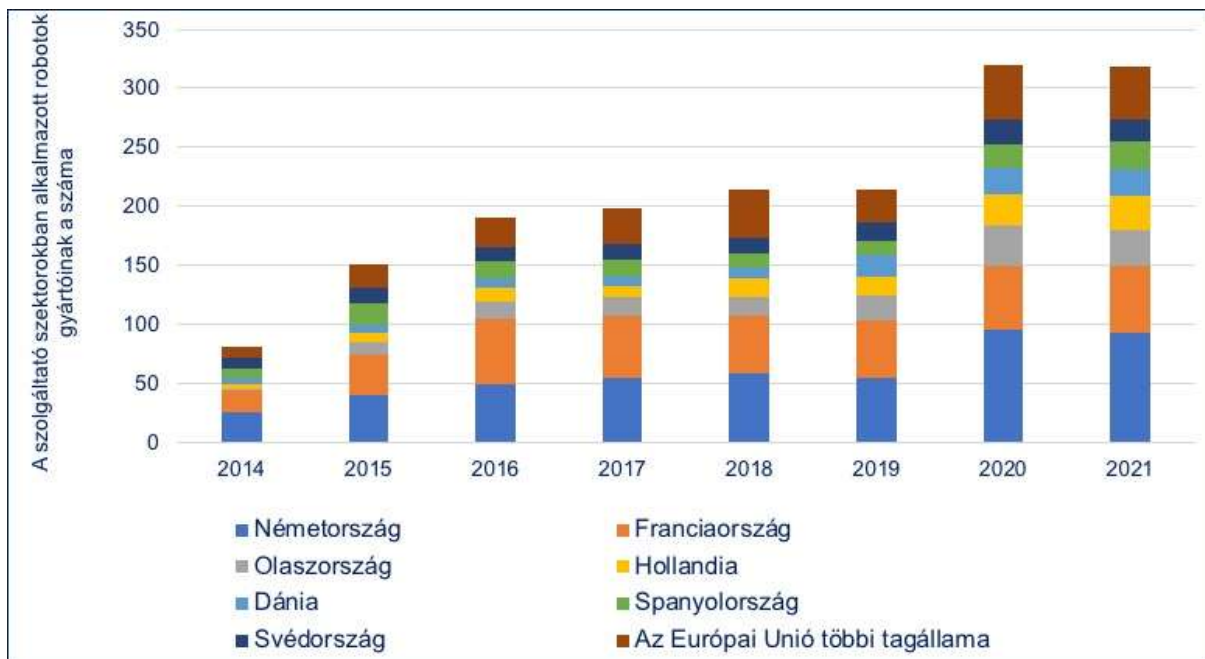
A szolgáltató szektorban alkalmazható robotok alacsony elterjedtsége ellenére, a szektor számára robotokat gyártó vállalatok fejlődése részben követi azt az utat, ami az ipari robotok elterjedésénél is megfigyelhető volt. Először is, az elmúlt években a szolgáltató szektorban alkalmazható robotokat gyártó vállalatok száma nagyon gyorsan – a 2014-es 257 gyártóról 2021-re 1031 gyártóra –, csaknem ötszörösére emelkedett, és a növekedés különösen kiugró volt a 2019 és 2020 közötti időszakban (684 gyártóról 1067 gyártóra). Ennél is feltűnőbb hasonlóság, hogy a szolgáltató szektor számára robotokat gyártó vállalatok (székhely szerinti) nagy többsége, mintegy háromnegyede, az ipari robotok terén is meghatározó öt országban és régióban található (lásd a 2. ábrát). A meghatározó öt ország között azonban 2014 és 2022 között itt is jelentős súlyponteltolódás játszódott le. Ez alatt az időszak alatt az elsőként piacra lépők aránya a gyártók között jelentősen csökkent, Japán részesedése 7,8%-ról 6,5%-ra, Koreáé 10,9%-ról 4,6%-ra, az Egyesült Államoké pedig még ennél is nagyobb mértékben, 30,4%-ról 22,0%-ra esett vissza. Ezzel szemben feltűnő, hogy Európai Unió robotgyártók részesedése a 2014 és 2021 között szinte stabilan 30% körül maradt. Az átrendeződések és a súlyponteltolódások ellenére, az Európai Unió és az Egyesült Államok tehát továbbra is vezető szerepet töltenek be a szolgáltató szektorokban alkalmazható robotok gyártásában, hiszen együttesen a gyártók több mint felének (52,8%) nyújtanak székhelyet.

Mindezzel párhuzamosan úgy tűnik, hogy Kína itt is a gyors követők pályájára lépett, hiszen amíg Kínában 2014-ben még csak öt olyan robotgyártó vállalat volt, amelyek a szolgáltató szektorokban alkalmazható robotokkal foglalkozott, ezek száma 2021-re már 104-re emelkedett. Ennek megfelelően Kína részesedése a robotgyártó országok között a 2014-es 2%-ról 2021-re 10%-ra emelkedett. Oroszország még ennél is később csatlakozott a gyors követők csoportjához, és amíg 2014-ben egyáltalán nem volt ilyen robotgyártó az országban, ma már 5% körüli a részesedése. Úgy tűnik tehát, hogy a szolgáltató szektorok számára termelő robotgyártók közötti változások szinte megismétlik az ipari robotok elterjedésénél tapasztalt mintát, az első piacra lépők, mint Japán, Korea és az Egyesült Államok, valamint a gyors követők, mindenekelőtt Kína, közötti innovációs dilemmát.



2. ábra. A szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok gyártóinak a száma, országok és régiók szerint, 2014-2021

Forrás: International Federation of Robotics, World Robotics: Service Robots, issues 2015-2022. VDMA, Frankfurt am Main alapján saját számítás és ábrázolás



3. ábra. A szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok gyártóinak a száma Európában, országok és régiók szerint, 2014-2021

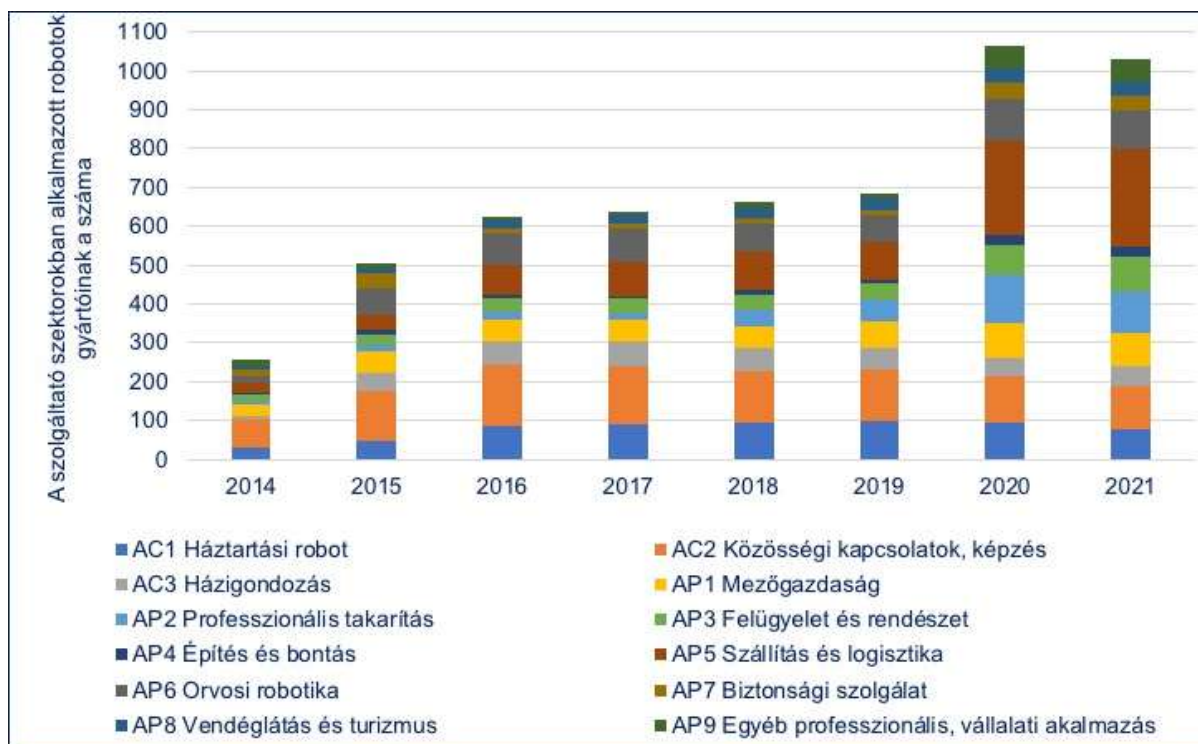
Forrás: International Federation of Robotics, World Robotics: Service Robots, issues 2015-2022. VDMA, Frankfurt am Main alapján saját számítás és ábrázolás

Az Európai Unióban Németország, Franciaország és Olaszország adja a robotgyártók több mint felét, és Hollandiával, Dániával, Spanyolországgal és Svédországgal együtt szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok gyártóinak több mint 80%-át koncentrálnak (lásd a 3. ábrát). Ám, amíg Németország részesedése a gyártó vállalatok között a 2014-2021-es időszakban stabilan 30% körül mozgott, addig Franciaország részesedése 22,2%-ról 17,6%-ra csökkent, hasonlóan Svédország részesedése 12,4%-ról 6,0%-ra, Spanyolországé pedig 9,9%-ról 7,2%-ra esett vissza. Az olaszországi gyártók aránya viszont 2,5%-ról 9,7%-ra, a hollandiaiaké 3,7%-ról 9,1%-ra, a dániaiaké pedig 6,2%-ról 7,2%-ra növekedett. Európában tehát a vezető robotgyártó országok között – Németország, Franciaország, Olaszország, Hollandia, Dánia, Spanyolország és Svédország – lejátszódott egyfajta átrendeződés, ám ezzel párhuzamosan az Európai Unió további országaiban a robotgyártók száma folyamatosan rendkívül alacsony maradt. Ez pedig mintegy újabb területen, ismét leképezi az Európai Unió belüli regionális és fejlettségi egyenlőtlenségeket, így például Kelet-Közép-Európában – Lengyelország kivételével –, egyetlen országban sem találunk robotgyártó vállalatot.

## **A háztartásokban használt robotoktól a vállalatok által professzionális feladatok ellátására alkalmazott robotokig**

Az ipari robotok valamint a szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok közötti hasonlóságok azonban látványosan megszakadnak, amikor az elemzésben az alkalmazási területekhez jutunk: az ipari robotok használata alig néhány feldolgozóipari ágazatra korlátozódik, ezzel szemben a szolgáltató szektorok számára termelő robotokgyártók az alkalmazások széles körében használható robotokat készítenek. A 2014 és 2021 közötti időszakban a robotgyártók számának gyors növekedésével párhuzamosan ugyanis egy nagyon radikális trendváltás is lejátszódott. A robotgyártó vállalatok – fő profiljukat nézve –, a háztartásokban használt robotoktól a vállalatok által professzionális feladatok ellátására alkalmazott robotok, és a tágra vett szabadidőeltöltési alkalmazásoktól a mobilitást elősegítő alkalmazások felé mozdultak el (lásd a 4. ábrát). 2014-ben a gyártók több mint 44%-a a háztartási felhasználásra szánt robotokra specializálódott, ez az arány azonban 2021-re 23%-ra csökken. Ennél is nagyobb mértékben, 29,2%-ról 11,0%-ra csökkent a háztartási felhasználásra szánt robotok gyártók aránya a közösségi kapcsolatok és az oktatás területén. Ugyanakkor a professzionális felhasználású robotokra specializálódott gyártók száma a 2014-es 116-ról 2021-ben 791-re növekedett. A szállítás és a logisztika területén működő robotgyártók aránya több mint kétszeresére, 10,1%-ról 24,2%-ra, míg az gyógyászati robotoké 6,6%-ról 9,9%-ra, a professzionális takarításé pedig 3,5%-ról 10,4%-ra emelkedett a 2014 és 2021 közötti időszakban.

A robotgyártók tehát ma már sokkal inkább a piaci kereslethez igazodnak, mintsem a robotokat övező médiafelhajtáshoz. Az elmúlt évtized közepén ugyanis hatalmas hype, és ennek következményeként messzemenően eltúlzott várakozások övezték a robotok megjelenését, és még inkább a jövőjét a szolgáltató szektorokban is. Noha – ilyen a technológiai hype-ok természeténél fogva – nagyon hamar kiderült, hogy a technológia fejlettségének korlátjai miatt az optimista várakozások nem válnak valósággá. Ezért a robotgyártók is az otthoni használatra tervezett robotok helyett egyre inkább a vállalatok által professzionális feladatok ellátására használható robotok felé fordultak, mintegy válaszként például a raktári robotok, vagy a sebészeti robotok iránt növekvő keresleti igényekre.



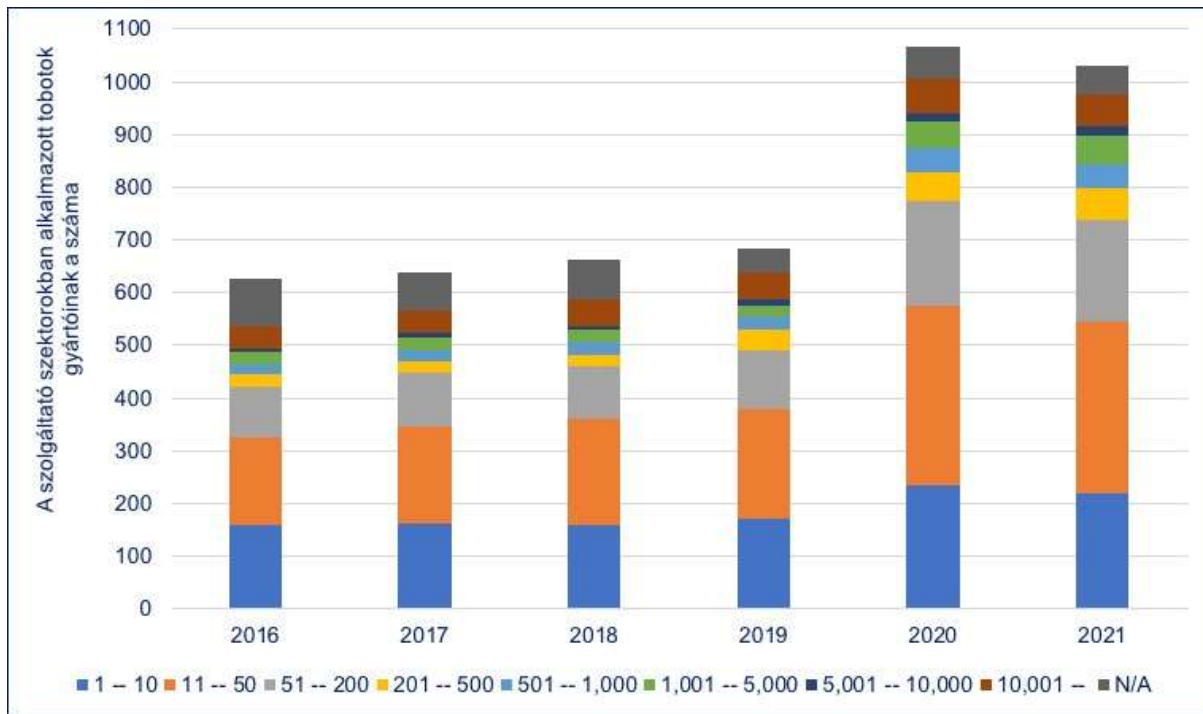
4. ábra. A szolgáltató szektorokban használt robotok gyártóinak száma az alkalmazási területek szerint, 2014-2021

Forrás: International Federation of Robotics, World Robotics: Service Robots, issues 2015-2022. VDMA, Frankfurt am Main alapján saját számítás és ábrázolás

## A kicsi és fiatal robotgyártók felemelkedése

Ugyancsak jelentős különbség az ipari robotok alkalmazásával és elterjedésével szemben, hogy a kicsi és fiatal gyártók kiemelt szerepet játszanak a szolgáltató szektorok számára robotokat fejlesztő és gyártó vállalatok között. Közülük ugyanis minden második robotgyártó ötven főnél kevesebbet foglalkoztat, és ez az arány az elmúlt évtized második felében végig stabilan megmaradt (51,8% 2016-ban vs. 52,9% 2021-ben) (lásd az 5. ábrát). Az ezer főnél több alkalmazottat foglalkoztató nagy gyártók részesedése az összes gyártóból viszont – szintén stabilan –, 10% körül maradt.

Noha az általános trend a kicsi és fiatal robotgyártó vállalatok növekvő szerepe, az egyes országok jelentősen eltérnek ettől. Az Egyesült Államokban a robotgyártó cégek foglalkoztatási méret szerinti aránya még jól követi a globális tendenciát, - az ötven főnél kevesebbet foglalkoztató gyártók adják az összes 54,6%-át, míg az ezer főnél többet foglalkoztató gyártók 10,6%-át. Ezzel szemben Németországban és Japánban a nagy gyártók ennél sokkal nagyobb súllyal szerepelnek, hiszen mindkét országban a robotgyártók több mint egyharmada ezer főnél többet foglalkoztat. A másik pólust Európában Franciaország és Hollandia adja, ahol a gyártók mintegy 70%-a ötven főnél kevesebbet foglalkoztató kisvállalkozás.

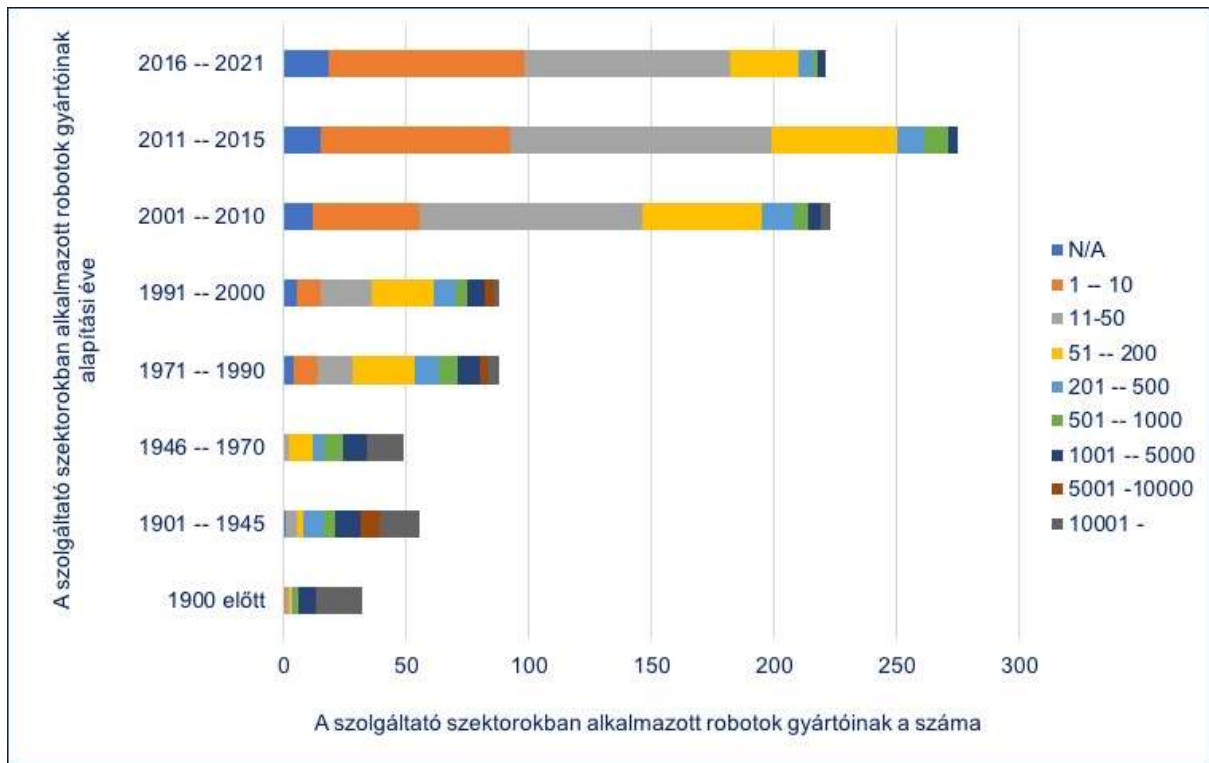


5. ábra. A szolgáltató szektorokban használt robotok gyártóinak száma, a foglalkoztatottak nagyságkategóriái szerint, 2014-2021

Forrás: International Federation of Robotics, World Robotics: Service Robots, issues 2017-2022. VDMA, Frankfurt am Main. alapján saját számítás és ábrázolás

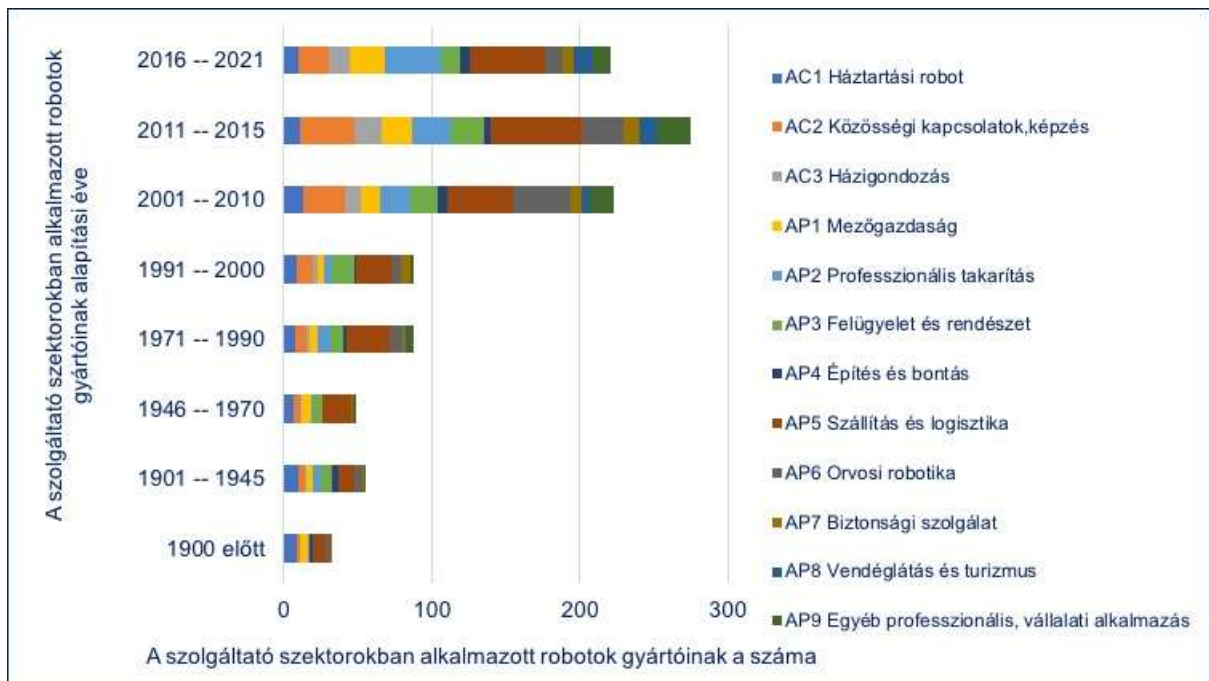
Az alacsony foglalkoztatotti kétszámossal rendelkező robotgyártók, egyúttal a legfiatalabbak is, mintegy számszerűségében is alátámasztva azt az elméleti feltételezést, hogy a szolgáltató szektorokban alkalmazható robotok ma még a piaci életciklus korai szakaszában vannak. Jellemző, hogy a robotgyártók több mint kétharmada az elmúlt két évtizedben alakult, az 1031 gyártóból 221-et 2016 és 2021 között, 275-öt 2011 és 2015 között, 223-at pedig 2001 és 2010 között alapítottak (lásd a 6. ábrát). Sőt, az ötven főnél kevesebb embert foglalkoztató robotgyártó vállalkozások 88%-a az ezredforduló után alakult, mintegy harmaduk pedig még fiatalabb, csak 2016 után jött létre. Ezzel szemben az ezer fő feletti foglalkoztatási létszámmal rendelkező robotgyártó vállalatok az összes gyártónak csak 12,7%-át teszik ki, de kétharmadukat 1970 előtt alapították.

A robotgyártók korszerkezete részben magyarázatot ad az alkalmazási területeknél megfigyelhető súlyponteltolódásra is a háztartási felhasználástól a vállalati professzionális alkalmazás felé, mint a közlekedés, a gyógyászati robotika vagy a professzionális takarítás (lásd a 7. ábrát). A 2010 előtt alapított robotgyártók közel 60%-a a háztartási alkalmazásokra, mindenekelőtt a közösségi kapcsolatokra és oktatási alkalmazásokra specializálódtak. A másik oldalról nézve pedig, azoknak a robotgyártóknak a 60%-a, amelyek professzionális takarításra, szállításra és logisztikára, valamint gyógyászati robotikára specializálódtak 2010 után alakult. Magyarán: a felhasználási területekben látható súlyponteltolódásnak, a háztartási robotoktól a vállalati professzionális felhasználás felé való elmozdulásnak a nemrég alapított kis cégek adják a fő hajtóerőt.



6. ábra. A szolgáltató szektorokban használt robotok gyártóinak száma és megoszlása a vállalatok alapítási éve és a foglalkoztatási méretosztály szerint, 2021

Forrás: International Federation of Robotics (2022) World Robotics: Service Robots 2022. VDMA, Frankfurt am Main alapján saját számítás és ábrázolás



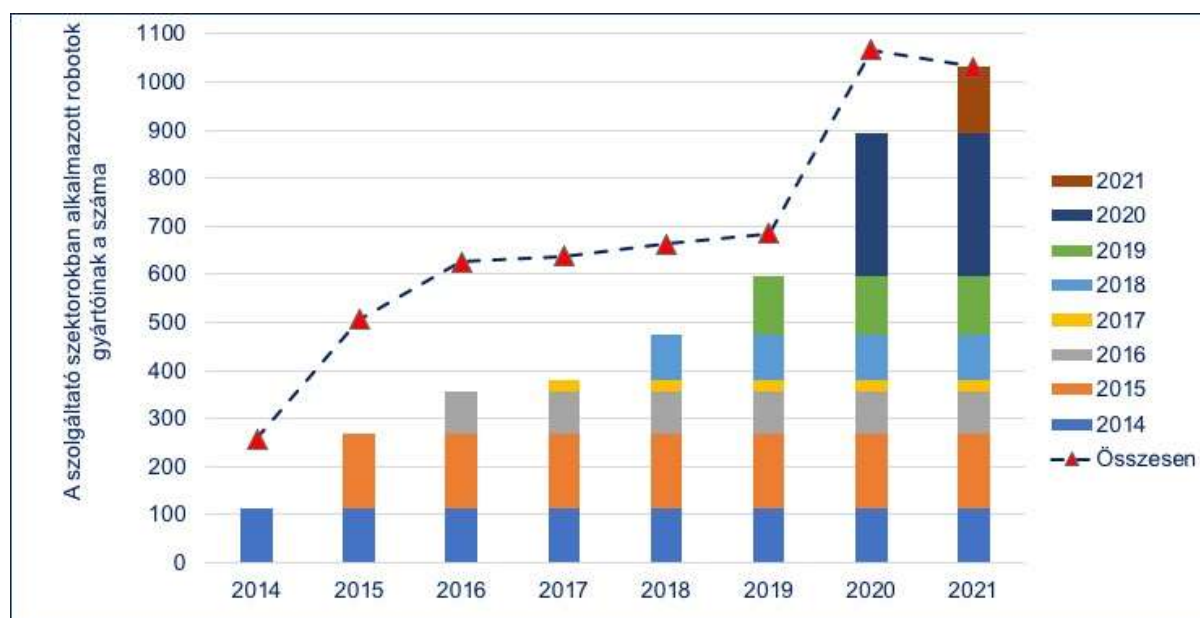
7. ábra. A szolgáltató szektorokban használt robotok gyártóinak száma a megalakulásuk éve és az általuk gyártott robotok fő alkalmazási területei szerint, 2021.

Forrás: International Federation of Robotics (2022) World Robotics: Service Robots 2022. VDMA, Frankfurt am Main alapján saját számítás és ábrázolás

## Az IFR-mintában szereplő gyártók élettartama

A harmadik különbség az ipari robotok és szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok száma között az, hogy az utóbbiakat – az IFR-mintában való élettartamukat nézve –, nagy fluktuáció jellemzi. Például, a 2014-es lista 257 robotgyártót sorol fel, de közülük csupán 114 maradt a listán 2021-ben (lásd a 8. ábrát). Hasonlóan, 2015-ben 505 robotgyártót tartalmazott a lista, de közülük mindössze 268 gyártó maradt stabilan a 2021-es, 1031 gyártót tartalmazó mintában. Ezzel szemben a 2021-es listában szereplő robotgyártók több mint fele, 54%-a, olyan vállalatokból áll, amelyek a 2019 és 2021 közötti időszakban szerepeltek először. Összességében, a szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok gyártóinak a száma a 2014-es 257-ről 2021-re 1031-re emelkedett, azonban a listán ebben az időszakban újoncként megjelenő, majd a következő években a listáról eltűnő gyártók száma ennek több mint kétszerese, 1392 robotgyártó vállalat. Vagyis, a robotgyártóknak csak kevesebb mint a fele tudott a listán maradni a 2014 és 2021 közötti időszakban.

Hasonlóan nagy a fluktuáció a túlélési mutatóban is, vagyis évenkénti listából azoknak robotgyártóknak a százalékos aránya, amelyek egy adott évben új szereplőként jelentek meg a listán, és egyúttal a következő években is folyamatosan a listán maradtak. 2014 és 2016 között a listán újonnan szereplő gyártóknak csak kicsivel több mint egyharmada maradt fenn (2014-ben 44,4%, 2015-ben 39,4%, 2016-ban pedig 33,2%). A 2017-es túlélési arány azonban rendkívül alacsony, mindössze 6% volt, mivel a listára felvett 381 új robotgyártóból mindössze 23 maradt talpon a következő években. 2018-ban a túlélési arány látszólag visszatért a korábbi pályára, így a listára új belépőként felkerült gyártók 34%-a a következő években is a listákon maradt. Végül a túlélési arányok 50% fölé emelkedtek, 2019-ben 52,2%-ra, 2020-ban pedig 62,9%-ra, ami azt tükrözi, hogy 2021-ben a minta több mint fele, 555 gyártó az összesen 1031 gyártóból új belépő volt az elmúlt három évben.



8. ábra. A szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok gyártóinak száma aszerint, hogy melyik évben jelentek meg úgy az IFR listáján, hogy a következő években is szerepeltek a listán, 2014-2021.

Forrás: International Federation of Robotics, World Robotics: Service Robots, issues 2015-2022. VDMA, Frankfurt am Main alapján, saját számítás és ábrázolás



Ez az alacsony túlélési arány részben abból is ered, hogy rendkívül nehéz pontos és megbízható adatokat begyűjteni a robotok gyártóiról. Különösen nehéz ilyen adatokat beszerezni a kisvállalkozásokról és a startup-okról, mivel ezek olyan gyártók, amelyek a legtöbb esetben újként jelennek meg az IFR listáján, majd a következő évben gyorsan el is tűnnek a listáról. Az alacsony túlélési arány azonban nem csak az információszerzés problémáját tükrözi. Mutatja egyúttal a szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok gyártásának sajátos jellemzőjét is, hiszen termékeik, a robotok javarészt még a termékéletről korai – a kifejlesztési vagy piacra való bevezetési –, szakaszoknál tartanak. A kutatás, a kísérletezés és termékfejlesztés fázisában rendkívül nagy a bizonytalanság, ami teret nyit a startup-ok számára, míg a piacon jelentős részesedéssel rendelkező, nagy robotgyártó cégeket többnyire a folyamatos innováció és termékfejlesztés jellemzi.

## A robotikai scaleup-ok szerepe és regionális koncentrációja

Ha a robotikai scaleup-ok számát nézzük, akkor a meghatározó régiók az Egyesült Államok és az Európai Unió, amelyek együttes aránya meghaladja az összes robotikai scaleup 60%-át, és ez valamivel még magasabb arány annál is, mint amit ez a két nagyrégió a szolgáltató szektorok számára robotokat gyártó vállalatoknál mutat (lásd a 4. táblázatot). A dinamikára jellemző azonban, hogy Kína is elkezdte a felzárkózást, ezzel szemben a robotizáció korábbi éllovasai, például Japán és Korea, a robotikai scaleup-ok-nál lemaradóban vannak. Ez a jelenség részben ezeknek az országoknak a sajátos gazdasági szerkezetére vezethető vissza, a nagy konglomerátumok – Japánban a keiretsu rendszer, Koreában pedig a cheabolok – dominanciájára.

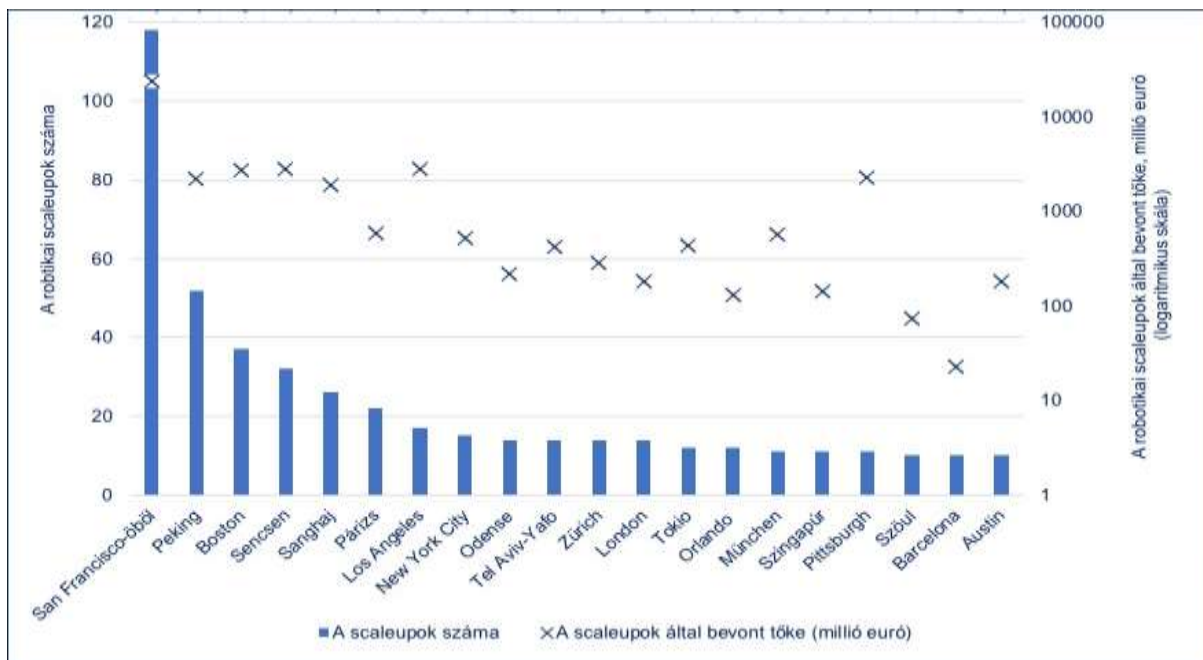
4. táblázat. A szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok gyártóinak a száma (2021) és a robotikai scaleupok száma (2023), valamint a robotikai scaleup-ok tőkebevonása országok és régiók szerint.

	Robotgyártó vállalatok, 2021 (IFR)	%	Scaleups, 2023 (Dealroom)	%	Scaleup-ok által bevont tőke (millió euró), Dealroom, 2023	%
Európai Unió	318	30.8	226	22.9	4645,4	8.2
Egyesült Államok	227	22.0	377	38.3	39547,9	69.4
Kína	104	10.1	142	14.4	2428,1	4.3
Japán	67	6.5	17	1.7	496,3	0.9
Oroszország	56	5.4	3	0.3	9,6	0.0
Korea	47	4.6	13	1.3	77,6	0.1
Kanada	40	3.9	23	2.3	472,0	0.8
Sóval	39	3.8	25	2.5	492,1	0.9
Egyesült Királyság	37	3.6	45	4.7	672,6	1.2
India	17	1.6	21	2.1	428,2	0.8
Izrael	14	1.4	45	4.6	1210,8	2.1
Szingapúr	10	1.0	11	1.1	140,9	0.2
Világ többi része	55	5.3	39	3.9	6332,1	11.1
Világ összesen	1031	100.0	987	100.0	56953,6	100.0

Forrás: International Federation of Robotics (2022) World Robotics: Service Robots 2022, VDMA, Frankfurt am Main, valamint Dealroom.co, <https://dealroom.co>, lekérdezés: 2023 április 23. Saját számítás.

Az Európai Unión belül – a szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok gyártóinál tapasztalt megoszláshoz hasonlóan –, Németországban és Franciaországban koncentrálnak a robotikai scaleup-ok több mint 40%-a. A robotikai scaleup-ok által bevont tőkét nézve azonban az Egyesült Államok és az Európai Unió között óriási mélységű szakadék húzódik. A világban működő robotikai scaleup-ok által bevont összes tőke közel 70%-a az amerikai scaleup-oknak jutott, és ez a dominancia a jövőben tovább erősítheti az Egyesült Államok szerepét a robotgyártásban. Ezzel szemben az Európai Unió és Kína scaleupjai sokkal kisebb arányban részesednek a scaleup-oknak jutó tőkéből, mint amekkora a scaleup-ok számában való részesedésük. Emellett az Európai Unión belül is nagy egyenlőtlenségek mutatkoznak, mivel a robotikai scaleup-ok által bevont tőke kétharmada a német és a francia scaleup-oknak jutott.

A városi ökoszisztémák szintjén – az OECD-EU funkcionális városi terület (FVT) kategóriáit alapul véve – még egyenlőtlenebb a területi eloszlás. Világviszonylatban a robotikai scaleup-ok mintegy fele mindössze 21 városban található, és az összes bevont tőke közel 75%-a is ezek a városokban működő scaleup-ok-nak jutott. Egyedül a San Francisco-i öböl, vagyis a kaliforniai Szilícium-völgy a robotikai scaleup-ok 12%-ának ad otthont, de a robotikai scaleup-ok által bevont tőke több mint 40%-a (24 milliárd euró) ide koncentrálnak (lásd a 9. ábrát). Ettől nagyságrendekkel lemaradva az Egyesült Államokban további jelentős robotikai scaleup ökoszisztémáiban, Bostonban, Los Angelesben és Pittsburgh-ben a robotikai scaleup-ok már csak kevesebb, mint hárommilliárd eurónyi forrást tudtak bevonni. A kínai nagyvárosok – Peking, Sencsen és Sanghaj – együttesen majdnem ugyanannyi robotikai scaleup-pal rendelkeznek, mint a San Francisco-i öböl, de az általuk bevont tőke már csak egyharmada (hétmilliárd euró) a kaliforniai ökoszisztémának. Az Európai Unióban pedig még az éllovas ökoszisztémákban is – vagyis Párizsban, Zürichben, Münchenben és Odense-ben – csak 300 és 600 millió euró között mozog a robotikai scaleup-ok-nak jutott forrás, ami ismételten Európa jelentős lemaradását jelzi.



9. ábra. A legnagyobb robotikai scaleup ökoszisztémák a scaleup-ok száma és az általuk bevont tőke alapján (millió euró, logaritmikus skála)

Forrás: International Federation of Robotics (2022) World Robotics: Service Robots 2022, VDMA, Frankfurt am Main, valamint Dealroom.co, <https://dealroom.co> alapján (lekérdezés: 2023 április 23). Saját számítás, ábrázolás

## Szakpolitikai kihívások a robotok két sztorijában

Noha az ipari robotok és a szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok földrajzát sok hasonlóság jellemzi, a két sztori mégis nagyon lényeges pontokon különbözik egymástól. Egyrészt, az ipari robotokat napjainkban nagytömegben, de csak néhány iparágban alkalmazzák, ezzel szemben a szolgáltató szektorokban a robotokat jóval kisebb számban használnak, viszont egyre szélesedő alkalmazási területeken. Másrészt, az ipari robotok sztoriját – mind a robotok fejlesztésében és gyártásában, mind pedig a robotok különböző feldolgozóipari ágazatokban való alkalmazásában – a globális nagyvállalatok dominálják, ugyanakkor a szolgáltató szektorokban használt robotok fejlesztésében és gyártásában jelentős szerepet játszanak a fiatal kisvállalatok és a startup-ok. Harmadrészt pedig, mivel a szolgáltató szektorokban a robotok még csak a termékéletről kezdeti szakaszainál tartanak, és ez az innováció elterjedési folyamatában még csupán a korai alkalmazókhoz jutott el, ezért a fiatal kisvállalkozások és startup-ok, valamint a nagymúltú globális cégek közötti sajátos dinamika a szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok sztorijának egyik fő mozgatórugójává vált.

Ezek miatt a különbségek miatt a két eltérő robotikai sztori nagyon eltérő szakpolitikai kihívásokat vet fel. Az ipari robotok alkalmazásánál egyszerre több tényező, - a robotok egyre csökkenő ára, a magas bérek a feldolgozóipari ágazatokban, a csökkenő feldolgozóipari munkaerő, az országok specializálódása a robotizált iparágakra, valamint az érett innovációs ökoszisztémák, - kombinációja viheti tovább előre a robotizációt. Ebből eredően, az erősen robotizált országok számára az egyik legnagyobb szakpolitikai kihívás az, hogy megoldást találjanak arra a dilemmára, ami egyfelől az ipari robotok tömegmértékű alkalmazásának lehetséges negatív munkaerőpiaci következménye, és másfelől, a robotok használata miatt az ipari bázis erősödése, a GDP, a termelékenység és az ipari export növekedése között húzódik. Ezzel szemben a kevésbé fejlett és kevésbé robotizált országok számára a kihívás az ipari robotok alkalmazásának növelése, hiszen ez a termelékenység és a GDP növekedésével párosul. Végül – mind az erősen, mind pedig a kevésbé robotizált országokban – közös az a kihívás, hogy az ipari robotokon alapuló automatizálás lehetővé teszi a korábban, a globalizáció nagy hullámában kiszervezett termelési folyamatok visszatelepítését az anyaországokba (Propis de & Bailey 2020). Ez azonban ma még inkább csak technikai lehetőség, és Európában – *Klaus Kinkel* és szerzőtársai adatai szerint –, a visszatelepítés üteme rendkívül alacsony (Mauro et al. 2018, Kinkel, Pegoraro & Coates 2020).

A szolgáltató szektorokban alkalmazott robotok esetében a fő kihívás ma az, hogy miként juthatnak el a termékéletről kezdeti szakaszaiból a növekedés, a tömeges alkalmazás és felhasználás szakaszába. A jelenlegi kezdeti, fejlesztési és piacra lépési szakaszokban, a fiatal kisvállalkozások és startup-ok, úgy is, mint a robotok fejlesztői, és úgy is, mint robotok gyártói, jelentős szerepet játszanak. Ahhoz azonban, hogy a szolgáltató szektorokban alkalmazható robotok sztorija átlépjen a növekedési szakaszba, ennél jóval többre, mindennek előtt a globális piacok által nyújtott előnyök kiaknázására van szükség. Vagyis arra, hogy a szolgáltatásokban alkalmazható robotoknál a globális nagyvállalatok – mind gyártóként, mint pedig felhasználóként –, a jelenleginél nagyobb szerepet játszanak. A feltörekvő robotikai scaleup-ok és a globális nagyvállalatok közötti dinamika pedig szintén sajátos megoldásokat kíván a szakpolitikától.

Ráadásul, szolgáltatószektorokban alkalmazható robotokat gyártó vállalatok, és még inkább robotikai scaleup-ok erős területi koncentrációja a Föld néhány kitüntetett innovációs ökoszisztémájában, némileg ellenkező hatású, és lelassíthatja ezeknek a robotoknak az újabb, a növekedési szakaszba átlépését. Különösen igaz ez Európára, ahol a robotikai startup-ok és scaleup-

ok – a bevont tőke szerint – messze elmaradnak az amerikai versenytársaktól. Végül, a keresleti oldalról is megjelennek új szakpolitikai kihívások, hiszen a közszféra erőteljesebb bevonásával tovább erősíthető és szélesíthető a robotizáció a szolgáltató szektorokban.

## Források

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2010) Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *NBER Working Paper 16082*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w16082>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *NBER Working Paper 23285*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w23285>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). The Wrong Kind of AI? Artificial Intelligence and the Future of Labour Demand. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 13(1): 25–35. doi:10.1093/cjres/rsz022
- Autor, D. H., Levy, F. & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *Quarterly Journal of Economics* 118 (4): 1279–1333. doi:10.1162/003355303322552801.
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *American Economic Review* 103(5), 1553–1597. doi:10.1257/aer.103.5.1553
- Arntz, M., Gregorie, T., & Zierahn, U. (2016). The risk of automation for jobs in the OECD countries: A comparative analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers* 189, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/5ijz9h56dvq7-en>
- Atkinson, R. D. (2018). Which Nations Really Lead in Industrial Robot Adoption? Information Technology & Innovation Foundation. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3324659](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3324659)
- Baldwin, R. (2019). *The Globotics upheaval: Globalisation, robotics and the future of work*. London: Weidenfeld and Nicholson.
- Bass, F. M. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science* 15(5): 215-227. <https://www.jstor.org/stable/2628128?origin=JSTOR-pdf>
- Blank, S., & Dorf, B. (2020). *The startup owner's manual: The step-by-step guide for building a great company*. John Wiley & Sons.
- Bostrom, N. (2017). *Superintelligence. Paths, Dangers, Strategies*. Oxford: Oxford University Press.
- CEBR (2017). The impact of automation: A report for Redwood. Centre for Economics and Business Research, January, London. [https://cebr.com/wp-content/uploads/2017/03/Impact\\_of\\_automation\\_report\\_23\\_01\\_2017\\_FINAL.pdf](https://cebr.com/wp-content/uploads/2017/03/Impact_of_automation_report_23_01_2017_FINAL.pdf).
- Chiacchio, F., Petropoulos, G., & Pichler, D. (2018). The Impact of Industrial Robots on EU Employment and Wages: A Local Labor Market Approach. *Bruegel Working Paper 2*. Brussels: Bruegel. [https://www.bruegel.org/wp-content/uploads/2018/04/Working-Paper\\_02\\_2018.pdf](https://www.bruegel.org/wp-content/uploads/2018/04/Working-Paper_02_2018.pdf)
- Cséfalvay, Z. (2020). Robotization in Central and Eastern Europe: Catching up or Dependence? *European Planning Studies* 28(8): 1534–1553. doi:10.1080/09654313.2019.1694647.
- Cséfalvay, Z. (2023) As “robots are moving out of the cages” – toward a geography of robotization. *Eurasian Geography and Economics* 64(1): 89-119. <https://doi.org/10.1080/15387216.2021.1972022>
- Cséfalvay, Z. & Gkotsis, P. (2022). Robotisation race in Europe: the robotisation chain approach. *Economics of Innovation and New Technology* 31(8): 693-710. <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1849968>
- Craglia, M. (Ed.). (2018). *Artificial intelligence – a European perspective*. European Commission, Joint Research Centre, EUR 29425 EN, Publication Office, Luxembourg. Retrieved from <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC113826/ai-flagship-report-online.pdf>
- Dauth, W., Findeisen, S., Südekum, J. & Wössner, N. (2017). German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers. *IAB Discussion Paper* No. 30. Nuremberg: Institute for Employment Research, <https://doku.iab.de/discussionpapers/2017/dp3017.pdf>.
- Dealroom (2021). *What is a startup?* Dealroom blogpost by Wijngaarde, Y., 18 March. <https://dealroom.co/blog/what-is-a-startup>
- Dealroom & Sifted (2021). *Startup cities in the Entrepreneurial Age*. <https://europeanstartups.co/uploaded/2021/07/Dealroom-Sifted-startup-cities-2021.pdf>

- Early Metrics (2021). *What's the difference between a startup, a scale-up, and a tech company?* Early Metrics blogpost by Durban, J., 20 April. <https://earlymetrics.com/what-the-difference-between-startup-scale-up-tech-company/>
- European Commission (2018). *Employment and social developments in Europe. Annual review 2018*. Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=19719&langId=en>
- European Parliament, Committee on Legal Affairs (2016). *Draft report with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics*. (2015/2103(INL), Committee on Legal Affairs, European Parliament, Rapporteur: Mady Delvaux, May 31, Brussels.
- Erasmus Centre for Entrepreneurship (2021). *European ScaleUp Monitor 2021*. <https://ece.nl/research/european-scaleup-monitor/>
- Fernández-Macias, E., Klenert, D., & Antón, J.-I. (2021). Not so Disruptive Yet? Characteristics, Distribution and Determinants of Robots in Europe. *Structural Change and Economic Dynamics* 58: 76–89, doi:10.1016/j.strueco.2021.03.010.
- Flamholtz, E., & Randle, Y. (2016). *Growing pains*. John Wiley & Sons.
- Ford, M. (2015). *The Rise of the Robots: Technology and the Threat of Mass Unemployment*. London: One World.
- Forge, S., & Blackman, C. (2010). A Helping Hand for Europe: The Competitive Outlook for the EU Robotics Industry. *JRC Scientific and Technical Report No. JRC61539*, Brussels: Joint Research Centre. <https://ideas.repec.org/p/ipt/iptwpa/jrc61539.html>
- Frey, C. B. (2019). *The Technology Trap: Capital, Labor, and Power in the Age of Automation*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). The Future of Employment: How susceptible are Jobs to Computerisation? *Working Paper*. Oxford: Oxford Martin School. [https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf)
- Graetz, G., & Michaels, G. (2018). Robots at work. *The Review of Economics and Statistics* 100(5): 753–768. doi:10.1162/rest\_a\_00754
- Graham, P. (2012). Startup= growt. Graham's Essays on entrepreneurship. <https://www.paulgraham.com/growth.html>
- Jäger, A., Moll, C., Som, O. & Zanker, C. (2015). *Analysis of the Impact of Robotic Systems on Employment in the European Union*. Karlsruhe: Fraunhofer Institute for System and Innovation Research. <https://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-366982.html>
- Jungmittag, A. (2021). Robotisation of the Manufacturing Industries in the EU: Convergence or Divergence? *The Journal of Technology Transfer* 46(5): 1269-1290. doi:10.1007/s10961-020-09819-0.
- Jungmittag, A., & Pesole, A. (2019). The Impact of Robots on Labour Productivity: A Panel Data Approach Covering Industries and 12 Countries. *JRC Working papers Series on Labour, Education and Technology* No 08/2019, Joint Research Centre, Seville, <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc118044.pdf>.
- Jurkat, A., Klump, R., & Schneider, F. (2022). Tracking the Rise of Robots: The IFR Database. *Jahrbucher Fur Nationalokonomie Und Statistik*, 242(5–6): 669–689. <https://doi.org/10.1515/jbnst-2021-0059>
- Kinkel, S., Pegoraro, D. & Coates, R. (2020). Reshoring in the US and Europe. In *Industry 4.0 And Regional Transformations*, edited by Lisa de Propriis de, L. Bailey, D., 176–194. London: Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780429057984>
- Klenert, D., Fernández-Macias, E. & Antón, J.-I. (2020) Do Robots Really Destroy Jobs? Evidence from Europe. *JRC Working Papers on Labour, Education and Technology* 2020/01. JRC118393. Seville: Joint Research Centre. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/do-robots-really-destroy-jobs-evidence-europe>
- Koch, M., Manuylov, I., & Smolka, M. (2019). Robots and Firms. *CESifo Working Paper* 7608. [https://www.ifo.de/DocDL/cesifo1\\_wp7608.pdf](https://www.ifo.de/DocDL/cesifo1_wp7608.pdf).
- Kromann, L., Malchow-Moller, N., Skaksen, J. R., & Sorensen, A. (2020). Automation and Productivity—a Cross-Country, Cross-Industry Comparison. *Industrial and Corporate Change* 29 (2): 265–287. <https://doi.org/10.1093/icc/dtz039>
- Leigh, N. G., & Kraft, B. R. (2018). Emerging Robotic Regions in the United States: Insights for Regional Economic Evolution. *Regional Studies* 52 (6): 804–815. <https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1269158>.

- Lordan, G. (2018). *Robots at work*. A report on automatable and non-automatable employment shares in Europe. Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, European Commission. <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=738&langId=en&pubId=8104&furtherPubs=yes>
- Mallaby, S. (2022). *The power law: Venture capital and the making of the new future*. London: Penguin.
- Mahajan, V., Muller, E., & Srivastava, R.K. (1990). Determination of adopter categories by using innovation diffusion models. *Journal of Marketing Research* 27(1): 37-50, <https://doi.org/10.1177/002224379002700104>
- Mauro di, C., Fratocchi, L., Orzes, G., & Sartor, M. (2018). Offshoring and backshoring: A multiple case study analysis. *Journal of Purchasing and Supply Management* 24(2): 108–134. <https://reshoring.euro-found.europa.eu/reference-material/offshoring-and-backshoring-multiple-case-study-analysis>
- Mason, P. (2015). *PostCapitalism: A Guide to Our Future*. London: Allen Lane.
- Melrose, C., & Tilley, H. (2017). Automation, Robotics, and the Factory of the Future. In: *The Great Remake: Manufacturing for Modern Times*, Manufacturing, pp. 67–72. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/business-functions/>
- Moore, G. A. (2014). *Crossing the Chasm, Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customer*. New York: HarperCollins.
- Nedelkoska, L., & Quintini, G. (2018). Automation, Skills Use and Training. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers* 202, Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017). *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264271036-en>.
- OECD (2019). Determinants and Impact of Automation: An Analysis of Robots' Adoption in OECD Countries. *OECD Digital Economy Papers* 277, Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/ef425cb0-en>.
- UNCTAD (2017). Robots, Industrialization and Inclusive Growth. In: *Trade and Development Report 2017. Beyond Austerity: Towards a Global New Deal*, 37–63. New York: United Nations. [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/trd2017\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/trd2017_en.pdf)
- Proprijs de, L., & Bailey, D. (Eds.) (2020) *Industry 4.0 And Regional Transformations*. London: Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780429057984>
- Ries, E. (2011). *The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. Crown Business.
- Rogers, E. M. (1983) *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.
- Ross, A. (2016). *The Industries of the Future*. London: Simon & Schuster.
- Servoz, M. (2019). *AI, the Future of work? Work of the Future! On How Artificial Intelligence, Robotics and Automation are Transforming Jobs and the Economy in Europe*. Brussels: European Political Strategy Centre (European Commission). <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/future-work-work-future>
- Standing, G. (2017). *Basic income: And how we can make it happen*. London: Penguin.
- Thiel, P. & Masters, B. (2014). *Zero to one: Notes on startups, or how to build the future*. Currency.
- Vernon, R. (1966). International Investment and International Trade in the Product Cycle. *Quarterly Journal of Economics* 80(2): 190–207. doi:10.2307/1880689.
- Waldman-Brown, A. (2020). Redeployment or Robocalypse? Workers and Automation in Ohio Manufacturing SMEs. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 13(1):