

DE TOEKOMST VAN WERK NADER BEKEKEN: ROBOTTECHNOLOGIE

1 Inleiding

Hoewel machines al heel lang onderdeel van ons leven uitmaken, betekende de industriële revolutie een enorme doorbraak in het gebruik van machinerie en machines. Destijds werd de betekenis en het belang van machines algemeen erkend. De reacties liepen echter uiteen: sommigen zagen machines als een bedreiging, terwijl anderen de veelbelovende mogelijkheden ervan zagen. Vandaag de dag, in het tijdperk van alomtegenwoordige technologie en midden in een overgangsfase, herhaalt de geschiedenis zich en staan we voor een zelfde situatie, maar deze keer gaat het om slimme machines en processen.

Zoals hieronder beschreven wordt, zal de 'alomtegenwoordige (r)evolutie' zich voltrekken in een tijdperk waarin machines en apparatuur overal kunnen worden geïnstalleerd - zelfs in het menselijk lichaam; robots zullen ons gaan assisteren en zullen op - lange termijn onze collega's worden.

2 Wat is een robot?

Afhankelijk van de beoogde toepassing kan een robot als een industriële of een dienstenrobot worden geklasseerd.

- De Internationale Robotassociatie definieert een **industriële robot** als een "automatisch bestuurd, her programmeerbare, multifunctionele manipulator met ten minste drie programmeerbare assen, die vast gemonteerd kunnen zijn of bewogen kunnen worden, voor gebruik in industriële automatiseringstoepassingen." (zoals gedefinieerd in ISO-norm 8373: 1994)
- **Dienstenrobots** zijn ontworpen om mensen te ondersteunen, te begeleiden en te verplegen, waarbij de robot zich in de omgeving van de mens bevindt en een basisintelligentie bezit om de toegewezen taken uit te kunnen voeren. Deze robots kunnen in drie klassen worden onderverdeeld: Klasse 1-robots vervangen mensen die in vieze, gevaarlijke omstandigheden werken en eentonige handelingen moeten uitvoeren. Klasse 2-robots werken nauw met mensen samen om het comfort te verhogen en bieden bijvoorbeeld entertainment aan, ondersteunen ouderen, dragen patiënten of voeren taken samen met mensen uit. Klasse 3-robots voeren operaties op mensen uit, bijv. medische robots voor het stellen van diagnoses, operaties, behandelingen en revalidatie.

Robots zijn oorspronkelijk ontwikkeld om simpele taken uit te voeren, maar worden steeds vaker ontworpen om te denken met behulp van **kunstmatige intelligentie (KI)**.

Er bestaan twee soorten KI: zwakke en sterke. Zwakke KI verwijst naar een machine die bij haar onderzoek of reactie begeleid moet worden door software die voor een bepaald probleem ontworpen is. Dit soort machines kan geen conclusies trekken, maar is eerder een probleemoplosser in een beperkt toepassingsgebied (bijv. tekst- en beeldherkenning, gespecialiseerde systemen en schaakcomputers). Sterke KI verwijst daarentegen naar een hypothetische machine die ten minste even vaardig en flexibel is als de mens.

Het relatieve voordeel van robots en intelligente machines is hun vermogen om een groot aantal verschillende bewegingen uit te voeren en eindeloos en onvermoeibaar te 'denken'. Tegenwoordig wordt bij het ontwerpen van robots de nadruk gelegd op het vermogen van de robot om patronen te volgen en dit maakt dat ze over het algemeen zeer gespecialiseerd zijn. Dit gaat in de nabije toekomst veranderen. Er zullen robots komen die een groot aantal verschillende taken kunnen uitvoeren en mensen kunnen imiteren en parafaseren. Deze ontwikkeling wordt mede mogelijk gemaakt door een enorme toename van de geheugencapaciteit van robots en KI-toepassingen, waardoor enorme hoeveelheden gegevens kunnen worden opgevraagd en voor een groot aantal verschillende operationele taken kunnen worden gebruikt.

3 Reikwijdte van robottechnologie en verwachtingen

Over het algemeen verandert de informatiemaatschappij steeds meer naar een kennismaatschappij en verandert de kennismaatschappij in een maatschappij 'waar kennis overal aanwezig is'. In deze 'alomtegenwoordige maatschappij' is de rol van slimme en autonome machines van cruciaal belang voor beleidsmakers. De aandacht moet gericht zijn op 'technologiegolven', zoals digitalisering, informatie- en communicatietechnologie en robottechnologie, die allemaal van essentieel belang zijn voor de ontwikkeling van deze nieuwe alomtegenwoordige maatschappij.

De 2020-strategie van de EU inzake robottechnologie schetst de huidige ontwikkelingen als volgt:

“Robottechnologie zal in het komende decennium een dominante rol gaan spelen. Zij zal alle aspecten van werken en het huishouden beïnvloeden. Robottechnologie heeft het potentieel om levens en werkmethoden te veranderen, de efficiëntie en veiligheid te verhogen, het niveau van de dienstverlening te verhogen en werkgelegenheid te creëren. De invloed ervan zal in de loop der tijd toenemen, evenals de interactie tussen robots en mensen.”

In de periode vanaf de jaren zestig tot de jaren negentig werden de meeste robots en robottechnologieën alleen voor industriële toepassingen ontwikkeld. Tegenwoordig kunnen robots buitengewoon goede prestaties leveren en zijn ze zeer robuust. Daarnaast zullen robottechnologie en KI enorme gevolgen hebben voor een groot aantal sectoren zoals de militaire industrie, beveiligingsdiensten, gezondheidszorg, transport en logistiek, klantenservice en woningonderhoud. Wat dienstenrobots betreft is er recentelijk aanzienlijke vooruitgang geboekt op het gebied van medische en persoonlijke gezondheidszorg en komt een nog grotere mate van autonomie en hogere complexiteit van systemen steeds meer binnen handbereik, evenals toepassingen die meer op mensen gericht zijn.

In de huidige, alomtegenwoordige wereld communiceren mensen met elkaar (mens-mens) en machines met mensen (mens-machine). Machines (waaronder robots) gaan echter ook steeds meer onderling communiceren (machine-machine). Het aantal apparaten dat betrokken is bij de communicatie tussen machines zal exponentieel toenemen. In 2020 zullen er ongeveer 50 miljard 'slimme apparaten' zijn die met elkaar kunnen praten en met mensen kunnen samenwerken.

Deze ontwikkelingen op het gebied van communicatie zullen leiden tot het algemeen verwachte '**internet der dingen**', waarmee een systeem wordt bedoeld dat gebaseerd is op autonome communicatie tussen fysieke objecten. Robottechnologie zal op verschillende manieren met het 'internet der dingen' verbonden zijn en dit verbindingsproces zal de 'oude' netwerkmaatschappij ingrijpend veranderen. De manier waarop mobiele telefoons en draagbare computers, zoals 'levenstrackers', onderdeel van ons leven zijn geworden impliceert dat mensen op korte termijn in een 'alomtegenwoordige wereld' zullen leven, waarin alle apparaten (dus ook robots) via een netwerk met elkaar in contact staan. Als onderdeel van de huidige revolutie van het 'internet der dingen' worden robots steeds meer ingezet om in het alledaagse leven allerlei taken uit te voeren. Hierdoor worden door het 'internet der dingen' ondersteunde robottoepassingen een concrete werkelijkheid.

Vooruitgang op het gebied van robottechnologie zal in de toekomst leiden tot de ontwikkeling van partners, assistenten, huishoudrobots, zorgrobots, robots voor in de bouw, robots als huisdieren, teleconferentierobots en speelgoedrobots. Deze robottoepassingen zullen het gedrag van mensen en dieren imiteren en dankzij het 'internet der dingen' en alomtegenwoordige toepassingen kunnen ze met elkaar communiceren.

Al deze kwantitatieve veranderingen zullen leiden tot kwalitatieve veranderingen, die vanwege de complexiteit van de materie bijna onmogelijk voorspeld kunnen worden. Snelle computersystemen hebben snellere, betrouwbaardere en meer nauwkeurige besluitvorming en acties mogelijk gemaakt. Deze snelle ontwikkeling kan echter ook bedreigingen en risico's bewerkstelligen, zoals scherpe stijgingen van de aandelenmarkten door hoogfrequente handel. Gaan de ontwikkelingen niet te snel? Leidt de toenemende snelheid van de alomtegenwoordige en andere technologische vooruitgang niet tot grotere risico's voor de economie en de samenleving?

4 Robottechnologie en de toekomst van werk

Wat de toekomst van werk betreft is het belangrijk om te bedenken in hoeverre robots menselijke arbeid kunnen vervangen, aanvullen en verbeteren. Een toekomst waarin robots voornamelijk ontwikkeld worden om een aanvullende rol te vervullen zou de minste problemen voor de samenleving opleveren, aangezien mensen niet met robots en automaten hoeven te concurreren en de traditionele rolpatronen grotendeels intact blijven. Economische en productiviteitsdruk leidt er waarschijnlijk echter toe dat er eerder voor een vervangingsaanpak zal worden gekozen waarbij het werk van personen en groepen door robottechnologie en automatisering worden overgenomen. Er zullen over het algemeen minder werknemers nodig zijn voor routinematig werk of voor werk met duidelijk omschreven taken. Dit soort werk zal door industriële en dienstenrobots worden uitgevoerd. Deze technische verandering zal leiden tot een relatieve toename van de vraag naar hoogopgeleide werkenden en een daling van de vraag naar minder hoog opgeleide werkenden, die voorheen altijd de routinematige cognitieve en manuele werkzaamheden verrichtten. Deze zogenaamde 'uitholling' van middelhoog geschoolde werkenden zou in de aankomende decennia kunnen leiden tot een verlies van een derde van alle huidige banen.

Dit dilemma tussen aanvullen en vervangen en de balans tussen het behoud van banen en werkloosheid als gevolg van technologische vooruitgang vormt een uitdaging voor beleidsmakers, het bedrijfsleven en het maatschappelijke middenveld. De ruime gevolgen van de verandering van de arbeidsmarkt als gevolg van robottechnologie zullen de arbeidsmarkt, de economie en de samenleving veranderen en lastige maatschappelijke en politieke vraagstukken opwerpen. De discussie over intelligente machines en de gevolgen van robottechnologie en alomtegenwoordige technologie voor de samenleving, de economie en werkgelegenheid is tot op heden redelijk passief gevoerd en er zijn tot dusver weinig goed gestructureerde ideeën over de mate waarin een gerobotiseerde en geautomatiseerde samenleving gecreëerd kan worden.

De angst voor werkloosheid als gevolg van technologische vooruitgang gaat ten minste terug tot de 19^e eeuw, toen Engelse textielarbeiders, de Luddieten, protesteerden tegen het verlies van hun banen als gevolg van de nieuwe technologie van de industriële revolutie. De angst dat technologie een groot deel van de menselijke arbeid zou kunnen vervangen en tot permanente structurele werkloosheid zou leiden, is keer op keer ongegrond gebleken en voor veel economen is het praktisch ondenkbaar dat deze angst werkelijkheid wordt. Technologische vooruitgang heeft over het algemeen zelfs geleid tot een toename van rijkdom en banen, minstens op - lange termijn, en nieuwe technologieën en uitvindingen zijn over het algemeen positief ontvangen. Het nieuwe tijdperk van robottechnologie en kunstmatige intelligentie kan echter gepaard gaan met veranderingen van een nog niet eerder vertoonde omvang, en in het kader van dit scenario is er nog maar weinig gesproken over de mogelijke gevolgen voor de werkgelegenheid, het schrappen van banen en de economie. Een groot aantal conventionele economen is van mening dat marktmechanismen deze problemen op - lange termijn weer in balans brengen. Maar lukt dit ook altijd?

5 Gevolgen van robottechnologie voor veiligheid en gezondheid op het werk

Zoals hierboven omschreven heeft de toename van het aantal innovaties op het gebied van robottechnologie belangrijke gevolgen voor de toekomst van werk. Robots bieden de mogelijkheid om constant een hoge industriële productie te realiseren in landen met hoge loonkosten. Ze kunnen tevens productiewerkzaamheden en taken uitvoeren die mensen niet kunnen uitvoeren, zoals het analyseren, controleren en bewerken van enorme hoeveelheden gegevens, of in omgevingen werken die te moeilijk of te gevaarlijk zijn voor mensen. Bovendien bieden robots in de huidige situatie van een ouder wordende bevolking een oplossing voor de toenemende schaarste – en waarde – van manuele arbeid.

Vanuit het perspectief van veiligheid en gezondheid op het werk (VGW) biedt de toename van robottechnologie kansen en uitdagingen.

Het grootste voordeel van de ruimschootse inzet van robottechnologie voor VGW is dat robots de taken kunnen uitvoeren van arbeiders die in ongezonde of gevaarlijke omstandigheden werken. Vooral in bedrijfstakken zoals de ruimtevaart, defensie en beveiliging, maar ook op vlak van logistiek, onderhoud en inspectie, kunnen autonome robots worden ingezet om menselijke arbeiders te vervangen die vuile, saaie of onveilige taken uitvoeren. Hiermee wordt voorkomen dat arbeiders worden blootgesteld aan gevaarlijke stoffen en arbeidsomstandigheden en kunnen lichamelijke, ergonomische en psychosociale risico's worden verminderd. Robots worden momenteel al gebruikt om herhalende en monotone taken

uit te voeren, met radioactief materiaal om te gaan of in omgevingen te werken waar explosiegevaar bestaat. In een groot aantal bedrijfstakken zoals landbouw, bouw, transport, gezondheidszorg, brandbestrijding of schoonmaak zullen zeer herhalende, risicovolle of onaangename taken in de toekomst door robots worden uitgevoerd.

Ondanks deze vooruitgang zullen er nog geruime tijd vaardigheden blijven bestaan die beter bij de mens passen als bij -een machine en zal daarom bekeken worden op welke manier de vaardigheden van mensen en robots het best gecombineerd kunnen worden. Robottechnologie is onder andere zeer geschikt voor zware werkzaamheden die herhaaldelijk en met grote precisie moeten worden uitgevoerd, terwijl mensen op hun beurt weer uitblinken in creativiteit, besluitvorming, flexibiliteit en aanpassingsvermogen. Deze behoefte om de optimale vaardigheden te combineren heeft ertoe geleid dat samenwerkende robots en mensen steeds vaker samen op de werkvloer te vinden zijn en dat er nieuwe benaderingen en normen zijn ontwikkeld om de veiligheid van deze 'fusie van mens en robot' te waarborgen. Sommige Europese landen hebben robottechnologie in hun nationale programma's opgenomen en proberen een veilige en flexibele samenwerking tussen robots en menselijke bedieners van machines e.d. te bevorderen, zodat er een hogere productiviteit kan worden gerealiseerd. Het Duitse Bondsinstituut voor veiligheid en gezondheid op het werk (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; BAuA) organiseert bijvoorbeeld ieder jaar workshops over "samenwerking tussen mens en robot".

In de toekomst zal de samenwerking tussen robots en mensen diversifiëren, waarbij robots meer autonomie krijgen en de samenwerking tussen mens en robot compleet nieuwe vormen zal aannemen. In voorbereiding op deze ontwikkelingen moeten de huidige benaderingen en technische normen, gericht op het beschermen van werknemers tegen de risico's van samenwerken met samenwerkende robots, worden herzien.

Door de opkomst van autonome robots en dienstenrobots ontstaan er nieuwe uitdagingen op het gebied van VGW die moeten worden aangepakt:

- Robottechnologie speelt een belangrijke rol bij innovaties in de gezondheidszorg en het verlenen van zorg aan ouderen (inclusief oudere werknemers). Robottechnologie is nauw verbonden met ontwikkelingen op het gebied van protheses en implantaattechnologie en deze twee vakgebieden zijn op hun beurt weer sterk afhankelijk van neuro- en informatiewetenschappen. De meest recente ontwikkelingen omvatten onder andere hersen-computer interfaces (BCI's), protheses die met het zenuwstelsel worden verbonden, kunstmatig zicht, ICT-implantaten en zelfs neurochips (de ontwikkeling hiervan bevindt zich momenteel nog in een vroeg stadium).

Deze en andere vormen van vooruitgang op het gebied van robottechnologie zorgen ervoor dat er technologieën voor menselijke vooruitgang kunnen worden ontwikkeld die niet alleen arbeidsongeschiktheid kunnen aanpakken, maar ook de vermogens van gezonde personen kunnen verbeteren. Exoskeletten of 'draagbare robots' kunnen bijvoorbeeld het draagvermogen van arbeiders vergroten, maar kunnen ook worden gebruikt als revalidatie- of ondersteunende apparaten die ervoor zorgen dat arbeidsongeschikte personen (weer) aan het werk kunnen. De introductie van technologieën voor menselijke vooruitgang zorgt er niet alleen voor dat er nieuwe eisen aan het beheer van veiligheid en gezondheid worden gesteld om de opkomende risico's te kunnen blijven bewaken, maar roept tevens nieuwe juridische en ethische vragen op.

- Voor de overgrote meerderheid van de bevolking is interactie met robots vreemd, maar dat zal gaan veranderen naarmate de interactie tussen mens en machine op het werk toeneemt. De indirecte gevolgen van de communicatie tussen machines zijn niet algemeen bekend, maar kunnen aanzienlijk zijn. Door de ergonomische en logistieke toepassing van autonome robots moeten er in de industrie- en dienstverlenende sector nieuwe test- en besturingsregelingen worden ingevoerd. Daarnaast moeten er op maat gemaakte opleidingsprogramma's worden aangeboden aan degenen die deze robots gaan programmeren, bedienen, onderhouden of een werkplek met hen gaan delen.
- Het is nog niet algemeen bekend welk effect robottechnologie op de motivatie en het welzijn van werknemers en managers heeft. In het kader van veiligheid en gezondheid moet er meer aandacht worden besteed aan psychosociale factoren die verband houden met robottechnologie.

- Omdat niet alle toepassingsgebieden even sterk ontwikkeld zijn, is het niet mogelijk om uniforme richtlijnen voor het beheer van veiligheid en risico's te geven. Bij sommige toepassingen worden problemen op het gebied van beveiliging en veiligheid professioneel beheerd, maar er zijn ook toepassingen van robottechnologie die minder veilig kunnen zijn. Er moeten nadere analyses worden uitgevoerd om risicovolle en onveilige handelingen van autonome robots vast te stellen, met name in de landbouw- en levensmiddelensector, bij zorgverleners, in de huishoudelijke dienstverlening, productiesectoren, professionele dienstverlening en de transportsector.
- Aangezien professionele dienstenrobots een relatief nieuw verschijnsel zijn, bestaat er nog onduidelijkheid over juridische aansprakelijkheid in het geval van ongevallen in de openbare ruimte. Er moeten nog verdere juridische analyses op het gebied van aansprakelijkheid worden gemaakt, voordat de technologie kan worden geïntroduceerd.

Om een veilig kader voor autonome industriële robottechnologie en dienstenrobots te kunnen creëren moet er daarom met enkele thematische aandachtsgebieden rekening worden gehouden. De belangrijkste strategische aandachtsgebieden zijn (1) technologiebeheer, (2) regulering en goed bestuur en (3) gebruikersinterfaces en -ervaringen. Er moet op Europees niveau meer kennis worden uitgewisseld over veiligheidsmethoden voor minder slimme systemen (bijv. voertuigen en auto's), zodat deze kunnen worden aangepast aan dienstenrobots en autonome robottechnologieën, die in de toekomst een stuk 'slimmer' zullen zijn.

6 Afsluitende opmerkingen

De geschiedenis heeft uitgewezen dat nieuwe technologieën niet alleen nieuwe voordelen en nieuwe mogelijkheden met zich meebrengen, maar ook meer kosten en nieuwe dreigingen. Er bestaat algemene consensus over het feit dat veranderingen zich steeds sneller voltrekken en dat we in steeds rapper tempo onbekend met de toekomst zijn, met name op het gebied van robottechnologie en KI, waar bijna wekelijks nieuwe uitvindingen en innovaties worden gepresenteerd. Voordelen van deze vooruitgang zijn onder andere een betere gezondheid, meer gemak, een hogere productiviteit, meer veiligheid en beter bruikbare gegevens, informatie en kennis voor mensen en organisaties. Mogelijke nadelen zijn eventuele problemen met de privacy en gegevensbescherming, torenhoge verwachtingen en toenemende technologische complexiteit.

Op de volgende gebieden moet op Europees niveau beter worden samengewerkt: (1) Veiligheidsvoorschriften voor robottechnologie (voorschriften, normen voor veilig gebruik en beste praktijken), (2) ontwerprichtlijnen voor de ergonomie van robottechnologie, (3) methoden om de toepassingen van robottechnologie op het gebied van veiligheid en gezondheid te verbeteren, (4) validatie- en verificatietechnieken (methoden om te testen of de vereisten en de richtlijnen correct zijn toegepast), (5) gebruikersgerichte ervaringen en omgang met robottechnologie, (6) opleidingsmodellen om werkenden met robots om te leren gaan, (7) goede praktijken op het gebied van de regulering van industriële (met name autonome robots) en dienstenrobots (met name robots op het gebied van zorg en welzijn) en (8) technologische mogelijkheden om veilige systemen te creëren door mogelijke risico's van robottechnologie te elimineren of te verminderen.

Dit discussiestuk is gebaseerd op een samenvatting van een langer artikel dat dr. Jari Kaivo-oja heeft geschreven in opdracht van EU-OSHA, en bevat de reacties die van het netwerk van focal points van het agentschap zijn ontvangen tijdens een [seminar](#) in Bilbao op 11 juni 2015.