



November 2015

SNS ANALYS

nr32

Robotar som jobbar

AUTOMATISERINGENS möjliga konsekvenser röner allt större uppmärksamhet. Men trots det stora intresset saknas i stort sett empiriska studier om de ekonomiska effekterna av robotisering. Industrirobotar ökar dramatiskt möjligheten att ersätta mänsklig arbetskraft i jämförelse med andra sorters maskiner. Här undersöks för första gången vilka effekter den ökade användningen av industrirobotar haft på produktivitet och sysselsättning. Datamaterialet omfattar 17 länder, däribland Sverige, och 14 branscher mellan 1993 och 2007.

PRISRAS BANADE VÄG FÖR ROBOTORNA. Priset på robotar halverades mellan 1990 och 2005. Om man tar hänsyn till förbättringar i kvalitet var prisfallet ännu större. År 2005 kostade en robot ungefär en femtedel av vad den kostade 1990, justerat för kvalitetsförbättringar. I genomsnitt ökade användningen av robotar med 150 procent 1993–2007.

ÖKAD OUTPUT OCH PRODUKTIVITET. Den ökade robotanvändningen bidrog till en höjning av den årliga BNP-tillväxten och arbetsproduktiviteten med cirka 0,4 procentenheter i genomsnitt i de studerade länderna. Det motsvarar mer än en tiondel av den totala BNP-tillväxten och mer än en sjättedel av arbetsproduktivitetstillväxten under perioden 1993–2007.

LÅGKVALIFICERADE JOBB I RISKZONEN. Det totala antalet arbetade timmar verkar inte ha påverkats av den ökade automatiseringen. Däremot finns tecken på att robotarna minskade antalet arbetade timmar av lågkvalificerad arbetskraft och i viss utsträckning även av medelkvalificerad arbetskraft. Effekten på arbetade timmar för den högkvalificerade arbetskraften tycks vara svagt positiv, men resultatet är inte lika säkert i det här fallet.



FÖRFATTARE

Georg Graetz är forskare i nationalekonomi vid Uppsala universitet och knuten till London School of Economics.
E-post: georg.graetz@nek.uu.se.



Guy Michaels är forskare i nationalekonomi vid London School of Economics.
E-post: g.michaels@lse.ac.uk.



SNS ANALYS En stor del av den forskning som bedrivs är vid sin publicering anpassad för vetenskapliga tidskrifter. Artiklarna är ofta teoretiska och inomvetenskapligt specialiserade. Det finns emellertid mycket forskning, framför allt empirisk och policyrelevant sådan, som är intressant för en bredare krets. Målet med SNS Analys är att göra denna forskning tillgänglig för beslutsfattare i politik, näringsliv och offentlig förvaltning och bidra till att forskningen når ut i medierna. Finansiellt bidrag har erhållits från Jan Wallanders och Tom Hedelius Stiftelse. Författarna svarar helt och hållet för analys, slutsatser och förslag.



Vi undersöker vilka effekter den ökade användningen av industrirobotar haft på produktivitet och sysselsättning.

Flera forskare argumenterar för att robotar i framtiden troligen kommer att ersätta många av de jobb som i dag utförs av människor.

Robotars förmåga att röra sig självständigt och utföra allehanda uppgifter har fångat författares fantasi i nästan ett sekel. På senare tid har robotarna tagit klivet från science fiction-romanerna in i den verkliga världen och det har blivit vanligt med spekulationer om vilken betydelse de har för ekonomin och samhället.

Men trots alla diskussioner om automatiseringens möjliga konsekvenser finns det nästan inga systematiska analyser av robotars ekonomiska effekter. I den här studien undersöker vi vilka effekter den ökade användningen av robotar i industrin haft på produktivitet och sysselsättning. Vårt datamaterial omfattar 17 länder och 14 branscher mellan 1993 och 2007.¹

Ökar robotar produktiviteten?

Det finns en växande forskningslitteratur om effekterna av andra nya tekniker, till exempel informations- och kommunikationsteknik (IKT), inklusive datorer.

IKT har lett till betydande vinster för företag.² På bransch- och ländernivå verkade det först vara svårt att hitta effekt.³ Men senare studier har visat att produktion och användning av IKT är förknippat med snabbare produktivitetstillväxt på branschnivå i USA. Vidare har IKT bidragit till EU:s och USA:s tillväxt i total arbetsproduktivitet med 0,6 respektive 1,0 procentenheter.⁴ Ännu färskare forskning på amerikanska data finner dock att produktivitetstillskotten är koncentrerade till IKT-producerande branscher, och inte till branscher som använder IKT.⁵

Samtidigt varnar vissa ekonomer för att de tekniska produktivitetstillskotten kan ha avtagit.⁶ Det finns en bredare oro för att den ekonomiska tillväxten generellt håller på att stagnera, vilket bland annat framförts av Paul Krugman.⁷ Andra forskare, som MIT-ekonomerna Erik

Brynjolfsson och Andrew McAfee, vars bok *The Second Machine Age* fått stort genomslag, förblir däremot mer optimistiska.⁸

Inga av dessa studier tillhandahåller dock direkt evidens om robotars effekter på produktiviteten. Mot denna bakgrund är vårt huvudsyfte i den här skriften att presentera den första systematiska utvärderingen av industriella robotars effekter på produktivitet.

Tar robotarna våra jobb?

Förutom att vi studerar robotars effekt på produktivitet, undersöker vi robotars effekt på sysselsättningen. Rädslan för att jobb försvinner till följd av tekniska innovationer är inte ny. De så kallade ludditerna, brittiska arbetare som under det tidiga 1800-talet slog sönder textilmaskiner, är ett ofta omnämnt historiskt exempel.

En växande litteratur har studerat vilka effekter IKT generellt har när det gäller efterfrågan på arbetskraft, men inte specifikt när det gäller robotar. I flera studier argumenteras för att robotar i framtiden troligen kommer att ersätta många av de jobb som i dag utförs av människor.⁹ Oron för att detta ska ske förstärks av att löneandelen av BNP har fallit.¹⁰ Men även bland experter på området finns det olika uppfattningar om robotars potentiella effekter på arbetsmarknaden.¹¹

Vårt andra syfte är därför att uppskatta robotarnas påverkan på antalet arbetade timmar i de branscher som använder robotar i de länder vi studerar.

Vad är en robot?

Vad exakt är en industrirobot? Enligt International Federation of Robotics (IFR) är en maskin en industriell robot om den kan bli programmerad och omprogrammerad att utföra fysiska, produktionsrelaterade uppgifter utan att det behöver finnas en männis-

¹ Den här skriften är en sammanfattning av Graetz och Michaels (2015).

² Basker (2012), Bloom, Sadun och Van Reenen (2012), Brynjolfsson och Hitt (2000), Doms, Jarmin och Klimek (2004).

³ Solow (1987).

⁴ O'Mahony och Timmer (2009).

⁵ Acemoglu m.fl. (2014).

⁶ Gordon (2014).

⁷ Summers (2014), Krugman (2014).

⁸ Brynjolfsson och McAfee (2014).

⁹ Brynjolfsson och McAfee (2014), Ford (2009), Frey och Osborne (2013).

¹⁰ Karabarbounis och Neiman (2014), Elsby, Hobijn och Sahin (2013).

¹¹ Pew Research Center (2014).

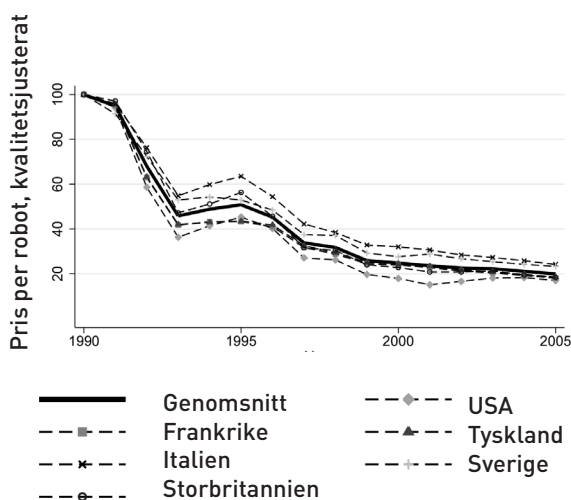
ka som kontrollerar den. Industriella robotar ökar dramatiskt möjligheten att ersätta mänsklig arbetskraft i jämförelse med andra sorters maskiner eftersom de minskar behovet av människors inblandning i automatiserade processer.

Industrirobotar används bland annat för montering, sammansättning, dispensering (till exempel limning), förflyttning, paketering, bearbetning (till exempel skärning) och svetsning. Alla dessa moment är vanliga i tillverkningsindustrin. De kan även skörda inom jordbruket och inspektera utrustning och anläggningar, vilket är vanligt i kraftverk.

Prisras banade väg för robotarna

I början av den period vi studerar, 1993, var robottätheten i genomsnitt 0,58 i de 17 länder som ingår i studien.¹² Robottätheten, det vill säga antalet robotar per miljon arbetade timmar, var högst i Tyskland (1,7), följt av Sverige (1,4), Belgien (1,2) och Italien (1,1). Fyra länder – Australien, Grekland, Ungern och Irland – hade inga eller nästan inga industrirobotar.

¹² Vi använder data från IFR (2012), se Timmer m.fl. (2007), för att uppskatta robottätheten.



Figur 1: Priset på robotar, justerat för kvalitet, i sex länder, 1990–2005.

Not: Priset är indexerat utifrån 1990 års nivå.

Mellan 1990 och 2005 halverades i stort sett priset på robotar. När vi även tar hänsyn till kvalitetsförbättringar var prisfallet ännu större; 2005 var det kvalitetsjusterade priset på robotar ungefär en femtedel av nivån 1990, se figur 1.

Den snabba prisnedgången ledde till att användningen av robotar ökade i en rad olika branscher. Av de 14 branscher som vi undersöker var det särskilt transportmedels-, kemi- och metallindustrierna som utmärkte sig när det gäller ökad robotanvändning, se figur 2.

I genomsnitt ökade robottätheten med 150 procent i de studerade länderna – från 0,58 till 1,48. Robotförtätningen var särskilt stark i Tyskland, Danmark och Italien, se figur 3.

Robotar i Sverige

Sverige var ett av de ledande länderna i robotanvändning både 1993 och 2007. Det beror i hög utsträckning på att branscher som har en hög benägenhet att automatisera sin produktion, såsom bilindustrin, spelar en viktig roll i den svenska ekonomin.

Sverige hade dock inte en lika stark ökning av robotanvändning som många andra länder mellan 1993 och 2007. Användningen av robotar ökade mindre än genomsnittet och Sverige hamnar på 11:e plats av de 17 länder som studerades.

Det finns två skäl till detta. För det första använde vissa länder robotar i mycket begränsad omfattning 1993, givet sin branschammansättning, och en del av dem har sedan kommit i kapp. För det andra finns det länder, till exempel Tyskland, som hade en särskilt hög robotanvändning 1993, och som sedan fortsatt på samma sätt, vilket kan bero på att de är ledande i utvecklingen av robotteknik.

Sammanfattningsvis ligger Sveriges robotanvändning något över den nivå som är förväntad, givet Sveriges branschammansättning, se figur 4.

Industrirobotar ökar dramatiskt möjligheten att ersätta mänsklig arbetskraft.

Robotanvändningen ökade med 150 procent i de studerade länderna mellan 1993 och 2007.

År 2005 var priset på robotar ungefär en femtedel av nivån 1990, justerat för kvalitet.



Robotarna ökade produktiviteten

För att uppskatta robotarnas effekt gör vi jämförelser mellan olika branscher och länder, samt över tid. Vi kontrollerar för andra faktorer i de studerade branscherna och länderna för att säkerställa att det inte är dessa som förklarar produktivetsförändringarna.

Våra resultat visar att ökad robottäthet är förknippad med ökad arbetsproduktivitet (förädlingsvärde per arbetad timme) och en liknande ökning i förädlingsvärde. Enligt våra beräkningar ökade den årliga arbetsproduktiviteten i genomsnitt med 0,36 procentenheter mellan 1993 och 2007. Det motsvarar mer än en sjättedel av arbetsproduktivitetstillväxten totalt sett.

Men vi finner också att produktivitetsvinsterna avtog ju större ökningen i robottäthet blev. Detta antyder att det finns minskande marginalnytta från robotanvändning.

Ju fler robotar, desto högre produktivitet

Figur 5 visar ökningen i arbetsproduktivitet för varje bransch i relation till respektive branschs rankning när det gäller robotanvändning. Rangordningen är gjord genom att alla branscher rangordnas utifrån deras förändring i robotanvändning. Den bransch vars robotanvändning ökat mest har fått 10 och den som ökat minst har fått 1.

Vi ser att större förändringar i robotanvändning är förknippade med snabbare produktivetsökningar. Till exempel är transportmedelsbranschen topprankad när det gäller ökad robotanvändning. Den har också haft en mycket snabbare produktivetsökning än exempelvis byggbranschen, som har den minsta ökningen i robotanvändning.

Vad förklarar vad?

Men beror produktivetsökningen på den ökade robotanvändningen? Eller skulle det kunna vara precis tvärtom – att produktivetsökning driver på användningen av robotar i industrin?

Det kan vara så att branscher, vars produktivitet ökar snabbare av andra skäl, är de som

mest sannolikt kommer att investera i nya tekniker såsom robotar.

För att bemöta frågan om orsak och verkan isolerade vi den variation i ökad robotanvändning som beror på förutbestämda skillnader i branschens benägenhet att automatisera sin produktion.

Det gjorde vi genom att för varje bransch mäta andelen anställda 1980 (innan det fanns robotar) som utförde uppgifter som nu kan utföras av robotar. En högre andel utbytbarhet leder till snabbare införande av robotar, men utbytbarheten är orelaterad till produktivetsökningar innan det fanns robotar.

Figur 6 visar rangordningen av ökad robotanvändning i relation till andelen arbetstimmar som är utbytbara (alltså som består av uppgifter där robotar kan ersätta människor). Vi ser att en högre andel utbytbara timmar är förknippad med snabbare införande av robotar. Om vi återigen jämför transportmedel med bygg, ser vi att transportmedel har en mycket högre andel utbytbara timmar från början än bygg, vilket förklarar att robotar införts snabbare.

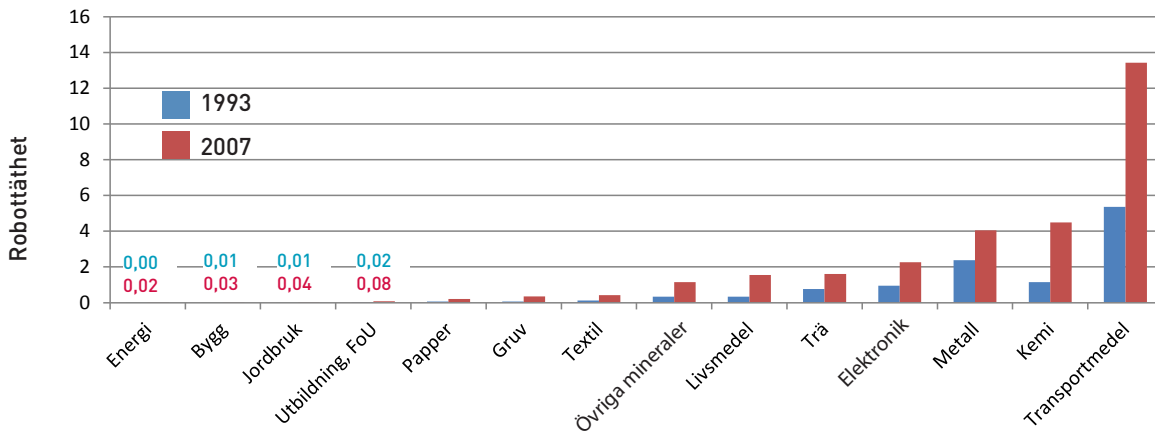
Genom att använda variationen i robotinförande som beror på skillnaden i utbytbarhet, finner vi ett positivt samband mellan robotinförande och produktivetsökning. Detta bekräftar våra tidigare resultat om att det är robotar som ökar produktiviteten.

Bidrar till BNP-tillväxt

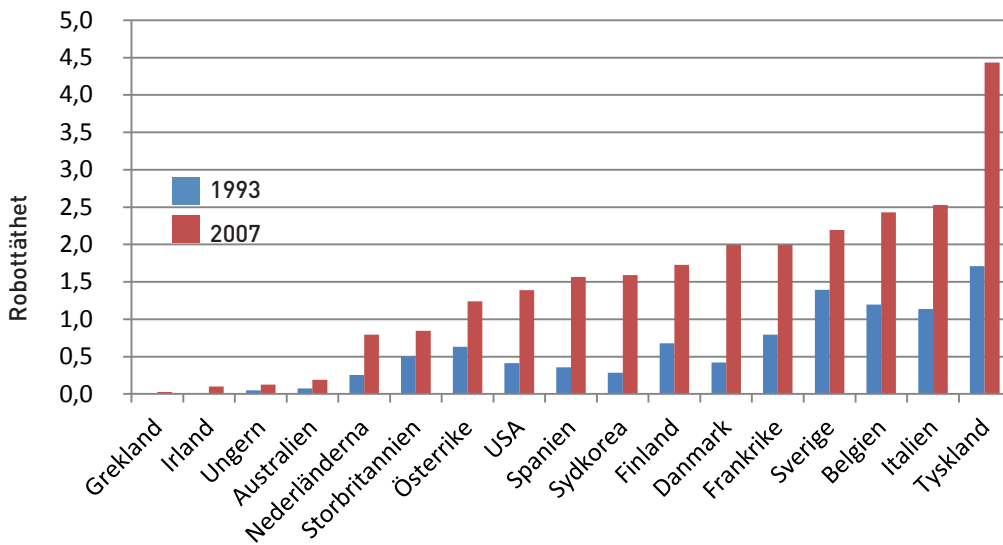
När vi ser till BNP beräknar vi att den ökade robotiseringen bidrog med i genomsnitt 0,37 procentenheter till den årliga BNP-tillväxten 1993–2007. Det motsvarar mer än en tiondel av den totala BNP-tillväxten under denna period. Vi finner vidare positiva effekter av robotar på total faktorproduktivitet och genomsnittslön. Vi finner dock inte några signifikanta effekter av robotförtätning på löneandelen av BNP.

Utifrån vår analys är robotarnas bidrag till ekonomin något mindre än bidraget från andra tekniska innovationer såsom ångmaskinen eller informations- och kommunikationstekniken. Men givet att robotar står för en jämförelsevis liten del av den totala kapitalstocken, kan det

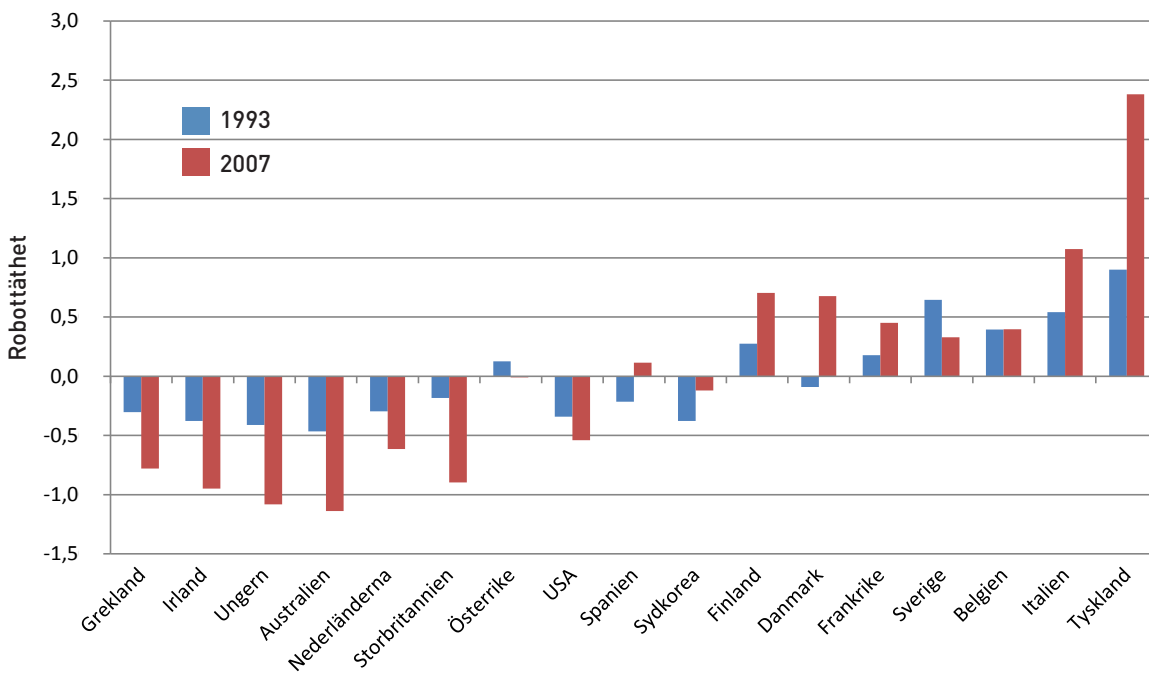
Våra beräkningar visar att ökad robotanvändning är förknippad med en årlig ökning i arbetsproduktivitet på i genomsnitt 0,36 procentenheter under perioden 1993–2007.



Figur 2: Robottätet per bransch, 1993 och 2007.



Figur 3: Användning av robotar, mätt som robottätet, dvs. robotstocken per miljon arbetade timmar, 1993 och 2007.



Sveriges robotanvändning ligger något över den nivå som är förväntad, givet Sveriges branschsammanställning.

Figur 4: Robottätet justerat för branschsammanställning, 1993 och 2007.

Not: Justerat robottätet är hur mycket användningen av robotar skiljer sig från vad som är förväntat, givet ett lands sammansättning av branscher. Värdet noll innebär att landets robottätet är exakt som förväntad, givet branschsammanställningen.



hända att de visar sig vara lika viktiga som dessa betydelsefulla tidigare innovationer.

Lågkvalificerade jobb i riskzonen

Hur påverkar robotiseringen sysselsättningen, teoretiskt sett? Svaret är att det beror på. Det kan vara så att robotar tränger ut jobb, men det behöver inte vara så. För att ge ett exempel: Branscher som ökar användningen av robotar upplever en snabbare produktivitetstökning och kommer därför att sälja sina varor till lägre priser, relativt sett. Det leder till ökad efterfrågan på dessa billigare varor. Om konsumenternas gensvar i ökad efterfrågan är tillräckligt starkt kan de branscher som leder robotiseringen komma att anställa fler än tidigare för att möta den ökade efterfrågan. I slutändan är alltså robotarnas påverkan på sysselsättningen en fråga som måste undersökas empiriskt.

Enligt vår analys tycks den ökade användningen av robotar inte ha påverkat den totala sysselsättningen. Däremot finner vi vissa tecken på att robotarna minskade antalet arbetade timmar inom den lågkvalificerade arbetskraften. Även antalet arbetade timmar inom den medelkvalificerade arbetskraften tycks till viss del ha minskat något. Effekten på arbetade timmar inom den högkvalificerade arbetskraften tycks vara svagt positiv, men resultatet är inte lika säkert i det här fallet.

Resultaten stämmer alltså överens med hypotesen att robottekniken har olika effekter på olika kategorier av arbetskraften. Men till skillnad från IKT tycks robotar inte bidra till en polarisering av arbetsmarknaden, eftersom deras negativa effekt är större på lågt kvalificerad arbetskraft än på medelkvalificerad arbetskraft.¹³

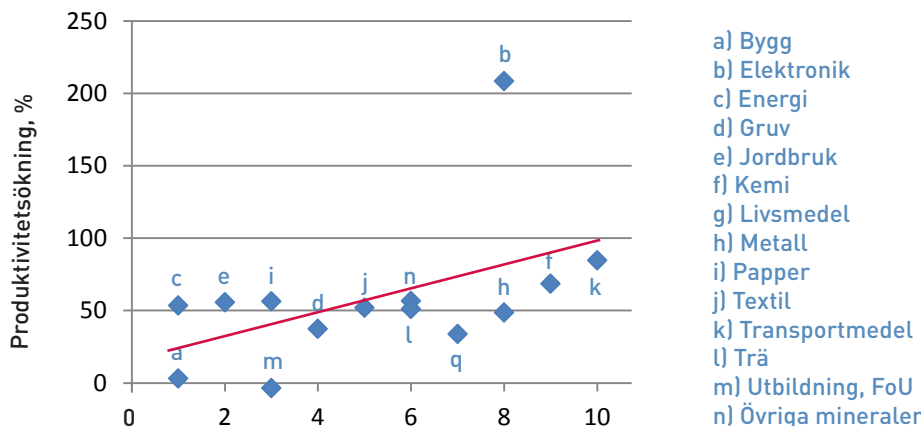
Vad händer nu?

År 2007 stod robotarna för endast 2,25 procent av kapitalstocken i de berörda branscherna och de användes endast i en begränsad del av de länder som vi undersökt. Utvecklingen av robotar till tjänstesektorn befann sig fortfarande i sin linda. Om det kvalitetsjusterade priset på robotar fortsätter att falla i liknande hastighet och nya tillämpningar utvecklas, finns det all anledning att tro att robotarna kommer att fortsätta att öka både arbetsproduktiviteten och förädlingsvärdet.

Nyligen har utvecklingen av robotar i ökande grad riktats mot tjänstesektorn. Områden där utvecklingen är särskilt intensiv är hälso- och sjukvård (bland annat inom kirurgi), logistiksystem för fabriker samt obemannade

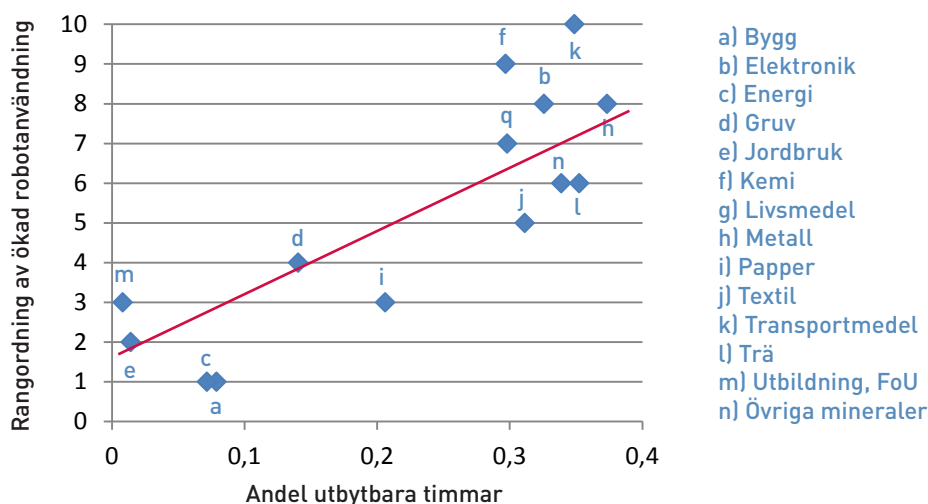
¹³ Med polarisering av arbetsmarknaden menas att sysselsättningsandelarna i typiska hög- och låglönejobb ökar samtidigt som de minskar i jobb med mer genomsnittliga löner, vilket har kunnat kopplas till IKT-utvecklingen, se Adermon och Gustavsson (2015).

Större förändringar i robotanvändning är förknippade med snabbare produktivitetstökningar.



Figur 5: Produktivitetstökning i relation till ökad robotanvändning, 1993–2007.

Not: Branscherna har rangordnats från 1 till 10 utifrån deras förändring i robotanvändning, vilket representeras på x-axeln i figuren. Den bransch vars robotanvändning ökat mest har fått 10 och den som ökat minst har fått 1.



Figur 6: Ökad robotanvändning i relation till andelen arbetade timmar som är utbytbara mot robotar, 1993–2007.

flygfarkoster, så kallade drönare.¹⁴ Vår analys har, på grund av databegränsningar, fokuserat på utvecklade ekonomier. Men robotar används i allt högre grad även i tillväxt- och utvecklingsländer.¹⁵ Kina är kanske redan i dag världens ledande köpare av robotar. Så robotarnas bidrag till den globala tillväxten kan komma att bli ännu större under de närmaste decennierna. Detta visar att oron för en möjlig avmattning i produktivitetstillväxten kan vara överdrivet pessimistisk.¹⁶

Samtidigt antyder våra resultat att det finns relativt snabbt minskande marginalnytta av ökad robotförtätning. Robotar är alltså inte en mirakelkur för ökad tillväxt. Och robotar är inte en välsignelse för alla. Anställda med låga kvalifikationer – och även i viss mån anställda med medelhöga kvalifikationer – kan förlora på utvecklingen. Hur sysselsättningen kommer att påverkas av automatiseringen på lång sikt är svårt att förutsäga.

Referenser

Acemoglu, D., D. Autor, D. Dorn, G. H.

Hanson och B. Price (2014), "Return of the Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in US Manufacturing",

¹⁴ IFR (2012).

¹⁵ IFR (2014).

¹⁶ Se till exempel Gordon (2014).

American Economic Review, 104(5), 394–399.

Adermon, A. och M. Gustavsson (2015), "Teknisk utveckling och jobbpolarisering", SNS Analys nr 28.

Brynjolfsson, E. och L. M. Hitt (2000), "Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance", *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 23–48.

Brynjolfsson, E. och A. McAfee (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. W. Norton & Company.

Elsby, M., B. Hobijn och A. Sahin (2013), "The Decline of the U.S. Labor Share," *Brookings Papers on Economic Activity*, 47(2), 1–63.

Ford, M. (2009), *The Lights in the Tunnel: Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*. CreateSpace.

Frey, C. B. och M. A. Osborne (2013), "The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?", mimeo, Oxford Martin School, University of Oxford.

Gordon, R. J. (2014), "The Demise of U.S. Economic Growth: Restatement, Rebuttal, and Reflections", NBER Working Paper nr 19895, National Bureau of Economic Research.

Robotarnas bidrag till den globala tillväxten kan komma att bli ännu större under de närmaste decennierna.



- Graetz, G. och G. Michaels (2015), "Robots at Work", CEP Discussion Paper nr 1335, <http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1335.pdf>.
- International Federation of Robotics (2012): "World Robotics Industrial Robots 2012", report.
- International Federation of Robotics (2014): "World Robotics Industrial Robots 2012".
- Karabarbounis, L. och B. Neiman (2014), "The Global Decline of the Labor Share", *Quarterly Journal of Economics*, 129(1), 61–103.
- Krugman, P. (2014), "Four observations on secular stagnation", kap. 4, s. 61–68, i Teulings, C. och R. Baldwin (red.) *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures*. London: CEPR Press.
- O'Mahony, M. och M. P. Timmer (2009), "Output, Input and Productivity Measures at the Industry Level: The EU KLEMS Database", *Economic Journal*, 119(538), F374–F403.
- Pew Research Center (2014), "AI, Robotics, and the Future of Jobs", <http://www.pewinternet.org/2014/08/06/future-of-jobs/>.
- Solow, R. M. (1987), "We'd Better Watch Out", *New York Times Book Review*, 12 juli 1987.
- Summers, L. H. (2014), "Reflections on the New Secular Stagnation Hypothesis", kap. 1, 27–38, i Teulings, C. och R. Baldwin (red.) *Secular Stagnation: Facts, Causes and Cures*. London: CEPR Press.
- Timmer, M., T. Van Moergastel, E. Stuivenwold, G. Ypma, M. O'Mahony och M. Kangasniemi (2007), "EU KLEMS Growth and Productivity Accounts Version 1.0", mimeo, University of Groningen.