

Op weg met nieuwe technologie
Eric Bartelsman
Vrije Universiteit Amsterdam en Tinbergen Institute
16 september 2019

ABSTRACT

De samenleving lijkt zich op een tweesprong te bevinden, met nieuwe productietechnologieën die het potentieel hebben om de manier waarop huishoudens bijdragen aan en profiteren van economische activiteit drastisch te veranderen. De 'onzichtbare hand' zal ons niet zomaar leiden naar maatschappelijke verbetering. Om de belofte van de nieuwe technologie te verzilveren, zal het beleid zich moeten aanpassen aan de veranderingen in de allocatie van middelen en de verdeling van inkomen die de nieuwe productietechnologieën met zich meebrengen

Trefwoorden: Kunstmatige intelligentie, innovatie, productiviteit, economisch beleid

JEL-codes: D20, E24, L16, L16, O40

Dit artikel is gebaseerd op Bartelsman, EJ (forthcoming) "From New Technology to Aggregate Productivity"

Een reeks nieuwe technologieën --- waaronder universele robots, zelfrijdende voertuigen en apparaten met internetverbinding --- die zich de afgelopen tien jaar ontwikkelden, komen sneller naar de markt dan verwacht. De nieuwe technologieën hebben het potentieel om het duurzame welzijnsniveau te verhogen. Hoewel de nieuwe technologieën op het eerste gezicht niet meer bijdragen aan de menselijke conditie dan eerdere uitvindingen zoals huishoudelijk sanitair, de verbrandingsmotor, elektrificatie, en telecommunicatie (zoals Gordon (2016) stelt), geven Brynjolfsson en McAfee (2011, 2014), op overtuigende wijze aan dat de nieuwe technologieën de organisatie van de productie zullen verstoren, de aard van het werk zullen verbeteren en de ervaring van consumenten zal verruimen. Of, en in welke mate, deze veranderingen de welvaart kunnen verbeteren, hangt sterk af van maatschappelijke instituties en beleid.

McKinsey en Company (2013) publiceerden een invloedrijke monografie over nieuwe technologieën die de potentie hebben om 'het leven, het bedrijfsleven en de wereldeconomie' in de periode tot 2025 te veranderen. Sindsdien hebben de ontwikkelingen in deze technologieën de optimistische voorspellingen van McKinsey overtroffen. McKinsey (2013) onderscheidde vijf technologiegroepen, gerelateerd aan energie, het genoom, geavanceerde materialen, automatisering (robots) en data(verwerking). Dit artikel gaat specifiek in op de laatste twee.

De vooruitgang in robotica lijkt op schema te liggen sinds de prognose van McKinsey. De robots vervangen arbeid, of ze nemen werktaken op zich die de (fysieke) mogelijkheden van mensen te boven gaan. De huidige robots onderscheiden zich van eerdere machines omdat ze flexibeler zijn in gebruik en ingezet kunnen worden voor het maken van een verscheidenheid aan producten, de zogenaamde 'mass customization'. Veel van de nieuwe robots kunnen zonder beveiligingskooi direct naast mensen werken, en totale kosten van gebruik zit nu rond de vijf à tien euro per uur (Bartelsman, 2019). Deze robots zijn geschikt

voor het MKB en kunnen nu ook, dankzij AI, gevoelige taken verrichten zoals het plukken of snijden van tomaten.

Zelfrijdende auto's spreken al tot de verbeelding sinds de eerste grote DARPA-uitdaging van 2004, toen geen van de deelnemers aan de autonome voertuigcompetitie de finish bereikte. In 2013 testte Google (nu Waymo) autonome auto's en sindsdien hebben veel concurrenten zich in de strijd geworpen. McKinsey (2013) verwachtte dat niveau 4 zelfrijdende auto's rond 2030 op de markt zouden komen, nu worden in het komend jaar verwacht. Niveau 5 autonome voertuigen (die onder alle omstandigheden op alle plekken onbeheerd kunnen rijden) zullen echter *veel* langer op zich laten wachten. De impact van autonoom vervoer van fysieke objecten in de productieketen kan nog groter worden. In combinatie met sensoren, mobiele communicatie en AI neemt het aantal locaties en omstandigheden waar autonoom transport arbeid kan verdringen, gestaag toe.

Naast de hardware technologieën van robots en zelfrijdende auto's wordt er continue vooruitgang geboekt op het gebied van software en datacommunicatie en -opslag. Ook met tragere schaalafname in chip lithografie, blijven de computerkosten sterk dalen door technische trucs zoals het stapelen van 3D-chips, of door toenemen van de bezettingsgraad van rekenkracht via cloud computing. Omdat nieuwe generaties van generieke CPU's langer op zich laten wachten, wordt er meer geïnnoveerd in softwareoptimalisatie. Ook speciaal toegesneden chips, bijvoorbeeld GPU's voor AI-toepassingen, kunnen de prijs van rekenkracht sneller verlagen dan mogelijk door nieuwe generaties van generieke chips.

McKinsey (2013) gaf al aan dat AI een aanvulling zou zijn op veel van de andere disruptieve technologieën, waardoor hun vooruitgang zou worden versneld en de omvang en reikwijdte van hun impact zou toenemen. De doorbraken op het gebied van AI-technieken sinds 2013 zijn opmerkelijk en hebben geleid tot snellere toepassingen, met name op gebieden waar geen grote, geannoteerde datasets beschikbaar zijn (bv. Creswell, 2018). Met behulp van AI zou ook de marginale kosten van het gebruik van de eerdergenoemde hardware technologieën omlaag kunnen. Voorts kan de combinatie van AI met de andere technologieën, met name bij verschillende toepassingen van patroonanalyse (zie bijvoorbeeld het multimodale leren van Baltrusaitis e.a. 2019), de complementariteit tussen kapitaal- en kenniswerkers vergroten, terwijl het de vervanging van werknemers in routinetaken versneld. Deze trends belooft veel goeds voor de inkomensverdeling.

Een uitstekende verzameling papers getiteld "The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda" (Agrawal et al. 2019) geeft veel van het huidige academische denken over dit onderwerp weer. Een relevant aspect van AI voor het veranderen van de structuur van de economische productie is zijn kracht in prognose en de automatisering van prognose-afhankelijke beslissingen (zie Agrawal 2019). Economische processen kunnen worden ingericht om dynamisch te veranderen op basis van gegenereerde informatie en algoritmes die bepalen hoe de verschillende onderdelen van de keten in werking worden gesteld. Zoals Milgrom en Tadelis (2019) bijvoorbeeld hebben besproken, kan AI worden gebruikt om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen en marktfrieties te verminderen. AI en historische transactiegegevens worden nu ingezet in de huidige platformmarkten en versterken de tendens naar een zeer geconcentreerde, zo niet monopolistische, marktstructuur.

De positieve potentiële effecten van de nieuwe technologieën --- een hogere arbeidsproductiviteit, een hogere bezettingsgraad van kapitaalgoederen en betere aansluiting op de vraag --- kunnen alleen worden verenigd met de schijnbaar tegenstrijdige macro-economische trends en sociale onrust, nadat men heeft begrepen hoe de technologieën de prikkels en uitkomsten op de goederen-, kapitaal-, en arbeidsmarkt beïnvloeden. De productiviteitsgroei is de laatste jaren erg laag in alle geavanceerde economieën (OECD 2019a) en het mediane inkomen blijft stagneren ondanks dalende werkloosheidscijfers. De investeringsquote heeft zich niet hersteld tot het niveau van vóór de crisis, zelfs niet nu de waarderingen van met name hightechbedrijven stijgen (Gutiérrez en Philippon 2016, 2017). Tegelijkertijd neemt het arbeidsaandeel in de productie af, terwijl de winstpercentages en stijgingen lijken toe te nemen (Karabarbounis en Neiman, 2014; de Loecker en Eeckhout 2017). De top vijf procent van de bedrijven zijn goed voor het overgrote deel van de totale winst en lijken een hoge productiviteitsgroei te hebben (Andrews et al., 2016). Recent aanwijzingen van de impact van nieuwe technologieën op de economie zijn in overeenstemming met deze ontwikkelingen (Akcigit en Ates, 2019).

Op microniveau zijn er duidelijkere signalen van de impact van technologieën beschikbaar, niet allemaal rooskleurig. De totale factorproductiviteit neemt toe als marktaandeel verschuiven naar productievere technologie-intensieve bedrijven en als er diffusie is van de technologie naar achterblijvende bedrijven. Dit proces van herallocatie kan echter worden belemmerd door concurrentiebeperkend gedrag van technologie-intensieve bedrijven (Bartelsman et al. 2019). Voor werknemers kan de technologieën een bedreiging zijn: zelf rijdende taxi's nemen de plaats in van chauffeurs, of robots verdringen laagbetaalde krachten in landbouw en horeca. (Acemoglu en Autor, 2011; Bessen, 2018). In het verleden waren het vooral de banen in het 'midden' van de verdeling van vaardigheden, maar het patroon zal wellicht veranderen onder invloed van nieuwe algoritmes die worden toegepast op de groeiende hoeveelheid data (OESO, 2019). Voor werknemers die door de technologie verdrongen raken, wijst recente onderzoek op een levenslange inkomstenderving door een combinatie van minder werk en lagere lonen. De technologieën hebben ook voordelen in flexibilisering van productieprocessen, zodat het arbeidsaanbod op een betere manier kan worden afgestemd op de vraag.

Ten slotte zijn er veel veranderingen in de markten voor eindproducten en -diensten, waardoor het moeilijk is om BBP groei te meten. Het BBP zoals het nu gedefinieerd en geïmplementeerd wordt, zal steeds minder geschikt worden als beleidsdoel (Stiglitz, Fitoussi en Durand, 2018). De nieuwe technologie bemoeilijkt om verschillende redenen de ontvlechting van prijs- en kwantiteitsbewegingen en vervaagt de grens tussen activiteiten die bijdragen aan het nationaal inkomen en activiteiten die dat niet doen (Coyle, 2015).

Ondanks de mooie nieuwe technologieën neemt de onzekerheid van huishoudens toe en maken mensen in de geïndustrialiseerde landen zich zorgen over het financiële welzijn van hun nakomelingen (Pew Research Center, 2019 Global Attitude Survey). Verder voelt de burger de maatschappelijke verstoringen door de platformindustrieën (bv. huurwoningen, taxivervoer, online detailhandel), heeft zij privacy-zorgen over sociale netwerken en hoort zij over de onbelaste superwinsten van de superster bedrijven; alle potentiële voordelen van de nieuwe technologie wegen hier nauwelijks tegenop, zo lijkt het. Deze zorgen vinden hun weg naar de top van de agenda's van de beleidsmakers, en veel voorstellen zoals

hogere minimumlonen, basisinkomens, progressievere inkomstenbelasting, hogere vennootschapsbelasting, belastingen op robots, opsplitsing van de grootste technologiebedrijven, enz. zijn onlangs gelanceerd. Tegelijkertijd is er bij beleidsmakers ook bezorgdheid over de trage invoering van nieuwe technologieën, onvoldoende aanbod van geschoolde werknemers, gebrek aan flexibiliteit voor de herverdeling van middelen en bezorgdheid over beleidsmaatregelen die het innovatietempo kunnen vertragen. De snelheid waarmee de noodzaak van beleidshervormingen op de agenda is gekomen, heeft economen verrast, waardoor de debatten over beleidsvoorstellen zouden plaatsvinden zonder empirische economische basis of samenhangend kader.

Traditionele modellen van economische groei, zoals Solow (1958) en Romer (1989), sloten goed aan bij empirische groei-feiten van de vorige eeuw, de zogenaamde "Kaldor-feiten" (Kaldor 1961). Jones en Romer (2010) laten zien dat deze feiten niet langer standhouden. In een poging om nieuwe groei-feiten te matchen stellen zij voor om het model uit te breiden met onder meer kennis- en menselijk-kapitaal, naast traditioneel kapitaal. Met deze uitbreidingen zou het mogelijk zijn om meerdere aspecten van nieuwe (digitale) technologieën te analyseren, met name het aspect dat kennis niet-rivaal is. Echter, het model heeft nog steeds een macro-economisch karakter en biedt weinig houvast om relevante beleidsvoorstellen te evalueren.

Een nieuw kader dat het traject van digitale technologieën naar productiviteitsgroei en welvaart goed kan beschrijven heeft enkele noodzakelijke ingrediënten (zie Bartelsman 2019). De belangrijkste ingrediënten zijn het immateriële activa en bedrijvendynamiek. Immaterieel kapitaal is vergelijkbaar met traditioneel kapitaal in die zin dat het groeit door middel van investeringen en krimpt met afschrijvingen. Immaterieel kapitaal verschilt van traditioneel kapitaal doordat er geen schaarste optreedt in het gebruik: als ik een moker gebruik om een steen stuk te slaan kan jij de moker niet ook gebruiken, terwijl als ik een algoritme gebruik om probleem stuk te slaan, jij het algoritme op elk gewenst moment of op elke gewenste locatie kunt gebruiken zonder toenemende kosten. In een recent voorbeeld van zo'n kader zijn Akcigit en Ates (2019) in staat meerdere recente macro- en microtrends te verklaren, zoals toenemende winstmarges en afnemende arbeidsinkomensquotes, maar ook de dalende toetreding van bedrijven, de productiviteitskloof tussen leiders en achterblijvers, en verandering in het herallocatie proces. Zij wijzen op een afname in de diffusie van kennis als verklarende factor.

Trajtenberg wijst op de urgentie om beleid te ontwikkelen om potentiële negatieve effecten van nieuwe digitale technologieën terug te dringen en potentiële positieve effecten aan te jagen. Met het oog op de verdringing van banen door AI en de toenemende grijze druk benadrukt hij de noodzaak van hervormingen in het onderwijs, de professionalisering van de gezondheidszorg. Ik breid deze lijst uit met beleid gericht op inkomen en sociale inclusie, maar kijk ook naar het mededingingsbeleid en andere randvoorwaarden om de digitale toekomst stimuleren.

In perfect concurrerende arbeidsmarkten hangt het effect van nieuwe digitale technologieën op de totale werkgelegenheid af van de arbeidsaanbodcurve en weerspiegelt dus de vrije keuze van de werknemers. In een dergelijke markt zou een eventuele verandering in de werkgelegenheid geen reden zijn voor beleidsinterventie. In de echte

wereld leiden ontwrichtende veranderingen in productieketens tot baanverlies. De onderhandelingspositie van werknemers in arbeidsmarkten met zulke ontwrichting zal sterk verzwakken. Bovendien kunnen nieuwe technologieën de inkomensongelijkheid vergroten. Ten slotte wordt de arbeidsmarktstatus van werknemers steeds meer diverse, mede doordat technologische veranderingen teweegbrengt in de kosten en baten tussen werken in loondienst en werken als zelfstandige. Hierom zou het arbeidsmarktbeleid erop gericht moeten zijn alle werkenden voldoende bescherming en verzekering te bieden, ongeacht hun arbeidsmarktstatus.

Er is de laatste tijd veel aandacht voor het basisinkomen, d.w.z. een onvoorwaardelijke overdracht aan iedereen. Hoewel de overgang van de huidige voorwaardelijke steunregelingen naar een dergelijk beleid niet eenvoudig is, is het belangrijkste voordeel van basisinkomen dat er geen toetsing of andere controles nodig zijn. Anderzijds kan het basisinkomen op macroniveau instabiel zijn als toenemende keuze voor vrije tijd leidt tot hogere belastingwiggens en daardoor weer tot meer keuze voor vrije tijd. Met behulp van een welvaartstheoretische benadering kan worden aangetoond dat het basisinkomen over het algemeen geen efficiënt middel tot herverdeling is (zie bijv. Saez en Piketty 2013). Maar zelfs als men ervan uitgaat dat het aantal gewerkte uren niet reageert op de belastingtarieven, wat leidt tot een optimale belastingheffing en herverdeling van 100 procent van het inkomen, zouden de meeste mensen het oneerlijk vinden om anderen geen recht te geven op behoud van een deel van de vruchten van hun arbeid.

Het huidige sociale vangnet, met ontslagbescherming, werkloosheidsuitkering en pensioenen is over het algemeen afhankelijk van de (recente) arbeidsmarktstatus. De juiste classificatie van werkenden is dus een noodzakelijke voorwaarde voor deze regelingen. Deels als gevolg van nieuwe technologieën die een grotere flexibiliteit in arbeidsinzet mogelijk maken en deels omdat de prikkels voor de invoering van de nieuwe technologieën verbeteren met flexibele arbeidsmarkten, zal er onder invloed van de nieuwe technologieën een verschuiving plaatsvinden van arbeidscontract naar zelfstandig geleverde arbeid. Hoewel idealiter het arbeidsmarktbeleid neutraal zou zijn met betrekking tot de keuze van arbeidsvorm, betekent de voortschrijdende technologie dat er meer gedaan moet worden voor zelfstandigen. Tegelijkertijd stelt dit hogere eisen aan een goede classificatie van arbeidsmarktstatus en controle op her-etikettering gericht op het vermijden van premies.

Een win-win zou zijn sociaal beleid dat geen voorwaarden stelt aan de arbeidsmarktstatus, maar in plaats daarvan andere kenmerken gebruikt voor risicospreiding. Zo zou een werkloosheidsverzekering kunnen afhangen van locatie in plaats van arbeidscontract. Evenzo zouden ziekteverzuimverzekeringen of onderwijs- of opleidingsbudgetten kunnen worden geformuleerd op basis van beroep en niet op basis van arbeidscontract, met aandacht voor de solidariteit en het moreel risico door de juiste keuze van de risicopoule. De opleiding van werkenden, een cruciaal onderdeel van de 'race tussen technologie en onderwijs' (Tinbergen, 1975; Heckman 2019), zou in dit geval niet langer afhankelijk zijn van een werkgever die vooral bezig is met het vervangen van werknemers door machines.

Een voorbehoud op het regelen van sociale verzekeringen op basis van locatie is dat technologische verstoringen vaak hard aankomen op specifieke locaties en kunnen leiden tot massaontslagen. Als het inkomensverlies een groot deel van het totale inkomen in de regio is, kan een negatieve spiraal ontstaan die leidt tot langdurige depressie en ontvolking,

zoals bijvoorbeeld in de Amerikaanse 'rust belt'. Hier zouden regio-overschrijdende overdrachtsmechanismen een oplossing bieden.

Wat het onderwijs betreft, zijn de belangrijkste beleidsvragen voor wie, welk type en hoe te organiseren? Met ontwrichtende technologieën die afschrijving op onderwijs verhogen, zou er een verschuiving moeten plaatsvinden naar hogere onderwijsuitgaven voor oudere werkenden. Terwijl Europese beleidsmakers schreeuwen om een toename van bèta/technisch onderwijs, mede als reactie op het feit dat de technologische vooruitgang de laatste jaren haar oorsprong vindt in de VS en Azië, moet er vooral aandacht worden besteed aan een betere aansluiting op werkelijke onderwijs- en opleidingsbehoeften. Naarmate de technologie vordert en de programmeurs worden vervangen door code-bots, wordt de belangrijkste vaardigheid de vaardigheid om vaardigheden te verwerven. De meest geavanceerde bedrijven gebruiken tegenwoordig vooral multidisciplinaire teams met een steeds grotere rol voor alfa en gamma opgeleiden. Ten slotte moet het onderwijssysteem aangepast worden zodat de uitgaven omhoog kunnen. Dit vereist een beter evenwicht tussen publieke en private bekostiging en tussen vraag en aanbod. Met een beter zicht op het sociale en particuliere rendement van het onderwijs en de cumulatieve effecten van de verwerving van vaardigheden in een vroeg stadium (Heckman 2009) zou een heroverweging van ons aanbodgestuurd en politiek beïnvloed systeem vanzelfsprekend moeten zijn.

We richten ons nu op beleid dat verdere innovatie stimuleert en adoptie van nieuwe technologieën door het bedrijfsleven aanjaagt. Het beleid moet ook gericht zijn op het voorkomen van toenemende marktconcentratie, misbruik van markt macht, hogere winstmarges, en belastingontwijking. Op basis van het eerder besproken economische kader zullen investeringen in innovatieve activiteiten en de adoptie van nieuwe technologieën door bedrijven afhangen van de beschikbaarheid van goed geschoolde werknemers en andere complementaire middelen. Ook moeten bedrijven de verwachting hebben dat een succesvolle innovatie en toepassing van technologie zal leiden tot een toename van het marktaandeel en van de winst. Het specifieke beleid om deze voorwaarden te bereiken zal per technologie verschillen, maar we zullen er enkele bespreken.

Voor autonome voertuigen zijn er grote kansen in de Europese Unie. In tegenstelling tot de VS, waar hoofdzakelijk wordt geïnvesteerd in technologieën die volledig in het voertuig zijn ingebed, kan in de EU met publiek-private samenwerking een technologie-vriendelijke ecosysteem ontstaan. De Europese strategie voor coöperatief intelligent vervoerssystemen (C-ITS) maak het mogelijk voor concurrerende aanbieders de markt te betreden en daar te overleven. Door overheidsinvesteringen in sensoren in de openbare ruimte, bijvoorbeeld verkeersborden en -signalen die hun positie kenbaar maken, kan de uitrol worden bespoedigd. Het Amerikaanse systeem leidt tot een dynamiek van "winner-take-all". De technologie die wint hangt af van hoge initiële investeringen om snel klanten te winnen zodat hun reisgegevens door AI weer leiden tot betere technologie. De investeringen in de op één na beste technologieën zullen veel minder rendabel zijn als de concurrenten het al overleven.

Een ander cluster dat steunt op de nieuwe technologieën wordt gevormd door platformdiensten die de vraag- en aanbodzijde van een (soms nog niet-bestaande) markt met elkaar verbinden. In dit cluster vinden we platforms voor het deelgebruik (bijvoorbeeld woningverhuur, autodelen), goederenbezorging (bezorgen van bijvoorbeeld boeken, levensmiddelen of maatlijden) en dienstenhandel (taxi-service, hotelboeking, arbeidskrachten). Deze platforms zijn het moderne equivalent van de Bazaars of Middeleeuwse Europese markten met 'charters' of oorkondes. In Europa is het de traditie om markten te behandelen als openbare ruimte. In de historische antecedenten blijkt dat de economische activiteit en productie aantrokken wanneer de markten goed gereguleerd werden. Om te beginnen werden de openingstijden en de locatie van de markt gecoördineerd tussen alle deelnemers aan beide zijden van de markt en werden concurrerende marktplekken verboden om de handelsvolume en liquiditeit van de markt te garanderen. Vervolgens werden maten en gewichten, de echtheid van munten, en de handhaving van orde door de autoriteiten geregeld om te voorkomen dat opportunistisch gedrag van de deelnemers de markt zou ontrafelen. Ten slotte begrenste de concurrentie van geografisch aangrenzende markten de hoogte van de huur die de markteigenaar (in de middeleeuwen meestal een lokale landheer) kon innen.

In moderne platformmarkten ontbreekt zulke coördinatie vanuit de samenleving. Vanwege netwerkexternaliteiten en de voorsprong die een vroege toetreders krijgt door AI-analyse van historische transactiegegevens ontstaan machtsconcentraties. Hoewel de voordelen van een betere dienstverlening door middel van AI-gestuurde data-analyse misschien lijken op te wegen tegen de kosten van marktmacht, leidt een dergelijke marktconcentratie tot dynamische problemen. Ten eerste kan het platform zijn macht misbruiken om zijn bereik uit te breiden naar aangrenzende markten. Vervolgens kunnen potentiële concurrenten als doel hebben zichzelf te verkopen aan de monopolist in plaats van hen te vervangen. Dit verhindert echte innovatie en lange termijn aanjagers van groei. Het grote platform kan ook zijn marktmacht gebruiken om schaars technisch personeel in te huren om daarmee toekomstige concurrentie te voorkomen. Dit staat in de literatuur bekend als 'upstream market foreclosure'.

De beleidsoplossing voor de macht van platformbedrijven moet naar de bron van het probleem gaan, namelijk eigendom van en controle over historische transactiegegevens. In principe geeft de GDPR van de EU de transactiepartners het recht om hun eigen gegevens in machine-leesbare vorm op te vragen. Het is echter de totale verzameling van dergelijke gegevens door alle transactiepartners die waarde heeft. Dit geeft twee mogelijkheden: In de eerste plaats zouden lokale autoriteiten met regelgevende macht, bijvoorbeeld op het gebied van taxidiensten, hun vergunningen voor het platform afhankelijk maken van de voorwaarde dat alle transactiegegevens moeten worden gedeeld (op een manier die de privacy beschermt), door alle concurrenten. Om de externe effecten van het netwerk aan de gebruikerszijde tegen te gaan, moet het berichtenprotocol van het platform open zijn, zodat elke bestuurder elke passagier kan ontmoeten, ongeacht welke concurrerende app wordt gebruikt of welk analyse- en betalingsplatform de ritten verwerkt en coördineert. Op deze manier wordt de taximarkt meer een middeleeuwse markt, met niet-discriminerende toegang tot kopers en verkopers. Met deze beleidsaanpassing komt er ook concurrentie tussen de platformbedrijven, waarbij sommige beter zijn dan andere in het voorspellen en regisseren van chauffeurs naar de juiste locaties, of sommige beter in het ontwerpen van

gebruiksvriendelijke apps en betalingssystemen. De platforms zullen dus concurreren op kwaliteit en op hun aandeel in de marge (de wig tussen de prijs van de dienstverlening tussen koper en verkoper). Hoewel het voor een bepaalde locatie moeilijk kan zijn om zo'n systeem op eigen houtje op te zetten wanneer ze geconfronteerd worden met grote internationale platforms en hun advocaten, zou een consortium van steden in staat moeten zijn om de beleidsuitdaging aan te gaan.

Als het platform geen lokale regelgevende instantie kent, is een EU-brede aanpak nodig. Op basis van het GDPR moet ervoor worden gezorgd dat de platforms hun historische gegevens op niet-discriminerende wijze toegankelijk maken aan anderen. Het vinden van een wettelijke route om een open protocol voor de uitwisseling van berichten tussen koper en verkoper op het platform verplicht te stellen, kan een grotere uitdaging zijn, maar is een noodzakelijk onderdeel van de beleidsoplossing.

Een platform-type waarbij het ingewikkelder is om goede regelgeving te ontwikkelen is de zogenaamde tweezijdige markt. In deze markten handelen kopers en verkopers niet rechtstreeks met elkaar, maar hebben beide partijen interactie met het platform. Op zzo'n platform verkopen consumenten hun aandacht (eyeballs) aan het platform in ruil voor inhoud, zoals nieuws, entertainment of andere informatie, terwijl bedrijven hun advertenties willen plaatsen (ze kopen eyeballs) in ruil voor geld dat ze aan het platform geven. Dergelijke markten bestaan al meer dan een eeuw, in de vorm van kranten, radio en televisie met reclame. Wat nieuw is, is dat nu historische transactiegegevens worden verzameld door het platform van beide kanten van de markt. De enorme toename van (het aandeel van) de reclame-inkomsten die naar deze platformen vloeien, bewijst de efficiëntie van hun bedrijfsvoering ten opzichte van de oude media. Deze markt wordt niet alleen bediend door de traditionele 'content delivery' platforms maar ook door andere die toegang hebben tot privé-gegevens, zoals internet-verbonden huishoudelijke apparaten of mobiele telefoon gebaseerde betalingsverwerkers.

Op deze markten is er een wisselwerking tussen de kwestie van privacy en de kwestie van de (eigendom van) de economische waarde van historische transactiegegevens. Het GDPR werd vooral ontwikkeld wegens privacy en ging niet rechtstreeks in op de toekomstige verdeling van de economische waarde van gegevens van transacties tussen de drie betrokken partijen. Oplossingen zijn op het ogenblik niet direct voorhanden, maar sommige recente beleidsmaatregelen kunnen in de goede richting wijzen. In de financiële sector biedt de EU-betalingsdienstenrichtlijn (PSD2) bankklanten de mogelijkheid om derden toegang te verlenen tot historische betalingsinformatie, waardoor het monopolie van de banken op deze informatie wordt doorbroken. Een soortgelijke benadering van andere waardevolle gegevensopslag zou kunnen worden overwogen. Een andere mogelijkheid is het toestaan van "microbetalings"-contracten, zodat een consument die gebruik maakt van een dienst die gegevens verzamelt, een (kleine) prijs kan vragen voor het toekomstige gebruik van deze gegevens. Hoewel de betalingsstromen voor een individu klein kunnen zijn, zullen de economische rents die door platforms met marktmacht worden geïnd, aanzienlijk worden verlaagd.

Om te sluiten kijken we naar belastingontwijking van technologiebedrijven. Bedrijven met veel immateriële activa kunnen concurrentievoordeel behalen door geografisch te

'shoppen' voor regelgevende en fiscale autoriteiten. Omdat verkoop, arbeid, kapitaal en immateriële activa niet langer op hetzelfde moment op dezelfde locatie hoeven plaats te vinden, kunnen eigenaren van de immateriële activa met de andere middelen schuiven om er voordeel uit te halen, bijvoorbeeld door arbeid in lage-loon landen te plaatsen, of door investeringen te financieren via een locatie met lage belastingen op financieringsactiviteiten. Een beleidsrichting is om belastingen niet langer te baseren op de locatie van de productie maar op het aandeel van de locatie in de wereldwijde verkoop.

REFERENTIES

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Chapter 12 - Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In *Handbook of Labor Economics: Vol. Volume 4, Part B* (pp. 1043–1171). Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169721811024105>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). *Artificial Intelligence, Automation and Work*, NBER Working Paper No. 24196. <https://doi.org/10.3386/w24196>
- Aghion, P., Jones, B. F., & Jones, C. I. (2017). *Artificial Intelligence and Economic Growth*, NBER Working Paper No. 23928. <https://doi.org/10.3386/w23928>
- Agrawal, A., Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2019a). Prediction, Judgment, and Complexity: A Theory of Decision Making and Artificial Intelligence. In *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. University of Chicago Press/NBER.
- Agrawal, A. K., Gans, J., & Goldfarb, A. (2019b). *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. Retrieved from <https://www.nber.org/chapters/c14005>
- Akcigit, U., & Ates, S. T. (2019a). *Ten Facts on Declining Business Dynamism and Lessons from Endogenous Growth Theory*, NBER Working Paper No. 25755. <https://doi.org/10.3386/w25755>
- Athey, S. (2019). The Impact of Machine Learning on Economics. In *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. University of Chicago Press/NBER.
- Autor, D., Dorn, D., Katz, L. F., Patterson, C., & Van Reenen, J. (2017). Concentrating on the Fall of the Labor Share. *American Economic Review*, 107(5), 180–185. <https://doi.org/10.1257/aer.p20171102>
- Baltrušaitis, T., Ahuja, C., & Morency, L. (2019). Multimodal Machine Learning: A Survey and Taxonomy. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 41(2), 423–443. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2798607>
- Bartelsman, E. J., (forthcoming) From New Technology to Aggregate Productivity, DG ECFIN Discussion Papers, Brussels.
- Bartelsman, E. J., Gautier, P. A., & De Wind, J. (2016). Employment Protection, Technology Choice, and Worker Allocation. *International Economic Review*, 57(3), 787–826. <https://doi.org/10.1111/iere.12176>
- Bartelsman, E. J., Hagsten, E., & Polder, M. (2017). Micro moments database for cross-country analysis of ICT, innovation, and economic outcomes. *Journal of Economics and Management Strategy*. <http://dx.doi.org/10.1111/jems.12256>
- Bartelsman, E., Lopez-Garcia, P., & Presidente, G. (2018). *Cyclical and Structural Variation in Resource Reallocation: Evidence for Europe*. <http://papers.tinbergen.nl/18057.pdf>

Bessen, J. (2018). *AI and Jobs: The role of demand*, NBER Working Paper No. 24235. <https://doi.org/10.3386/w24235>

Bessen, J., Goos, M., Salomons, A., & van den Berge, W. (2019). *Automatic Reaction: What happens to workers at firms that automate?* CPB Netherlands.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2011). *Race Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Digital Frontier Press.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies* (1 edition). W. W. Norton & Company.

Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2017). *Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics*, NBER Working Paper No. 24001. <https://doi.org/10.3386/w24001>

Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2018). *The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies*, NBER Working Paper No. 25148. <https://doi.org/10.3386/w25148>

Cockburn, I. M., Henderson, R., & Stern, S. (2018). *The Impact of Artificial Intelligence on Innovation*, NBER Working Paper No. 24449. <https://doi.org/10.3386/w24449>

Coyle, D. (2017). *Do-it-Yourself Digital: The Production Boundary and the Productivity Puzzle* (SSRN Scholarly Paper No. ID 2986725). Retrieved from Social Science Research Network website: <https://papers.ssrn.com/abstract=2986725>

Creswell, A., White, T., Dumoulin, V., Arulkumaran, K., Sengupta, B., & Bharath, A. A. (2018). Generative Adversarial Networks: An Overview. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(1), 53–65. <https://doi.org/10.1109/MSP.2017.2765202>

Deng, L. (2018). Artificial Intelligence in the Rising Wave of Deep Learning: The Historical Path and Future Outlook [Perspectives]. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(1), 180–177. <https://doi.org/10.1109/MSP.2017.2762725>

Fazeli, N., Oller, M., Wu, J., Wu, Z., Tenenbaum, J. B., & Rodriguez, A. (2019). See, feel, act: Hierarchical learning for complex manipulation skills with multisensory fusion. *Science Robotics*, 4(26), eaav3123. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aav3123>

Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>

Goldin, C., & Katz, L. F. (1998). The Origins of Technology-Skill Complementarity. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(3), 693–732. <https://doi.org/10.1162/003355398555720>

Gordon, R. (2016). *The rise and fall of American growth: The US standard of living since the civil war*. Princeton University Press.

- Gutiérrez, G., & Philippon, T. (2016). *Investment-less Growth: An Empirical Investigation*, NBER Working Paper No. 22897. <https://doi.org/10.3386/w22897>
- Gutiérrez, G., & Philippon, T. (2017). *Declining Competition and Investment in the U.S.*, NBER Working Paper No. 23583. <https://doi.org/10.3386/w23583>
- Heckman, J. J. (2018). *The Race Between Demand and Supply: Tinbergen's Pioneering Studies of Earnings Inequality*, NBER Working Paper No. 25415. <https://doi.org/10.3386/w25415>
- Hopenhayn, H. A. (1992). Entry, Exit, and firm Dynamics in Long Run Equilibrium. *Econometrica*, 60(5), 1127–1150. <https://doi.org/10.2307/2951541>
- Jones, C. I., & Romer, P. M. (2010). The New Kaldor Facts: Ideas, Institutions, Population, and Human Capital. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2(1), 224–245. <https://doi.org/10.1257/mac.2.1.224>
- Kaldor, N. (1961). Capital Accumulation and Economic Growth. In F. A. Lutz & D. C. Hague (Eds.), *The Theory of Capital: Proceedings of a Conference held by the International Economic Association* (pp. 177–222). https://doi.org/10.1007/978-1-349-08452-4_10
- Karabarbounis, L., & Neiman, B. (2014). The Global Decline of the Labor Share. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(1), 61–103. <https://doi.org/10.1093/qje/qjt032>
- Loecker, J. D., & Eeckhout, J. (2017). *The Rise of Market Power and the Macroeconomic Implications*, NBER Working Paper No. 23687. <https://doi.org/10.3386/w23687>
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2018). *Machine, Platform, Crowd: Harnessing our Digital Future*. W. W. Norton & Company.
- McKinsey & Company. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. Retrieved from <http://www.mckinsey.com/business-functions/business-technology/our-insights/disruptive-technologies>
- Minar, M. R., & Naher, J. (2018). Recent Advances in Deep Learning: An Overview. *ArXiv:1807.08169 [Cs, Stat]*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24831.10403>
- OECD. (2019a). *OECD Compendium of Productivity Indicators 2019*. Retrieved from <https://doi.org/10.1787/b2774f97-en>
- OECD. (2019b). *OECD Employment Outlook 2019*. Retrieved from <https://doi-org.vu-nl.idm.oclc.org/10.1787/9ee00155-en>
- O'Mahony, M., & Timmer, M. P. (2009). Output, Input and Productivity Measures at the Industry Level: The EU KLEMS Database*. *The Economic Journal*, 119(538), F374–F403. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2009.02280.x>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102.

Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.

Trajtenberg, M. (2018). *AI as the next GPT: A Political-Economy Perspective*, NBER Working Paper No. 24245. <https://doi.org/10.3386/w24245>