

Artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle

Analys av utveckling och potential

.....

SLUTRAPPORT - VINNOVA



Kort om Vinnova

Vår vision är att stärka Sverige som forsknings- och innovationsland.

Vinnova är Sveriges innovationsmyndighet. Vår uppgift är att bidra till hållbar tillväxt genom att förbättra förutsättningarna för innovation. Det gör vi främst genom att ge bidrag till innovationsprojekt och forskning som behövs för att utveckla nya lösningar. Vi satsar också långsiktigt på starka forsknings- och innovationsmiljöer.

Vi stimulerar samverkan mellan företag, universitet och högskolor, offentlig verksamhet, civilsamhället och andra aktörer. Vår verksamhet är även inriktad på att stärka internationell samverkan.

Varje år satsar Vinnova ungefär tre miljarder kronor för att främja innovation. Merparten fördelas genom utlysningar där företag, offentliga aktörer och andra organisationer kan söka finansiering. Alla insatser följs upp och utvärderas kontinuerligt och vi genomför regelbundet analyser av insatsernas effekter.

Vinnova är en statlig myndighet under Näringsdepartementet och nationell kontaktmyndighet för EU:s ramprogram för forskning och innovation. Vi är också regeringens expertmyndighet inom det innovationspolitiska området. Vi är drygt 200 personer med kontor i Stockholm och Bryssel. Tillförordnad generaldirektör är Leif Callenholm.

I publikationsserien **Vinnova Rapport** publiceras material som genererats inom ramen för program och projekt som finansierats av Vinnova eller material som tagits fram inom eller på uppdrag av Vinnova. Det kan röra sig om rapporter från enskilda projekt och program, studier, analyser, översikter, utredningar, utvärderingar, kunskapsammansättningar, debattskrifter och strategiskt viktiga arbeten.

Artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle

– Analys av utveckling och potential

.....

SLUTRAPPORT - VINNOVA

Regeringsuppdrag att genomföra en kartläggning och analys av hur väl artificiell intelligens och maskininlärning kommer till användning i svensk industri och i det svenska samhället

Dnr 2017-05616

N2017/07836/FÖF

Titel: Artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle – *Analys av utveckling och potential*

Slutrapport- Vinnova

Serie och nummer: Vinnova Rapport VR 2018:08

ISSN-nummer: 1650-3104

ISBN-nummer: 978-91-87537-75-2

Utgiven: Maj 2018

Utgivare: Vinnova - Sveriges innovationsmyndighet/Sweden's innovation agency

Diarienummer: 2017-05616

Produktion & layout: Vinnova kommunikation

Omslagsbild: Getty Images

Innehållsförteckning

Förord	5
Sammanfattning	7
Summary	24
1 Inledning	27
2 Artificiell intelligens	28
2.1 Vad är artificiell intelligens?	28
2.2 Drivkrafter och förutsättningar för artificiell intelligens	31
3 Tillväxtscenarier	33
3.1 Tillväxtpotential i AI-tillämpningar	33
3.2 AI-potential inom olika näringsgrenar och sektorer	35
4 Sveriges AI-potential i näringslivet	39
4.1 Företagsenkäter och företagsintervjuer	39
4.2 SWOT-analyser från Strategiska innovationsprogram (SIP)	48
5 Sveriges AI-potential i offentlig verksamhet	59
5.1 AI i offentlig verksamhet	59
5.2 Strategi, styrning och ledarskap	65
5.3 Kompetens	66
5.4 Omställnings- och innovationsförmåga	69
5.5 Realisering av AI-potentialen i offentlig verksamhet	70
6 Samhälleliga utmaningar med AI	73
6.1 Jobbscenarier kopplat till automatisering och AI	73
6.2 Samhällsrisker kopplade till missbruk av AI	77
6.3 Regulatorisk utveckling kopplad till AI	79
7 Sveriges ekosystem av företag för AI-relaterad innovation	81
7.1 Svensk medverkan i patentering inom AI-området	81
7.2 En fullständigare bild av ekosystemet av företag i Sverige för AI-relaterad innovation	87
8 Sveriges AI-forskning	92
8.1 USA dominerar forskningsfronten men Kina går snabbt framåt	93
8.2 Inom AI-forskning som helhet är Sverige relativt svagt	97
8.3 Forskningsmiljöer inom AI i Sverige	98
8.4 En stor och växande del av AI-forskningen avser tillämpningar	102
8.5 Slutsatser	106

9	Sveriges AI-relaterade kompetens	107
9.1	Kompetensscenarier och kompetensefterfrågan	107
9.2	Internationell jämförelse av IKT-specialister	110
9.3	IKT-kompetens i den svenska arbetskraften	111
9.3.1	Förvärvsarbetande IKT-specialister i tillverkningsindustrin	114
10	Universitet och högskolor	122
10.1	Globaliserat kunskapslandskap	122
10.2	Utveckling av universitet och högskolor i Sverige	124
10.3	Utmaningar för forskning	127
10.4	Utmaningar för utbildning	127
11	FoU-satsningar på AI i Sverige	132
11.1	Vetenskapsrådet	132
11.2	Vinnova	135
11.3	Stiftelsen för Strategisk forskning	139
11.4	Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling	139
11.5	Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse	140
12	AI-satsningar i andra länder	142
12.1	USA	142
12.2	Kina	145
12.3	Storbritannien	145
12.4	Frankrike	148
12.5	Kanada	151
12.6	Finland	151
	Referenser	153
	Bilaga 1 Patent Analysis	157
	Appendix: Data and Method used in the analysis	178
	Bilaga 2 IKT-utbildade i Sverige	180

Förord

Regeringen gav 22 december 2017 Vinnova i uppdrag (N2017/07836/FÖF) att genomföra en kartläggning och analys av hur väl artificiell intelligens (AI) och maskininlärning kommer till användning i svensk industri, offentlig sektor och det svenska samhället samt vilken potential som kan realiseras genom att stärka användningen. I uppdraget ligger att:

- kartlägga och analysera potentialen i att använda AI och angränsande tekniker i svensk industri i synnerhet och i svenskt näringsliv och offentlig verksamhet i allmänhet,
- kartlägga och beskriva hur Sverige ligger till i dag inom AI-området, särskilt vad gäller kompetenstillgång och kompetensförsörjning via utbildning och fortbildning, men också vad gäller forskning och offentliga insatser för att tillämpa AI i olika branscher och samhällssektorer,
- analysera hur långt Sverige har kommit för att ta vara på möjligheterna med AI och belysa flaskhalsar som kan utgöra begränsande faktorer för nyttiggörande.

Uppdraget redovisades till Regeringskansliet (Näringsdepartementet) den 30 april 2018. Vinnova lämnade en delrapport till Regeringskansliet (Näringsdepartementet) den 12 februari 2018. Föreliggande rapport är Vinnovas slutrapport.

Vinnova vill rikta ett stort TACK till alla som bidragit med underlag, förslag, synpunkter och kommentarer under processen med att ta fram denna rapport. Listan kan göras lång: offentliga aktörer, näringslivsrepresentanter, akademi, forskningsinstitut, forskningsfinansiärer, strategiska innovationsprogram, intresseorganisationer, nätverk inom AI-området m fl. Ett särskilt tack till Governo, Teqmine, KTH:s bibliometrigrupp, Vetenskapsrådet och Statistiska centralbyrån, som bidragit med analysunderlag i samarbete med Vinnova. Governo har, förutom underlag, bidragit med analys av AI inom offentlig sektor och finska Teqmine har, förutom patentdata, bidragit i patentdataanalysen.

På Vinnova har Lennart Stenberg, Annika Zika-Viktorsson, Rolf Nilsson, Jonny Ullström, Josefin Lundström och David Jonasson tagit fram data, analysunderlag respektive analyserat data och underlag från många olika källor. Cecilia Sjöberg, Erik Borälv, Linda Swirtun och Ulf Öhlander har bidragit med avgörande områdeskompetens inom AI, om olika tillämpningsområden för AI, om AI i Vinnovas satsningar samt om internationell utveckling inom AI. Hanna Mittjas och Ingelore Djurheden har bidragit med kommunikationskompetens och layout. Därutöver har många andra på Vinnova bidragit med olika underlag, synpunkter och insatser. Karin Stridh har koordinerat regeringsuppdraget och arbetat med rapporten. Göran Marklund har varit projektledare och haft huvudansvaret för rapportskrivandet.

Vinnova i maj 2018

Göran Marklund

Ställföreträdande generaldirektör
Direktör och avdelningschef, Verksamhetsutveckling

Sammanfattning

Artificiell intelligens (AI) har ingen entydig definition eller allmänt vedertagen avgränsning. I denna analys definieras artificiell intelligens som förmågan hos en maskin att efterlikna intelligent mänskligt beteende. Artificiell intelligens är även beteckningen på det vetenskaps- och teknikområde som syftar till att studera, förstå och utveckla datorer och programvara med intelligent beteende.

Syftet med denna analys är att kartlägga och analysera Sveriges:

- Potential i användning av AI i näringsliv och offentlig verksamhet.
- Utveckling hittills i Sveriges AI-användning.
- AI-kompetens för näringsliv och offentlig verksamhet.

En central del i analysen är att skapa förståelse för drivkrafter, möjligheter, hinder och samband mellan viktiga faktorer för AI-baserat värdeskapande i näringsliv och offentlig verksamhet.

Frågeställningarna i uppdraget är breda och många olika aspekter av näringslivets och samhällets utveckling är av betydelse för dessa. Analysen kan därför inte göra anspråk på att vara heltäckande. I denna sammanfattning redovisas Vinnovas bedömningar och slutsatser av de studier, data och expertbedömningar som analysen baserats på.

Sveriges AI-potential

Tillämpningar av AI har redan haft stor betydelse för utveckling av internetplattformar, informationssökning, bildigenkänning och automatöversättning, men det praktiska genomslaget av AI har varit begränsat i stora delar av näringslivet och inom offentlig verksamhet i Sverige. Under det senaste decenniet har dock tillgång till data i elektronisk form och datorkraft ökat mycket snabbt, vilket avsevärt förbättrat förutsättningarna för AI-tillämpningar i olika verksamheter.

Möjligheter och utmaningar

För att kunna värdera AI-potentialen för värdeskapande och för att utnyttja denna potential är det viktigt att förstå vilka möjliga tillämpningsområden som finns i olika näringsgrenar, eftersom det är i dessa som den värdeskapande potentialen ligger. Det är också möjliga tillämpningar som ger drivkrafter för AI-utveckling i företag och offentliga verksamheter.

Potentialen ligger i att:

- Automatisera funktioner i etablerade värdekedjor, verksamheter och funktioner.
- Utveckla nya affärsmodeller, varor, tjänster och systemlösningar.
- Transformera värdekedjor och sektorer till helt nya utvecklingsspår.

Sveriges värdeskapande potential i användningen av AI i näringsliv och offentlig verksamhet är stor. De flesta bedömningar pekar på en tillväxtpotential som är dubbelt så snabb med stort AI-utnyttjande i ekonomin jämfört med ett lågt AI-utnyttjande.

Potentialen för ökad kvalitet och effektivitet i offentliga verksamheter är stor. Dessutom finns mycket stor potential att utveckla och implementera AI-lösningar för miljömässiga och sociala samhällsutmaningar. Artificiell intelligens kan därför bidra till Sveriges möjligheter att nå målen i Agenda 2030.

En kraftig ökning av AI-tillämpningar i näringsliv, offentlig verksamhet och samhälle har inte bara potential att ge ökad kvalitet och effektivitet i olika verksamheter, respektive ökad tillväxt och bättre välfärd. AI-utvecklingen kommer också att generera nya utmaningar genom de utvecklings- och omställningsprocesser som blir nödvändiga. Följande utmaningar kommer att bli viktiga som en konsekvens av ökad AI-användning:

- **Ledarskap och omställningsförmåga** i företag, offentliga verksamheter och policysystem
- **Jobbdynamik och arbetslöshet** på grund av snabba förändringar av arbetsuppgifter
- **Äganderätt till data** och utmaningar med personlig integritet, etik och tillit
- **Data- och affärsmonopol** för ett fåtal teknikbaserade företag
- **Risk för tillämpning av omogna AI-lösningar** baserade på felaktiga data och algoritmer
- **Säkerhetsrisker** genom medvetet skadlig dataanvändning och datamanipulering

Innovationsledarskap i alla sektorer och på alla nivåer kommer att bli av stor betydelse för AI-utvecklingen i Sverige. Dynamiken på arbetsmarknaden kommer att öka avsevärt i takt med ökade AI-tillämpningar i näringsliv och offentlig verksamhet. **Förmåga till omställning** för individer och verksamheter kommer att bli viktigare. Detta kommer att ställa mycket stora krav på ledarskapsförmåga för verksamhetsutveckling och förmåga att stödja individer i omställning och kompetensuppgadering. Därför behöver drivkrafter, kompetens och andra förutsättningar för sådan omställningsförmåga stärkas väsentligt.

Nettoeffekterna av jobbdynamiken för ekonomin i stort är mycket osäkra. Baserat på historisk utveckling och nyare scenarier finns dock inte anledning att tro att skapandet av nya jobb totalt sett kommer att vara långsammare än takten i de arbetsuppgifter och jobb som försvinner.

Regulatorisk utveckling av spelregler för data och **datatillgång** kommer att vara av avgörande betydelse för AI-utvecklingen. Sådana spelregler måste balansera fundamentala behov av **integritetsskydd, etik, tillit och samhällsskydd** med sådan datatillgång som är nödvändig för utveckling av värdeskapande AI-tillämpningar. Det kräver att drivkrafter och kompetenser att medverka i innovationsprocesser stärks väsentligt hos myndigheter och expertis med ansvar för regleringar och regelövervakning. Ett viktigt led i detta är att dessa myndigheter och experter samverkar direkt med andra aktörer i FoU- och innovationsprocesser där nya AI-tillämpningar utvecklas.

Ledarskap och styrning för en säker och värdeskapande transformering av samhället i sin helhet behöver stärkas väsentligt. Kunskaperna om hur ökande AI-användning kan komma att

påverka samhällsutvecklingen och vilka åtgärder som kan bidra till att minimera risker för negativa effekter av AI måste betraktas som mycket outvecklade. Kompetensutveckling kring samhällsaspekter av AI behöver därför förstärkas. Förmåga att göra **systemanalyser** som skapar förståelse för hur olika drivkrafter, faktorer och processer påverkar varandra blir i detta sammanhang av mycket stor betydelse. Analyser som ligger till grund för olika policyområden görs emellertid ofta med alltför snäva systemperspektiv kopplade till specifika politikområden och med alltför smala frågeställningar. De baseras oftast också på en alltför smal metod-repertoar för nödvändiga systemanalyser. Samtidigt som insatser görs för att främja användning av AI behöver därför forskning, analyskapacitet och processer för systemanalyser utvecklas väsentligt.

Viktiga områden

Artificiell intelligens kommer att bli viktig för Sveriges framtida konkurrenskraft och innovationskraft i alla sektorer och näringsgrenar, som alla kommer att påverkas av AI-utvecklingen. Det är därför svårt att värdera inom vilka tillämpningsområden för AI som Sverige har särskilt goda förutsättningar. Följande breda och ömsesidigt beroende tillämpningsområden för AI bör dock vara av stor betydelse för utvecklingen av både näringsliv och samhälle i Sverige:

- **Industriell utveckling** – produkt- och tjänsteutveckling samt tillverknings- och tjänsteprocesser
- **Resor och transporter** – autonoma fordon, logistik och transportinfrastruktur
- **Hållbara och smarta städer** – transportsystem, energi och avfall, utbildnings- och vårdssystem
- **Hälsa** – produkter, tjänster och processer för diagnostik, läkemedel, vård och omsorg
- **Finansiella tjänster** – tjänsteutveckling inom finans-, försäkrings- och betalsystem
- **Säkerhet** – försvar, samhällsberedskap, polis och tull

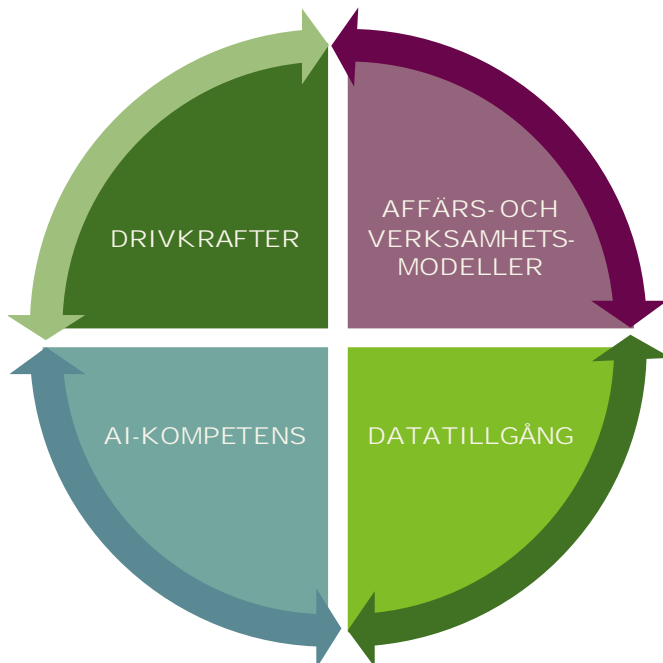
Förutsättningarna för AI-tillämpningar är olika inom olika områden. Många olika faktorer kommer att vara viktiga i utvecklingen och dessa kommer att vara starkt ömsesidigt beroende av varandra. Följande faktorer och samspelet mellan dessa kommer att bli viktiga i alla verksamheter:

- **Affärs- och verksamhetsmodeller** – för vissa företag och offentliga verksamheter är den värdeskapande potentialen med AI tydlig, medan andra ännu inte ser nyttan lika tydligt.
- **Drivkrafter** – för vissa företag är AI redan en viktig konkurrensfaktor, medan andra ännu saknar tydliga drivkrafter och drivkrafterna är generellt sett svaga i offentlig verksamhet.
- **Datatillgång** – inom de flesta områden är bristande datatillgång en avgörande begränsning för utveckling av affärsmodeller och verksamhetsmodeller baserade på AI-tillämpningar.
- **Kompetens** – företags och offentliga verksamheters begränsade AI-kompetens, hos både ledningar och medarbetare, hämmar AI-utvecklingen i de flesta verksamheter.

Affärs- och verksamhetsmodeller, datatillgång och kompetens är ömsesidigt beroende och påverkas därför starkt av varandra i företag och offentliga verksamheter. Utan tydliga perspektiv för verksamhetsnytta hämmas drivkrafterna för AI-baserade investeringar. Är verksamhetsnyttan inte tydlig uppfattas inte heller AI-kompetens som en viktig faktor för värdeskapande och effektivitet, vilket påverkar rekryteringsmönster och kompetensutveckling. Begränsad AI-kompetens, på ledningsnivå och hos medarbetare, gör det, i sin tur, svårt att utveckla AI-baserade affärs- och verksamhetsmodeller. Datatillgång och möjligheter att

kombinera olika data kommer att vara av fundamental betydelse för vilka tillämpningar som är möjliga att utveckla. Databegränsningar som försvårar eller omöjliggör utveckling av AI-baserade produkter och processer försvagar drivkrafterna för AI-investeringar, figur 1.

Figur 1 Ömsesidiga beroenden mellan viktiga faktorer för utveckling av AI-tillämpningar



Viktiga förutsättningar för en positiv utveckling av spelen mellan ovanstående faktorer kommer att vara:

- **Innovationsledning** för utveckling av AI-tillämpningar och förmåga att leda verksamhetsomställning och att stödja individer i omställning och kompetensuppgärning.
- **Arbetsmarknadsmodeller** som ger individer drivkrafter och gynnsamma villkor för jobbdynamik och livslångt lärande lägger grunden för kontinuerlig omställning på arbetsmarknaden.
- **Dataregleringar** för många AI-tillämpningar begränsar utvecklingen påtagligt. Sådana regleringar är oftast starkt kopplade till frågor om integritet, etik, tillit och äganderätter.
- **Samhällslösningar** för digital säkerhet, integritet, etik, tillit och trygghet, som balanserar de fundamentala behoven av datatillgång för AI-utveckling, med sociala utvecklingsbehov.
- **Kritisk massa** och internationell attraktionskraft i miljöer för forskning, utbildning och innovation som präglas av effektiv samverkan mellan olika funktioner och aktörer.
- **Samverkan** mellan företag, offentliga verksamheter, forskningsinstitut, universitet och högskolor kommer att vara avgörande för att realisera Sveriges AI-potential.

Ledarskap för innovation och verksamhetsutveckling kommer att vara av avgörande betydelse och mycket talar för att kraven på denna förmåga i företag, offentlig verksamhet, universitet och högskolor samt i politiska organ kommer att öka väsentligt i takt med ökad AI-användning. Ökade AI-tillämpningar kommer att starkt påverka arbetsuppgifter, arbetsorganisation och arbetsmarknad. Det kommer att innebära betydande utmaningar i att leda omställning för AI-baserad verksamhetsutveckling och innovation i företag, offentliga verksamheter och i universitet och högskolor.

Ökad AI-användning kommer samtidigt att ställa betydligt större krav på individer att kontinuerligt byta arbetsuppgifter och kontinuerligt förnya sin kompetens. Det kommer i sin tur att kräva utveckling och anpassning av drivkrafter och trygghetssystem för omställning i arbetslivet, vilket ger nya utmaningar för arbetsmarknadspolitik och arbetsmarknadens parter. Framgångsrik AI-utveckling inom olika områden kommer att vara beroende av både specialistkompetens och breddkompetens inom AI samt av domänkompetens och organisationskompetens för olika AI-tillämpningar.

Tillgång till data hänger nära samman med regulatoriska förutsättningar för data och datahantering. Data om individer och individers beteenden är av avgörande betydelse för många AI-tillämpningar. Datatillgången avgörs dels av hur företag och offentliga verksamheter utvecklar och säkrar data i sina verksamheter och i sina samarbeten, dels av utvecklingen av regulatoriska förutsättningar för datagenerering och datatillgång. Därför kommer samhällets regulatoriska och etiska hantering av integritetsfrågor, datasäkerhet och äganderätter till data att ha stor betydelse för AI-utvecklingen.

Internationellt starka miljöer för forskning, utbildning och innovation kommer att vara viktiga för Sveriges innovationskraft och internationella attraktionskraft för ledande AI-kompetens och företags AI-utveckling. Samverkan för att nå kritisk massa i sådana miljöer kommer att vara av avgörande betydelse. Samverkan kommer också att vara viktig för att koppla ihop regulatorisk utveckling och arbetsmarknadsutveckling med innovationsprocesser för AI-tillämpningar. Det är svårt att se något område som är lika beroende av samverkan mellan olika aktörer och över sektorsgränser som AI. En positiv AI-utveckling i Sverige förutsätter således en effektiv samverkan mellan många olika aktörer och funktioner i samhället.

Sveriges AI-förmåga

Det finns många olika faktorer som har betydelse för Sveriges förmåga att utveckla och använda AI. Olika faktorer spelar dessutom olika stor roll inom olika sektorer och i olika näringsgrenar. I tabell 1 görs en övergripande analys av Sveriges styrkor, svagheter, möjligheter och hot (SWOT).

Tabell 1 Övergripande SWOT-analys av Sveriges AI-förmåga

STYRKOR	SVAGHETER
Teknikvänlig befolkning Hög teknikkompetens Kvalificerade forskare och ingenjörer God domänkompetens om processer God datatillgång	AI-kompetens svårt att rekrytera Kompetensbrist för digitala affärsmodeller UoH har svaga drivkrafter för flexibla vidareutbildningar Många SMF har begränsade resurser och kompetens Slimmade organisationer försvårar kompetensutveckling
Utmärkta IT-nätverk Infrastruktur för datatrafik Många digitaliserade processer Hög automationsgrad	IT-infrastrukturen inte alltid tillgänglig och stabil IT-mognad varierar inom värdekedjor Koordinerade säkerhetsåtgärder saknas Automationssystem baseras ofta på gammal teknologi
Stora internationella teknikdrivande företag Effektiv offentlig verksamhet God innovationsförmåga Förmåga att lösa komplexa problem Lång erfarenhet av säkerhetskritiska lösningar	Otydlighet om äganderätter och regler för data Osäkerhet om framtida regler för datatillgång AI-standarder saknas Svårigheter att samköra data Brist i datakvalitet och datastruktur
Samverkanskultur Utvecklat innovationssystem Effektiva värdekedjor och ekosystem Förmåga till konsortiebyggande	Fragmenterad kommunal sektor Svag samverkan mellan landsting Brist på statlig styrning FoU-satsningar på AI är få och ofokuserade
MÖJLIGHETER	HOT
Ökad innovationstakt med hjälp av AI Utnyttja tillgången till stora mängder data Utnyttja våra kvalitetsregister för AI-analys	Regulatorisk utveckling samspelar inte med AI-behovet Integritetsfrågor hanteras annorlunda i Sverige Immateriella tillgångar kan hotas
Nya tekniska möjligheter via systemkopplingar Nya funktioner och förbättrad kvalitet i varor och tjänster Ökad effektivitet i produktion och processer Systempotential i nya värdekedjekopplingar	Bristande AI-kompetens i ledningar Brist på AI-kompetens försvagar utvecklingskraft Regionala skillnader i AI-kompetens AI-kompetens flyttar från Sverige
Nya arbetssätt och nya sätt att organisera Nya intressanta och attraktiva jobb Förbättrad arbetsmiljö	Rädslor och orealistiska förväntningar Långa implementeringstider hämmar investeringar Bristande AI-investeringar hämmar konkurrenskraft
Sverige kan bli testbädd för AI-utveckling Sverige har hög internationell attraktionskraft Utveckla samverkan kring AI-utveckling Utveckla samverkan kring AI-implementering Utnyttja forskningsinstitutens samverkansförmåga	Omvärlden satsar mer och snabbare än Sverige Sverige blir inte testbädd för nya AI-lösningar Stort beroende av systemleverantörer Sårbarheten i systemen ökar Bristande IT-säkerhet ökar samhällsrisker
Vidareutbilda befintlig kompetens i AI Utveckla regleringar som främjar datatillgång Utveckla policier som främjar systemutveckling	Enklare jobb försvinner och arbetslösheten ökar Tillit och framtidstro hämmas av AI-utvecklingen Missstro då AI misslyckades på 80- och 90-talen

Det svenska samhället präglas av en hög grad av digitalisering jämfört med de flesta andra länder. IT-infrastrukturen är väl utbyggd och har hög kapacitet i större delen av landet. Digitaliseringen i arbetslivet har i många sektorer kommit långt, samtidigt som en majoritet av befolkningen är uppkopplad mot internet och har stor IT-vana. Detta innebär en viktig grund för Sveriges AI-förmåga och för en stark utveckling av AI-kompetens och AI-tillämpningar.

AI-kompetens kommer att vara av avgörande betydelse för att realisera Sveriges AI-potential. Datavetenskaplig kompetens är viktig, men även tillgång till programvaruingenjörer kommer att vara av avgörande betydelse, eftersom framgångsrik AI-utveckling ofta kräver omfattande programutveckling. Tillgång till AI-kompetens kommer att vara en betydande utmaning,

eftersom det råder global brist på sådan expertis. AI-tillämpningar bedöms öka kraftigt internationellt de närmaste decennierna. Global efterfrågan på AI-kompetens kommer därför att öka mycket starkt, vilket innebär att en redan betydande brist på AI-kompetens förväntas öka ytterligare.

Det är inte självklart hur digitaliseringskompetens i allmänhet och AI-kompetens i synnerhet ska jämföras mellan länder. Vad gäller teknik- och IT-kompetens har Sverige ett relativt bra utgångsläge, både vad gäller nyexaminerade och vad gäller IT-utbildade på arbetsmarknaden. Det bör innebära att möjligheterna att stärka AI-kompetensen i Sverige genom kompetensutveckling av redan välutbildad teknisk kompetens är goda. Digitaliseringen och AI-utvecklingen kommer dock att förändra kraven på och förutsättningarna för både forskning och kompetensutveckling. Teknikutvecklingen sker alltmer genom tvärvetenskap, det vill säga genom nya kopplingar mellan olika teknik- och kompetensområden. Etablerade processer och institutionella lösningar inom forskning och utbildning blir i det perspektivet allt sämre anpassade för denna utveckling.

Förmågan hos universitet och högskolor i Sverige att anpassa inriktningen av sin forskning och utbildning till de snabba och områdesövergripande förändringar som AI genererar är svag. Mycket talar för att vidareutbildning måste svara för huvuddelen av anpassningen av utbildningssystemet till kompetensbehov inom AI i näringsliv och samhälle. Universitet och högskolor har dock svårt att utveckla och driva korta fristående kurser i nära samspel med och direkt anpassade för arbetslivet, det vill säga för livslångt lärande i allmänhet och för AI i synnerhet. Formerna för universitets och högskolors samverkan med näringsliv och samhälle behöver således utvecklas, särskilt för att snabbare och bättre kunna anpassa utbildningsutbud till de behov som finns.

Digitaliseringen av själva utbildningsinstitutionerna på både grundläggande nivå och i universitet och högskolor behöver utvecklas. Det gäller både utnyttjande av digital teknik och AI i själva utbildningarna samt utnyttjandet av digitaliseringens möjligheter för ledning och administration. Mycket talar för att framtidens framgångsrika utbildnings- och forskningsinstitutioner kommer att präglas av hög digitaliseringsgrad i både kärnverksamheter och stödverksamheter. AI kommer i det sammanhanget att vara en väsentlig del.

Bibliometriska data visar att svensk AI-forskning totalt sett har begränsad internationell konkurrenskraft. Det är en allmän uppfattning att utvecklingen inom AI-området, såväl forskningsmässigt som kommersiellt, domineras av USA med Kina som den främsta utmanaren medan Europa har tenderat att relativt sett tappa mark. Analys av konferensbidragen till de 19 högst rankade AI-konferenserna sedan 2010 ger starkt stöd för denna uppfattning. Amerikanska forskare medverkar i nästan hälften av alla konferensbidrag. Forskare från Kina uppvisar den starkaste ökningen och deras andel närmar sig en femtedel. Svenska forskares närvaro vid samma konferenser får betraktas som mycket modest med endast 0,6 procent av alla bidrag åren 2014 - 2017 och en nedåtgående tendens jämfört med tidigare. Räknat per capita är deltagandet vid konferenserna mångdubbelt större för Singapore, Schweiz och Israel än för Sverige och betydligt större även för Australien, Kanada, Finland och Danmark.

Om jämförelserna breddas till att gälla alla artiklar som publiceras i tidskrifter som klassificerats som tillhörande AI som delområde av datavetenskap ändras bilden påtagligt, framför allt stärks Kinas position. Den genomsnittliga citeringsgraden för artiklar med författare från Kina var visserligen för ett par år sedan endast drygt en tredjedel av citeringsgraden för artiklar med författare från USA. Trots det fanns nästan lika många artiklar med kinesiska författare bland de 10 procent högst citerade som med amerikanska författare. För Sveriges del är den bredare bilden något gynnsammare än den för högt rankade konferenser. Detta gäller i synnerhet den genomsnittliga citeringsgraden som ger en positiv bild av kvalitetsnivån på AI-forskningen i Sverige. Vid jämförelse av antalet publikationer bland de 10 procent mest citerade är dock avståndet stort till Singapore och Schweiz.

Den stora uppmärksamhet som globalt kommit att omge artificiell intelligens under de senaste åren har framför allt sin bakgrund i en ökad användning av maskininlärning i olika tillämpningar. Så kallad djupinlärning har uppvisat särskilt slående resultat. Den ökade användningen av AI återspeglas endast i liten utsträckning i konferenser och tidskrifter med AI-specialister som primär målgrupp. Analys baserad på nyckelord med nära koppling till djupinlärning ger intryck av att Sverige från ett relativt gynnsamt utgångsläge vid sekelskiftet, när teknologin fortfarande befann sig i sin linda, inte hakat på det växande experimenterande med djupinlärning som skett i en del andra länder och successivt tappat mark. Glädjande nog finns tecken på att ett positivt trendbrott skedde under 2017.

Patentdata är en annan indikator på teknisk utvecklingsförmåga. AI är sedan omkring 2010 ett snabbt växande patentområde och är idag ett av de största patentområdena globalt. AI-relaterad patentering domineras starkt av stora IT-företag som Samsung, Microsoft, IBM och Google, men i takt med att användningen av AI breddas till nya områden vidgas också gruppen av företag som söker AI-relaterade patent.

Baserat på data över patentansökningar till patentmyndigheterna i USA, Europa och Japan framstår Sveriges utvecklingskapacitet inom AI vare sig som svag eller anmärkningsvärt stark. Sverige ligger på 13:e plats internationellt inom AI-patentering och knappt 1 procent av alla världens AI-patent under senare år har innehållit uppfinnare från Sverige. I en närmare jämförelse med fem andra mindre länder ligger Sveriges AI-patentering, per capita, något före Kanada, jämsides med Schweiz och Danmark, något efter Finland och väsentligt efter Israel.

I Sverige, liksom i de övriga fem länderna ovan, har antalet AI-patenterade företag ökat betydligt under de senaste åren. Ericsson dominerar dock kraftigt den svenska AI-patenteringen med datornätverk och drift av mobilkommunikationsnät som särskilda styrkeområden, vilket också medfört att dessa områden framstår som styrkeområden för Sverige, en position som dessutom har stärkts. Smarta transporter och fordon är ett av de snabbaste delområdena för patentering inom AI och av särskild betydelse för Sverige med flera stora fordonsföretag i landet. Sverige har dock inom detta område, vad gäller patentering, inte kunnat hålla takt med utvecklingen i omvärlden utan fått se sin andel av patenteringen halveras.

Artificiell intelligens är fortfarande ett relativt oetablerat forskningsområde i det svenska forskningssystemet. Inom oetablerade forskningsområden finns ofta ett behov av att med

särskilda insatser investera i uppbyggnad av forskningskompetens och forskningsmiljöer innan en stark efterfrågan på sådan kompetens kommer från näringsliv eller samhälle. I Sverige har universitet och högskolor svårt att genom egna strategiska satsningar utveckla internationellt starka forskningsmiljöer inom AI.

Kraftsamling för Sveriges AI-utveckling

En framgångsrik realisering av Sveriges AI-potential förutsätter en målmedveten och kraftfull nationell strategi för AI-utveckling och AI-användning. Nationella AI-strategier finns redan i flera andra länder.

Målet med en svensk nationell AI-strategi bör vara att göra Sverige till ett internationellt ledande land för utveckling och tillämpning av AI för hållbar tillväxt och samhällsutveckling.

Eftersom sambanden och beroendeförhållandena är starka mellan olika faktorer som är viktiga för AI-utvecklingen är det viktigt att en nationell policy stimulerar samverkan mellan alla viktiga aktörer så att ömsesidigt förstärkande utvecklingskraft genereras.

Sveriges största möjligheter till konkurrenskraft inom AI ligger i ömsesidigt samspel mellan innovativ AI-tillämpning i näringslivet och en innovativ samhällsorganisering.

Det förutsätter en väl utvecklad strategisk samverkan mellan aktörer i näringsliv, offentlig verksamhet, forskning och utbildning. Det är därför inte bara strategin i sig som är viktig utan genom själva strategiprocessen kan nödvändiga insikter, kompetenser, ledarskap och samverkanrelationer stärkas hos de olika aktörer som deltar i processen.

En nationell strategi som baseras på en bred och inkluderande process bör utformas och omfatta de flesta politikområden och myndigheter.

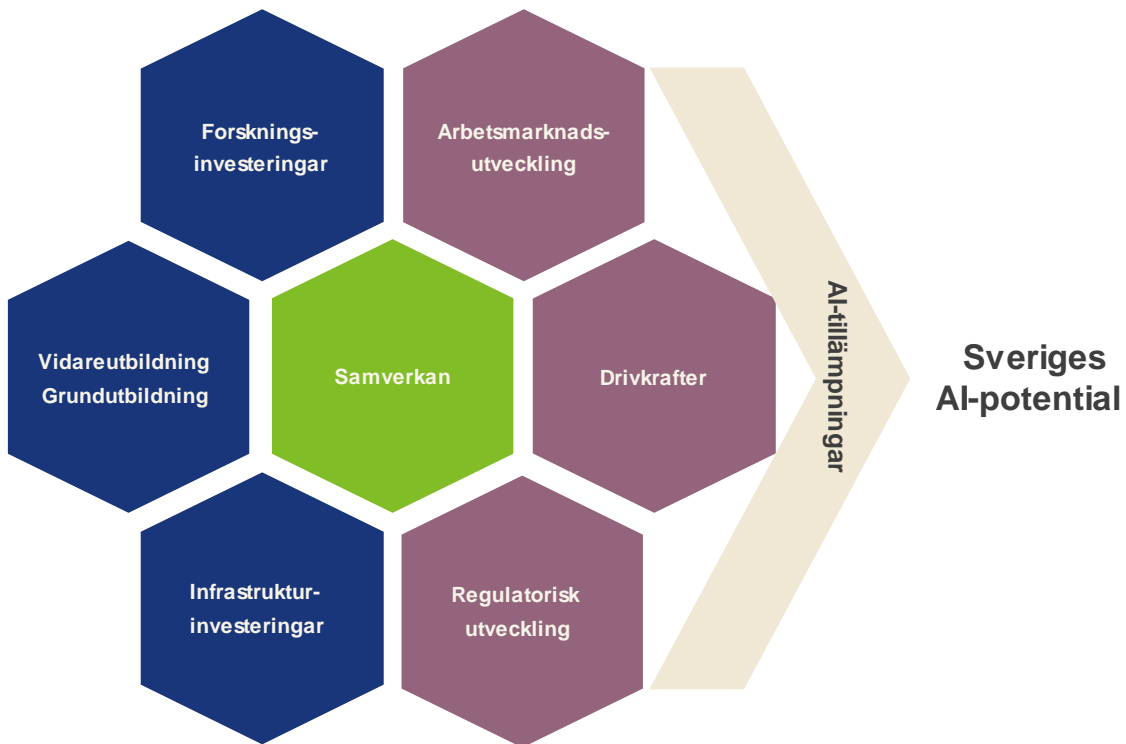
Strategiska områden

I en nationell kraftsamling för att nå Sveriges AI-potential är det viktigt att målmedvetet prioritera utveckling av vart och ett av följande områden så att ömsesidigt förstärkande samspel mellan dem genereras:

- **Drivkrafter** för företag och offentliga verksamheter för effektivisering och utveckling av nya värdeskapande lösningar baserade på artificiell intelligens.
- **Samverkan** i forskning, utveckling, datatillgång och kompetensutveckling för AI-innovation, som kopplar ihop behov inom olika värdekedjor och sektorer för samlad utvecklingskraft.
- **Vidareutbildning** och **grundutbildning** för kontinuerligt säkerställande av AI-kompetens i arbetskraften, vilket kräver förnyelse av utbildningssystemet.
- **Forskningsinvesteringar** inom AI för spetskompetens och internationellt ledande forsknings- och innovationsmiljöer för avancerad AI-forskning och FoU-samverkan.
- **Regulatorisk utveckling** för datatillgång, dataintegration och dataäggande som främjar AI-innovation och som säkerställer personlig integritet, etik och datasäkerhet.
- **Infrastrukturutveckling** som främjar forskning, utveckling och testning av AI-tillämpningar och AI-säkerhet, integritet och spelregler i kopplingar mellan olika data, värdekedjor och samhällsområden.

- **Arbetsmarknadsutveckling** som främjar den arbetskraftsrörlighet som AI förutsätter, vilket ställer stora krav på ledarskap i omställning i företag, offentlig verksamhet och politik.

Figur 2 Policyområden och ömsesidiga beroenden i en kraftsamling för Sveriges AI-potential



Prioriterade satsningar

Inom ramen för en nationell kraftsamling framstår några statliga satsningar som särskilt viktiga för en positiv utveckling. Dessa bör initieras innan en nationell strategi finns, samtidigt som de bör vara centrala delar i en sådan strategi.

Vidareutbildning inom AI som är väl anpassad för arbetsmarknaden bör stimuleras med särskilda insatser för en snabb utveckling av sådana utbildningar och processer för dessa.

Utan särskilda policyinitiativ kommer denna utveckling inte till stånd i den takt som krävs för att realisera Sveriges AI-potential. Utvecklingen av vidareutbildningar inom AI och dimensionering av dessa behöver ske i nära dialog mellan universitet, högskolor, företag och offentliga verksamheter.

Internationellt ledande samverkansmiljöer med kritisk massa i forskning, utbildning och innovation, med avancerade infrastrukturer för data och teknik, behöver utvecklas.

Utan särskilda policyinitiativ för detta kommer inte nödvändiga kraftsamlingar till stånd. Det hämmar i sin tur innovationsprocesser för AI-baserat värdeskapande. Stiftelsen för Strategisk Forskning (SSF) har sedan 2012 gjort stora satsningar på spetsforskning inom AI. Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling (KK-stiftelsen) har också under flera år gjort betydande satsningar på forskning och utbildning inom AI vid Sveriges högskolor och nya universitet.

Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program (WASP), som startade 2015 är en kraftsamling för forskning och utbildning. Från och med 2017 görs en kraftigt förstärkt 10-årig satsning på AI inom ramen för denna satsning. I de samverkansprogram som finansieras av Vinnova i samverkan med Energimyndigheten och Formas har AI-projekt ökat kraftigt under senare år. AI har också ökat kraftigt i de innovationsprojekt för små och medelstora företag (SMF) som Vinnova finansierar. Denna utveckling är viktig eftersom en stor del av utmaningarna inom både forskning och utbildning rör användning av AI-metoder i verkliga tillämpningar.

En statlig kraftsamling för internationellt ledande samverkansmiljöer för forskning, utbildning och innovation bör utformas så att den kompletterar de satsningar som görs av WASP, SSF och KK-stiftelsen. Samtidigt bör den utformas så att den kompletterar och effektivt samspelar med investeringarna i de stora statliga satsningarna på 17 Strategiska Innovationsprogram (SIP), Programmet för Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI) samt Programmet Utmaningsdriven Innovation (UDI). Dessutom bör den relatera till de EU-satsningar inom AI som för närvarande planeras och som sannolikt kommer att vara en viktig del i nästa ramprogram för forskning och innovation inom EU.

Andra viktiga insatser

Utöver satsningarna ovan, som bör initieras med hög prioritet, bör ett antal andra insatser vara centrala delar i en nationell kraftsamling. Dessa kommer att kräva ett målmedvetet utvecklingsarbete, som kopplar ihop olika aktörers utvecklingsprocesser med regulatorisk utveckling respektive med utveckling av infrastrukturer och testmiljöer.

Tillgång till data för såväl utbildning och forskning som tillämpningsinriktade utvecklingsprojekt inom AI bör vara en viktig prioritering i en nationell kraftsamling.

Samhällets regulatoriska och etiska hantering av integritetsfrågor, datasäkerhet och äganderätter till data kommer att ha stor betydelse för AI-utvecklingen. För att möjliggöra att flera parter får tillgång till samma data kommer i många fall särskilda avtal som reglerar användningen av data att behövas.

Testbäddar för AI-utveckling baserade på tillgång till viktiga data bör vara ett viktigt fokus för kritisk massa och effektiv samverkan i forsknings- och innovationsmiljöer.

Offentliga organisationers roll när det gäller att göra data öppet tillgängliga är viktig både för AI-tillämpningar inom offentliga verksamheter, i näringslivet och för samhällsutvecklingen i stort. Även företag bör stimuleras att öppna sina data för att främja samverkan och attraktiva forsknings- och innovationsmiljöer i Sverige.

Utveckling av grundutbildning och forskarutbildning inom AI för bredd, spets och samverkan med näringsliv och offentlig verksamhet bör prioriteras.

Utöver vidareutbildning bör följande delar finnas med i en utveckling av högre utbildning för stärkt AI-kompetens:

- Satsningar på industridoktorander och industripostdoktorer för testning av AI-lösningar.
- Tillsättning av nya kombinerade lärar- och forskartjänster:
 - med rekrytering i Sverige och internationellt,
 - varav en del med delade tjänster mellan institut, lärosäten och företag.
- Engagemang i utbildning av företag, institut och offentlig verksamhet med praktisk AI-erfarenhet.
- Utbildningssystemet bör ge grundläggande datavetenskap för studenter inom många områden.

Drivkrafter och förutsättningar för universitet och högskolor att digitalisera utbildningar, forskarutbildning och stödverksamheter behöver stärkas.

En ökad digitalisering av universitet och högskolor är viktiga förutsättningar för att utbilda och forska effektivt inom AI. Detta behövs också för att kunna ha den flexibilitet och omställningsförmåga av utbildningar som kommer att krävas av framtidens universitet och högskolor. Drivkrafter och förutsättningar kan stärkas på olika sätt. Det kan ske via instruktioner, regleringsbrev och anslagsfördelning eller genom öronmärkta anslag kopplade till särskilda uppdrag.

Styr- och resursutredningens (Strut) förslag på hur styrning och resurser för universitet och högskolor bör utvecklas kommer att bli viktiga för utvecklingen av drivkrafter och förutsättningar för lärosätena. Utredningen ska slutrapporteras i december 2018.

Drivkrafter och förutsättningar för individer att ta större ansvar för sin egen kompetensutveckling behöver stärkas för att stimulera ett aktivt livslångt lärande och jobbbrörlighet.

Sådana drivkrafter och förutsättningar kommer att vara viktiga för att stimulera och möjliggöra individers omställningsförmåga och livslånga lärande, som kommer att bli allt viktigare för framtidens kompetensförsörjning. Det kommer, i sin tur, att ha stor betydelse för en god arbetsmarknadsdynamik och för människors tillit till den snabba tekniska förnyelsen och samhällsliga omvandlingen. I det sammanhanget bör nätbaserade kurser, som MOOCs, som inte är tids- eller platsberoende, omfattas av studiefinansieringssystemet. Dessutom bör skattelättnader, incitamentsprogram eller subventioner övervägas för att skapa förutsättningar för individer att ta större ansvar för sin egen kompetensutveckling.

Statlig styrning och drivkrafter för en innovativ offentlig förvaltning kommer att vara av stor betydelse för en värdeskapande AI-utveckling som balanserar verksamhetsnytta med integritet, etik och digital säkerhet.

För många offentliga verksamheter är drivkrafterna att utveckla och tillämpa AI svaga. I grunden ligger dessa drivkrafter i styrningen av statliga och kommunala verksamheter. Hur denna styrning stimulerar och förutsätter innovationsledning och omställningsförmåga kommer att vara av stor betydelse för AI-utvecklingen i Sverige. En tillitsbaserad styrning, som utreds av Tillitsdelegationen, är en viktig del i en sådan utvecklad styrning.

Utvecklad statlig styrning kommer att vara helt avgörande för att utnyttja AI:s transformativa potential i utveckling av systemlösningar för viktiga samhällsutmaningar och för målen i Agenda 2030.

Offentliga verksamheters drivkrafter för att utveckla nya systemlösningar som adresserar samhällsutmaningar, där AI kan spela en central roll, är ännu svagare än för en AI-baserad utveckling inom ramen för enskilda offentliga verksamheter. Kraftfull utveckling av systemlösningar som adresserar samhällsutmaningar förutsätter en utvecklad förvaltningsstyrning, som skapar tydliga drivkrafter för en innovativ och samverkande offentlig förvaltning. En sådan utvecklad förvaltningsstyrning behöver generera innovativa drivkrafter som går tvärs över politikområden, myndighetsgränser, förvaltningsgränser och geografiska gränser.

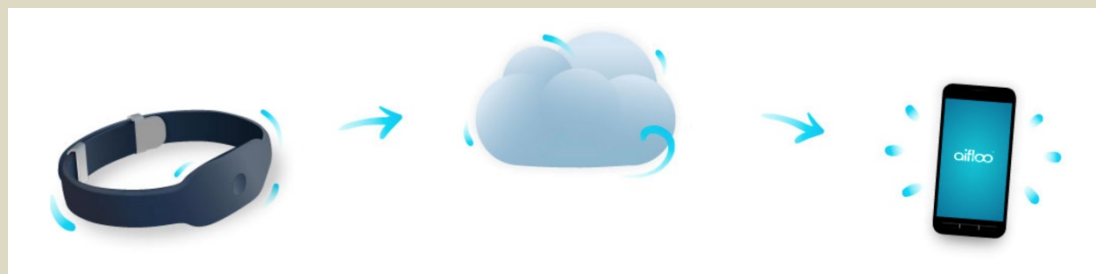
Exempel på AI-projekt

AI förbättrar livet för människor i behov av omsorg

Med ett armband som larmar om något händer kan äldre bevara sin självständighet samtidigt som vårdgivare och anhöriga inte behöver oroa sig.

Genom ett armband som vårdtagare inom hemtjänsten bär, så kan man se var bäraren befinner sig och hur de rör sig. Om något oförutsett händer, exempelvis ett fall, så sänder systemet ett alarm. Armbandet kombineras med en molnbaserad AI-motor som möjliggör smarta rörelseanalyser. Andra funktioner är att se om bäraren vaknat och klivit ur sängen, om personen äter eller tar sin medicin.

Aifloo SmartBand - ett självlärande e-hälsosystem för hemtjänsten” är utvecklat av Aifloo i samarbete med Skellefteå kommun.



Fjärrstyrda fordon i gruvor ger säkrare gruvdrift

Fjärrstyrda tunga lastfordon ska göra gruvbrytning både säkrare och mer effektiv. Projektet "Wireless and Remote Operation of Mobile Machines, WROOM" bidrar till visionen om den självständiga gruvan.

Syftet med WROOM-projektet är att utveckla konceptlösningar för fjärrstyrd lastning i gruvor med stora hjullastare och fjärrövervakning av sådana maskiner. Maskininlärning nyttjas för att utveckla autonoma funktioner, såsom exempelvis automatisk lastning och proaktivt underhåll.

Det finns flera fördelar med att fjärrstyra fordon under jord. Med hjälp av fjärrstyrda hjullastare kan lastning påbörjas direkt efter sprängning. Då behöver man inte vänta på att gruvorterna ska ventileras för att personal ska kunna arbeta under jord. För medarbetarna ger det bättre arbetsmiljö.

Luleå tekniska universitet koordinerar projektet där bland andra Boliden, Volvo CE, ABB, Oryx och Rise Sics Västerås deltar.



Förbättra sjukvården med AI och bildanalys

AIDA är ett projekt som främjar forskning och innovation inom artificiell intelligens och medicinsk bildanalys, med målsättning att göra sjukvården bättre.

Det finns stora möjligheter att förbättra bildundersökningar med hjälp av AI. Bland annat kan analys av stora datamängder skapa en högre träffsäkerhet när man diagnosticerar.

Vi vet från forskningen att dagens AI-teknik är oerhört kraftfull, men eftersom den inte är anpassad till sjukvården har den ännu inte kommit till nämnvärd nytta där. Inom AIDA möts akademi, sjukvård och industri för att skapa AI-innovationer. Med hjälp av denna samverkan skapas beslutsstöd som skapar patientnytta i vården. Samarbete mellan människa och maskin är i fokus. Använder vi de respektive styrkorna på bästa sätt innebär det en stor förbättring av sjukvården.

Projektet leds av Linköpings universitet och i dagsläget ingår sju sjukhus, fem universitet och högskolor, ett stort företag och fyra småföretag.



Djuplärande förbättrar processindustrin

Svensk processindustri producerar enorma mängder data och det finns en outnyttjad potential i dessa data, som kan tas tillvara med nya verktyg. Projektet "Deep Process Learning" använder data från en kartongmaskin hos BillerudKorsnäs i Gävle för att undersöka hur analys av stora datamängder med hjälp av djupinlärnings-algoritmer kan förbättra kvalitet och effektivitet.

Genom analys av stora datamängder, så kallat djuplärande, finns potential att öka konkurrenskraften för den svenska processindustrin genom ökad produktivitet, kvalitet och flexibilitet.

Djuplärande har den mänskliga hjärnan som förebild och med hjälp av algoritmer låter man ett system bygga upp kunskap stegvis, precis som vi människor gör. När systemet har byggt upp kunskap så kan det se mönster och bättre styra våra processer. På sikt hoppas projektet kunna inspirera övrig industri att utnyttja sina stora datamängder till utveckling och processoptimering. Under 2018 startar parterna i projektet ett nytt initiativ för att utveckla webbaserade kurser för att sprida kunskap om hur teknikerna kan användas.

Projektet är ett samarbete mellan BillerudKorsnäs, PulpEye, Peltarion, FindIT och RISE SICS Västerås som leder projektet.



AI förbättrar bröstcancerscreening

Dagens bröstcancerscreening har sänkt dödligheten, men ändå dör cirka 1500 kvinnor årligen i Sverige av bröstcancer. Med hjälp av AI kan färre kvinnor dö i bröstcancer då deras tumör upptäcks tidigare.

Genom att träna djupinlärning på över en miljon mammografibilder kombinerat med kliniska data från bröstcancerregistret, så tas ett beslutsstöd fram i projektet "AI för bröstcancerscreening".

Målet med beslutsstödet är att identifiera lättbedömda mammografier samt hitta de kvinnor som har mest nytta av en kompletterande undersökning. Det digitala beslutsstödet kommer enkelt att kunna distribueras över hela landet och minska regionala skillnader i screeningsystemet. Förhoppningen är att detta kommer att ge ett samhällsekonomiskt värde med säkrare diagnostik och en effektivisering av mammografiprocessen inom svensk sjukvård.

Karolinska Universitetssjukhuset koordinerar projektet AI för bröstcancerscreening där bland andra Regionalt Cancercentrum Stockholm-Gotland och Sectra AB deltar.



Fredrik Strand Karolinska Universitetssjukhuset, fotograf: Robert Sundberg

Projektet har finansierats av Vinnova.

Summary

In December 2017 Vinnova got a Commission from the Swedish Government to analyze and investigate the state of the art regarding Artificial Intelligence (AI) in Sweden. The Commission should be finalized and reported to the Government no later than April 30, 2018.

The scope of the commission included the following aspects:

- Make a systematic survey and analyze the potential of using AI and adjoining technologies in Swedish industries, different kinds of enterprises, and the public sector.
- Make a systematic survey and describe Sweden's position compared to other countries within the AI area, especially when it comes to access competence through education and in-service training, but also research and public investments in different lines of businesses and sectors.
- Analyze Sweden's achievement when it comes to the prospect of using AI, and illustrate which bottlenecks that may hinder utilization of AI.

An important part of the analysis is to understand the drivers, possibilities, obstacles to and connections between essential aspects that creates value of AI within enterprises and the public sector.

The main findings and conclusions of the analysis are:

- Artificial intelligence has a big potential to create additional value and efficiency within all kind of sectors, and contribute to solve society's grand challenges.
- Sweden has a big potential in using AI in industry and the public sector. Several estimates show that the growth potential will be twice as fast with a massive use of AI, compared to a limited use of AI.
- The net effects in the economy related to the job dynamics are very uncertain. However, there are no indications that the pace of creating new jobs will be slower, compared to the jobs that will disappear because of AI.
- A national strategy for AI should be developed. Most of the policy areas and all relevant authorities should be involved in the process to create the strategy.
- The goal with a Swedish national AI strategy should be to make Sweden a world leader for development and the use of AI for a sustainable growth and welfare.
- Sweden's most competitive potentials within AI are a mix of innovative use of AI in industry and an innovative society.
- Establish and develop international leading environments for collaboration to reach a critical mass within research, education, and innovation.
- Further education and training within the AI area, adjusted to the labor market and its needs, should be implemented.
- Access to data, to be used within education, research, and development, should be an important priority within a national AI strategy.
- Develop undergraduate education as well as doctoral education within AI, to reach both a broad and an excellent knowledge base, in cooperation with industry and the public sector, should be a prioritized.
- Driving forces and prerequisite of digitalized educations, doctoral education and support activities at universities and university colleges need to be strengthen.

- Driving forces and prerequisite for individuals to take responsibility for their own in-service training need to be strengthened, to stimulate a lifelong learning, and mobility.
- The Government need to stimulate and encouraged the public sector to use AI for an innovative public administration, to create added value in balance with integrity, ethics and digital security.
- The Government should stimulate all parts of society to use the potential of AI solutions, to reach UN's Sustainable Development Goals and to tackle the grand challenges.

1 Inledning

Syfte

Syftet med analysen av artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle är att besvara huvudfrågorna i regeringsuppdraget till Vinnova. Det innebär att kartlägga och analysera Sveriges:

- Potential ifråga om att använda AI i näringsliv och offentlig verksamhet.
- Utveckling hittills när det gäller att nyttiggöra AI i näringsliv och offentlig verksamhet.
- Kompetensförsörjning av AI-kompetens för näringsliv och offentlig verksamhet.

En viktig del i analysen är att identifiera och förstå förutsättningar (hinder och möjligheter) respektive drivkrafter (incitament och samspel) och betydelsen av dessa för att Sverige ska kunna utnyttja potentialen i AI för värdeskapande i näringsliv och offentlig verksamhet.

Metod

Den begränsade tiden för uppdraget har gjort det nödvändigt att basera det empiriska underlaget på befintliga studier och data. Analysen baseras på:

- Genomgång av befintliga studier
- Statistik och indikatorer över AI-utveckling och AI-kompetens
- Bedömningar av olika experter med överblick över AI-utvecklingen
- Tolkningsseminarium med ledande aktörer och experter.

Disposition

I kapitel 2 diskuteras vad som avses med artificiell intelligens. Kapitel 3 redovisar tillväxtscenarier kopplat till AI-tillämpningar. I kapitel 4 redovisas bedömningar av AI-potentialen i näringslivet. Kapitel 5 diskuterar AI-potentialen i offentlig verksamhet. I kapitel 6 diskuteras risker med AI för individer, organisationer och samhälle. Kapitel 7 analyserar patentdata inom AI-området. I kapitel 8 analyseras bibliometriska data kopplat till AI. Kapitel 9 diskuteras Sveriges AI-kompetens. I kapitel 10 diskuteras universitet och högskolors förutsättningar att stärka utbildning och forskning inom AI. Kapitel 11 redovisar data över FoU-insatser kopplat till AI. I kapitel 12 diskuteras andra länders satsningar för att främja AI-utvecklingen.

2 Artificiell intelligens

2.1 Vad är artificiell intelligens?

Artificiell intelligens har ingen entydig definition eller allmänt vedertagen avgränsning, utan det finns många definitioner. I grunden är artificiell intelligens digitala teknologier och verktyg som möjliggör automatiserad informationsbehandling och beslutsfattande som tidigare förutsatt mänsklig tankeverksamhet. I denna rapport kommer vi att använda följande definition av artificiell intelligens:

Förmågan hos en maskin att efterlikna intelligent mänskligt beteende. Det vill säga den förmåga hos maskiner som möjliggör för dessa att fungera på meningsfulla sätt i relation till de specifika uppgifter och situationer de avses utföra och agera inom.¹ Artificiell intelligens är också det vetenskaps- och teknikområde som syftar till att studera, förstå och utveckla maskiner med intelligent beteende.²

Forskning inom områden som idag går under den samlande beteckningen artificiell intelligens (AI) har pågått sedan 1950-talet och begreppet artificiell intelligens myntades 1956 av John McCarthy. Principerna för artificiell intelligens anses ha formats av John McCarthy, Alan Newell, Arthur Samuel, Herbert Simon och Marvin Minsky inom ramen för Dartmouth Summer Research Project, 1956. Även om AI-forskningen stadigt utvecklats sedan 1950-talet så har många förhoppningar visat sig vara överoptimistiska, vilket ledde till minskad finansiering av AI-forskning under 1900-talet senare decennier.³

I princip handlar artificiell intelligens om kognitiva funktioner, medan robotik primärt handlar om motoriska funktioner. I praktiken är dock dessa avgränsningar inte knivskarpa, eftersom robotar förutsätter sensorisk förmåga och förmåga att analysera relevanta omgivningar. Ändå är skillnaden mellan AI:s i grunden immateriella manifestationer och robotars i grunden fysiska manifestationer betydelsefulla.

Motor functions is typically more difficult, expensive and time-consuming than developing complex cognitive functions. Popular examples of the convergence between AI and robotics are self-driving cars and humanoid robots. It is important to highlight that autonomous machines combining advanced AI and robotics techniques still struggle to reproduce many basic non-cognitive motor functions.⁴

Figur 3 illustrerar på ett övergripande sätt olika grupper av teknologier, som dels i viktiga avseenden är ömsesidigt beroende av varandra för sin utveckling, dels tillsammans genererar förutsättningar för en genomgripande transformering av industriell utveckling baserad på artificiell intelligens.

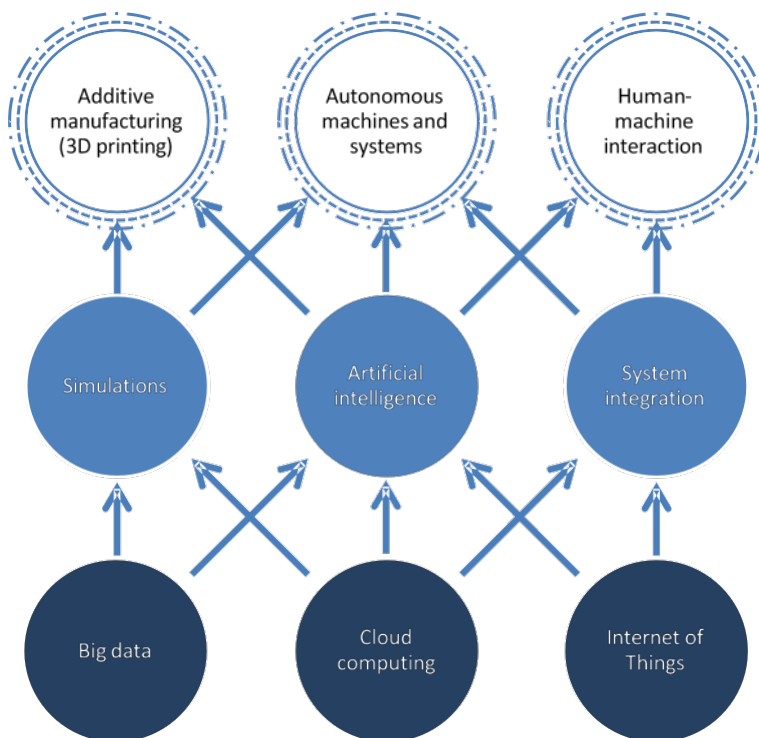
¹ Denna definition liknar och ligger i linje med den som används av det finska Arbets- och näringsministeriet i rapporten: Finland's Age of Artificial Intelligence, Turning Finland into a leading country in the application of artificial intelligence, Objective and recommendations for measures, Helsingfors, 2017, s.15.

² McCarthy, the Dartmouth Summer Research Project, 1956

³ OECD, Digital Economy Outlook, 2017, s.296

⁴ OECD, 2017, s.296-297

Figur 3 Övergripande kopplingar mellan transformativa nyckelteknologier



Källa: OECD, *The Next Production Revolution*, 2017, s.78. Modifierad av Vinnova.

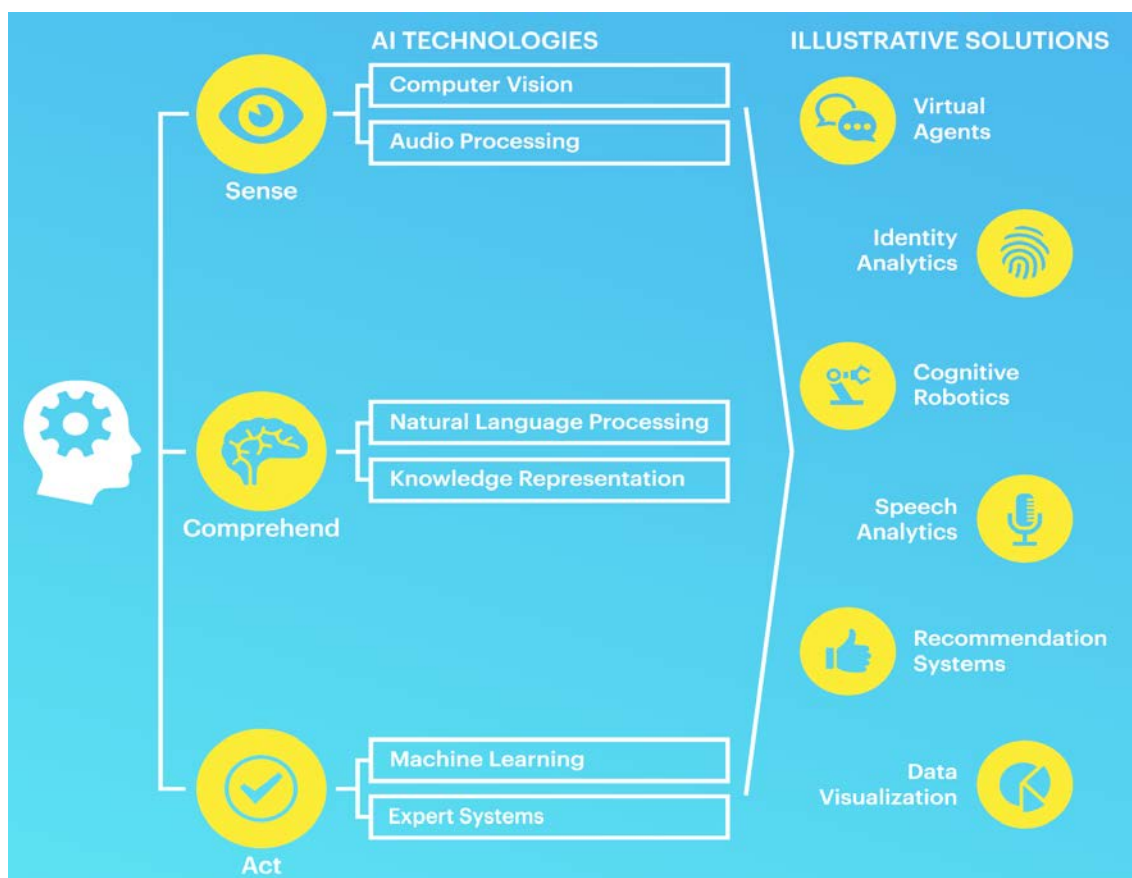
Kommentar: Vinnova har i övre högra hörnet justerat Human-machine integration till Human-machine interaction.

“Two major trends make digital technologies transformational for industrial production: the reduction of the cost of these technologies, enabling their wider diffusion, including to SMEs; and, most importantly, the combination of digital technologies, enabling new types of applications. The figure depicts the key ICTs which are enabling the digital transformation of industrial production. The technologies at the bottom of the figure enable those at the top, as indicated by the arrows. The technologies at the top of the figure (in white), which include additive manufacturing (i.e. 3D printing), autonomous machines and systems, and human-machine integration, are the applications through which the main productivity effects in industry are likely to unfold. In combination, these technologies could one day lead to fully automated production processes, from design to delivery.”⁵

För att förstå potentialen för värdeskapande av AI och för att kunna utnyttja denna potential är det nödvändigt att förstå potentiella tillämpningsområden inom olika näringsgrenar. Det är i tillämpningsområdena som den värdeskapande potentialen ligger. Potentiella tillämpningsområden genererar också de grundläggande affärsmässiga och verksamhetsmässiga incitamenten för företag och offentliga verksamheter som avgör viljan och förutsättningarna för investeringar i AI-utveckling och i AI-investeringar. I figur 4 illustreras grundläggande funktioner i framväxande AI-teknologier och grundläggande funktionella tillämpningsområden.

⁵ OECD, *The Next Production Revolution*, 2017, s.77

Figur 4 Funktioner i framväxande AI-teknologier och funktionella tillämpningsområden



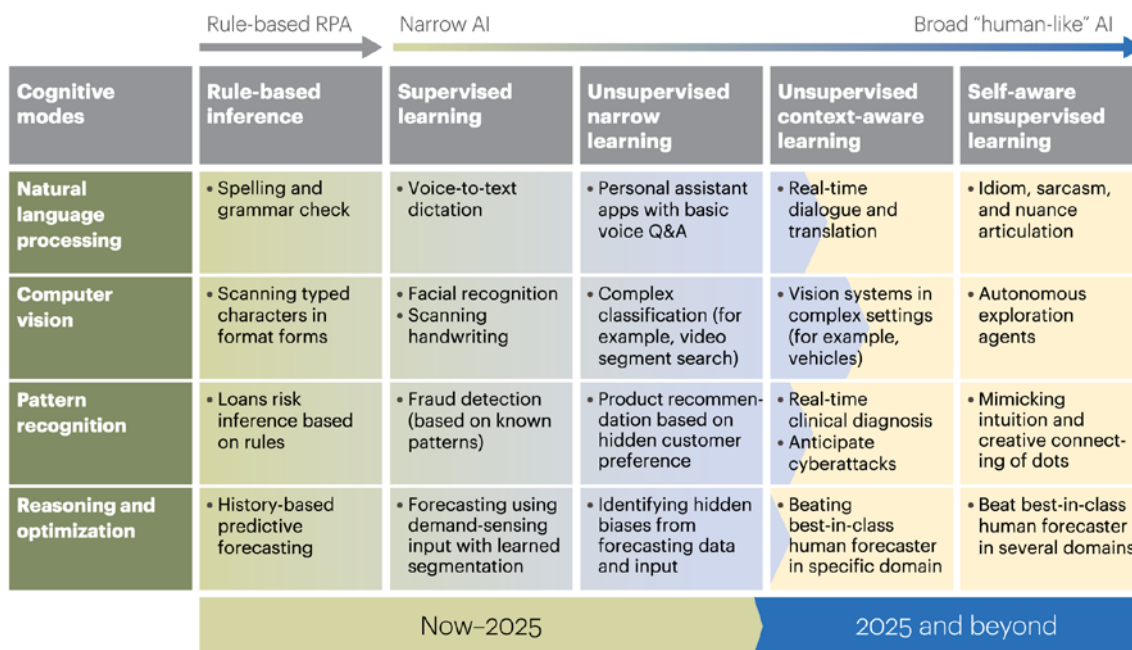
Källa: Purdy, M. och Daugherty, P., *Why Artificial Intelligence is the Future of Growth*, Accenture, 2016, s.11

Även om tillämpningar av AI haft stor betydelse inom internetplattformar, informations-sökning, bildigenkänning och automatöversättning, så har det praktiska genomslaget av AI varit begränsat inom stora delar av näringslivet och offentlig verksamhet. Genom den snabbt växande tillgången till data i elektronisk form och ökad datorkraft har emellertid de AI-metoder som tidigare utvecklats under de allra senaste åren börjat få praktisk betydelse och varit en avgörande faktor för den snabba utvecklingen de senaste åren.

I en rapport till Finansdepartementet 2017 görs bedömningen att AI under de närmaste åren kommer att användas som förstärkande till människan snarare än ersättande. Därigenom ökar kvaliteten och effektiviteten i olika arbetsuppgifter och möjliggör att människors arbeten blir mindre rutinartade och utrymme skapas för mer kreativa arbetsuppgifter för människan.⁶ Denna bedömning delas av de flesta experter, som således gör bedömningen att utvecklingen av AI under de närmaste decennierna kommer att generera teknik som stödjer och förstärker människans kompetens och förmåga. De tidshorisonter för denna våg av tillämpningen av *narrow AI* diskuteras sällan explicit, men flera analyser pekar mot att det är möjligt att tillämpningar i form av *broad AI*, dvs. med mer människolika funktioner skulle kunna ta fart från ca år 2030. Ett försök att illustrera dessa utvecklingsperspektiv ges i figur 5.

⁶ Lindsjö, G., En AI-redo statsförvaltning, Stockholm, mars 2017, s.9

Figur 5 Utvecklingsperspektiv för tillämpningar av AI



Notes: RPA is robotic process automation. AI is artificial intelligence.
Sources: WEF expert panel interviews, press releases, company websites; A.T. Kearney analysis

Källa: A.T. Kearney Analysts, Evans, H., Hu, M., Kuchembuck, R., Gervet, E., Will you embrace AI fast enough?, A.T. Kearney, 2017, s.3

Tidsperspektivet i Vinnovas analys sträcker sig till omkring år 2030. Det innebär också att fokus är på utveckling och tillämpning av s.k. *narrow AI* och dess värdeskapande potential, genom att öka kvalitet och effektivitet inom näringsliv och offentlig verksamhet.

2.2 Drivkrafter och förutsättningar för artificiell intelligens

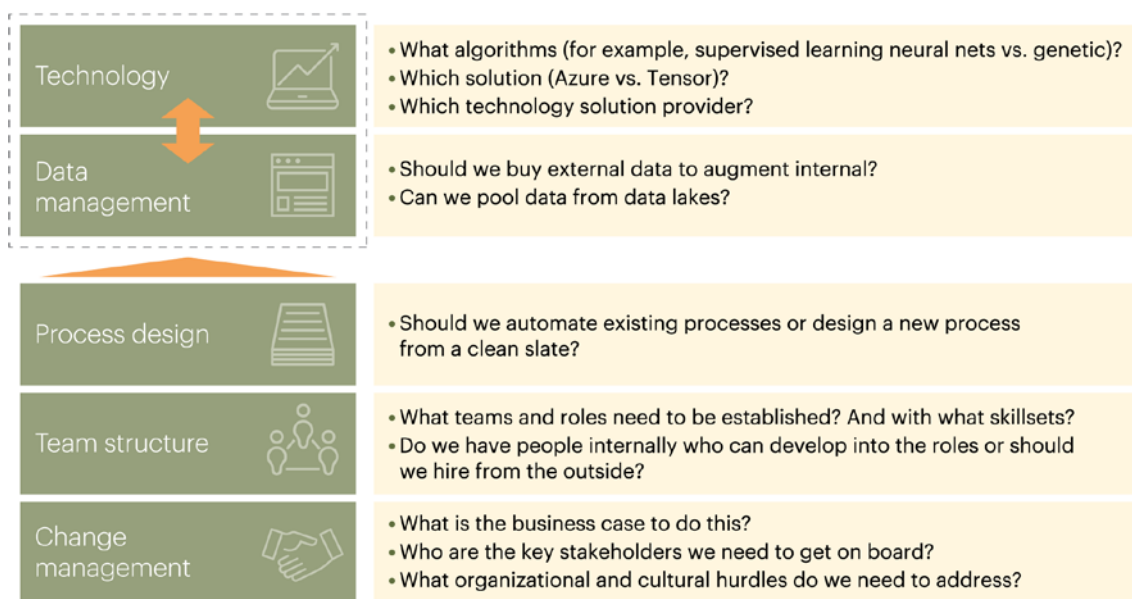
För olika aktörer, företag och offentliga verksamheter, är det viktigt att förstå spelen i AI-utveckling och AI-tillämpningar mellan affärsmöjligheter och värdeskapande å ena sidan och teknologiska och organisatoriska möjligheter å andra sidan. Sådan förståelse är också viktig för att med olika policyåtgärder utveckla förutsättningarna och drivkrafterna för AI. En illustration av dessa samspel ges i figur 6.

Grundläggande förutsättningar för tillämpning av AI är tillgång till data i digital och på annat sätt lämplig form. I takt med den ökade digitaliseringen i samhället finns alltmer data tillgänglig i digital form. Det gäller inte bara data som direkt skapas av mänsklig hand (ekonomiska och administrativa data och för ändamål producerade texter, bilder och ljud). Det gäller även data som genom olika typer av sensorer automatiskt samlas om tillståndet i till exempel maskiner, byggnader och fysisk miljö samt data som samlas automatiskt från sensorer på och i människan. Hit hör data om geografi (kartor), väder, företag, fastigheter, sjukvård, offentlig statistik etc.

Till skillnad från de data som samlas in genom ledande digitala plattformsföretag är de digitala data som produceras i samhället normalt sett inte standardiserade på ett sådant sätt att de lätt kan kombineras och bearbetas tillsammans. Istället krävs ofta omfattande arbete för att göra

data användbar. Sådant arbete behöver ske både kortsiktigt, för att använda de data som finns, och mer strategiskt, för att data skall produceras på ett gemensamt sätt, vad gäller både innehåll och form, som gör att de kan bidra till värdeskapande med hjälp av automatiserad bearbetning, d.v.s. med AI. För att möjliggöra och därmed skapa drivkrafter för AI-utveckling och AI-tillämpningar kommer det att vara viktigt att standardisera semantik, format och annoteringar utifrån gemensamma ontologier som gör informationen behandlingsbar för datorer.

Figur 6 Samspel mellan strategier för affärsmodeller, organisering och teknikutveckling kopplat till AI-tillämpningar i företag och offentliga verksamheter



Note: AI is artificial intelligence.
Source: A.T. Kearney analysis

Källa: A.T. Kearney Analysts, Evans, H., Hu, M., Kuchembuck, R., Gervet, E., *Will you embrace AI fast enough?*, A.T. Kearney, 2017, s.3

Kompetens inom AI och data science⁷ är nödvändiga villkor för att verkligt användbara AI-baserade lösningar skall kunna utvecklas. Införandet av AI-baserade lösningar kräver emellertid i de verksamheter som inte primärt är digitala till sin karaktär normalt sett stora omställningar i sättet att organisera och driva verksamheten. Kompetens för att ändamålsenligt och resurs-effektivt klara av att genomföra sådana omställningar bygger på att kombinera kunskaper inom AI och data science med verksamhetsspecifika kunskaper och kompetens i organisationsutveckling. Det är av stor betydelse att denna typ av hybridkompetens utvecklas inom olika verksamhetsområden parallellt med att specialistkompetensen inom AI och data science stärks.

⁷ Valet av den engelska termen motiveras av att det idag saknas en etablerad översättning på "data science". Det svenska begreppet "datavetenskap" motsvarar det engelska "computer science" som omfattar en stor del av den vetenskap som normalt rubriceras som AI samtidigt som det finns viktiga delar av "data science" som inte faller under "datavetenskap/computer science".

3 Tillväxtscenarier

I detta kapitel diskuteras scenarier över potentialen för värdeskapande och effektivitet i näringsliv och offentlig verksamhet. I dessa jämförs Sverige med potentialen i ett antal andra länder.

Investeringar i AI-tillämpningar drivs i grunden av förväntningar om ökat värdeskapande via:

- Ökad konkurrenskraft i etablerade affärsmodeller och verksamheter eller,
- Utveckling av helt nya affärs- och verksamhetsmodeller som utmanar de etablerade.

Användning av AI inom ramen för etablerade affärsmodeller syftar till förbättringar i de varor och tjänster som produceras eller till ökad effektivitet i utveckling, produktion eller handel med dessa varor och tjänster. I sådan utveckling handlar det i praktiken ofta om olika former av automatisering av funktioner i dessa verksamheter. AI möjliggör även i ökande utsträckning utveckling av helt nya, eller radikalt förändrade, affärsmodeller och verksamheter för att adressera olika behov. Sådan utveckling möjliggör nya lösningar för olika behov och utmanar etablerade värdekedjor, samtidigt som det kan möjliggöra nya lösningar på samhällsutmaningar.

Mycket talar för att den snabba digitaliseringen i allmänhet och den ökande användningen av AI i synnerhet kommer att transformera näringsliv och samhälle i många olika avseenden och inom de flesta områden. Utvecklingen och transformeringar inom olika områden kommer sannolikt att i grunden påverka möjligheter och utmaningar för AI-utveckling och värdeskapande genom AI inom andra områden. I det perspektivet är bedömningar av AI-potentialen för näringsliv och samhälle genuint svåra. Ännu svårare är det att kvantifiera AI-potentialen i form av värdeskapande i ekonomiska termer, liksom ifråga om att adressera samhällsutmaningar kopplade till miljömässiga och sociala utmaningar.

För att utnyttja potentialen i AI och för att möta de utmaningar som AI-utvecklingen och dess transformativa effekter kan generera på värdekedjor och verksamheter samt på samhälls-strukturer och samhällsinstitutioner är det viktigt att förstå utvecklingskraften i AI. Det innebär att förstå de drivkrafter, kopplingar och samspel mellan olika aktörer, värdekedjor, teknologier och samhällsstrukturer som påverkar riktningen, kraften och förutsättningarna för utveckling, tillämpning och effekter av AI.

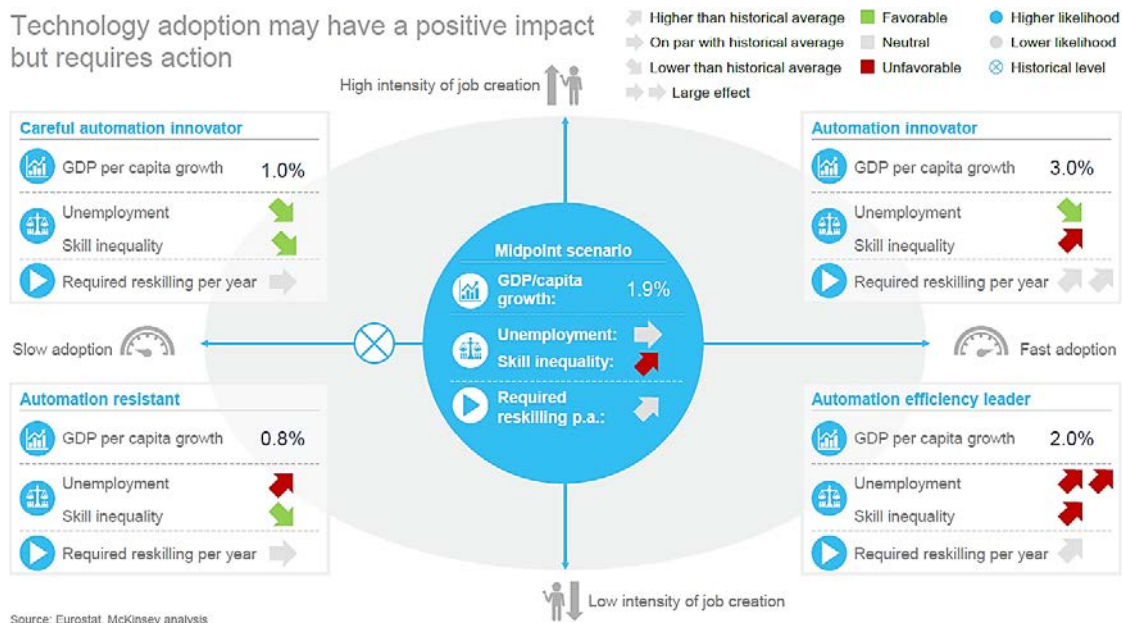
3.1 Tillväxtpotential i AI-tillämpningar

Som konstaterats ovan är kvantitativa bedömningar av potentialen för värdeskapande via tillämpningar av AI genuint svåra. Baserat på vissa antaganden om ekonomins och samhällets utveckling har emellertid ett antal scenarier av den ekonomiska tillväxtpotentialen gjorts. Dessa tillväxtscenarier redovisas nedan.

I en analys 2017 av den ekonomiska potentialen i digitalisering och AI i nio länder, ”digital front-runners” (Belgien, Estland, Finland, Irland, Luxemburg, Nederländerna, Norge och

Sverige) har McKinsey&Company gjort scenarier av den ekonomiska tillväxtpotentialen via automatisering. Tidshorisonten för dessa scenarier är år 2030. Figur 7 beskriver de övergripande tillväxtscenarierna och arbetsmarknadsscenarierna i denna analys.

Figur 7 Övergripande tillväxtscenarier 2017-2030 för nio länder med olika grad av automatisering



Källa: McKinsey-Company, *Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe's digital front-runners*, October 2017, s.36.

Kommentar: De nio länder tillväxtscenarierna avser är: Belgien, Estland, Finland, Irland, Luxemburg, Nederländerna, Norge och Sverige.

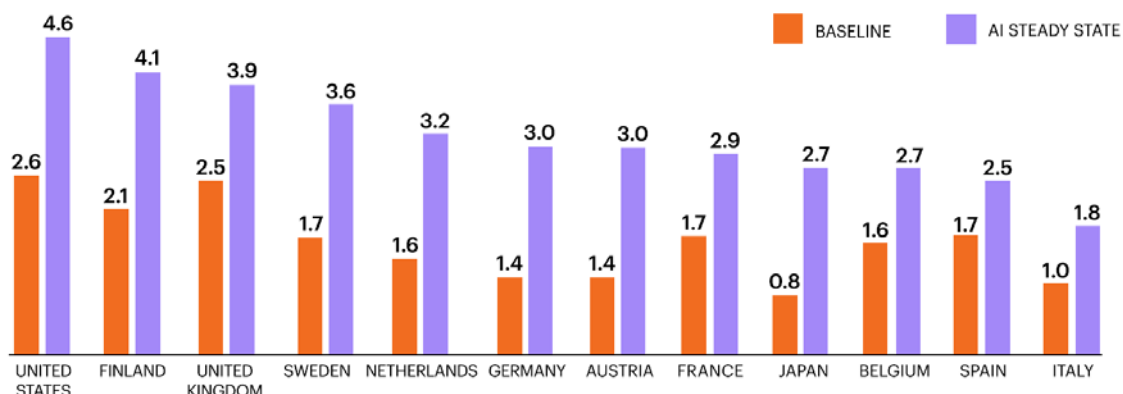
Accenture gjorde 2016, i samarbete med Frontier Economics, en analys av tillväxtpotentialen i AI. Det grundläggande perspektivet i dessa scenarier är att AI representerar en ny produktionsfaktor som kommer att transformera grunden för ekonomisk tillväxt globalt.

“With the recent convergence of a transformative set of technologies, economies are entering a new era in which artificial intelligence (AI) has the potential to overcome the physical limitations of capital and labor and open up new sources of value and growth.”⁸

Accentures analys omfattar 12 länder, däribland Sverige, och tidshorisonten är 2016-2035. Analysen drar slutsatsen att den ekonomiska tillväxtpotentialen för Sverige och de flesta andra länder i studien är dubbelt så stor om AI tillämpas, i linje med den förväntade allmänna AI-utvecklingen, än utan AI-tillämpningar, figur 8.

⁸ Purdy, M. och Daugherty, P., *Why Artificial Intelligence is the Future of Growth*, Accenture, 2016, s.3

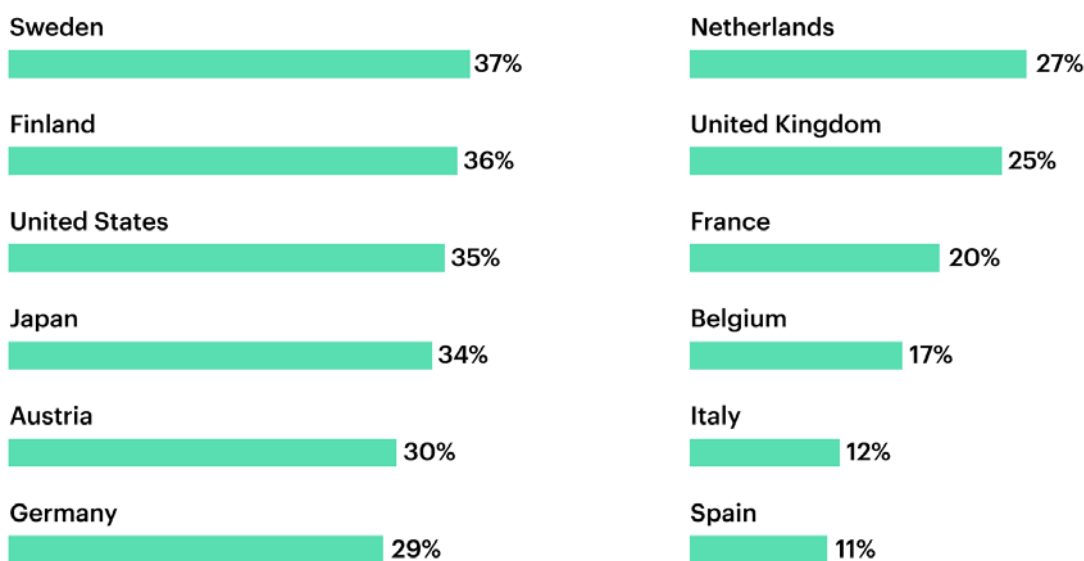
Figur 8 Scenarier för reall bruttoförädlingsvärde 2016-2035 i olika länder med respektive utan utnyttjande av AI



Källa: Accenture och Frontier Economics, Purdy, M. och Daugherty, P., *Why Artificial Intelligence is the Future of Growth*, Accenture, 2016, s.16

I en sådan utveckling bedöms potentialen för arbetsproduktiviteten vara knappt 40 procent högre år 2035 om AI tillämpas än utan AI-tillämpningar, figur 9.

Figur 9 Scenarier för arbetsproduktivitets utveckling 2016-2035 i olika länder med respektive utan utnyttjande av AI



Procentuell skillnad i arbetsproduktiviteten 2035 mellan "baseline" och "AI steady state" 2035.

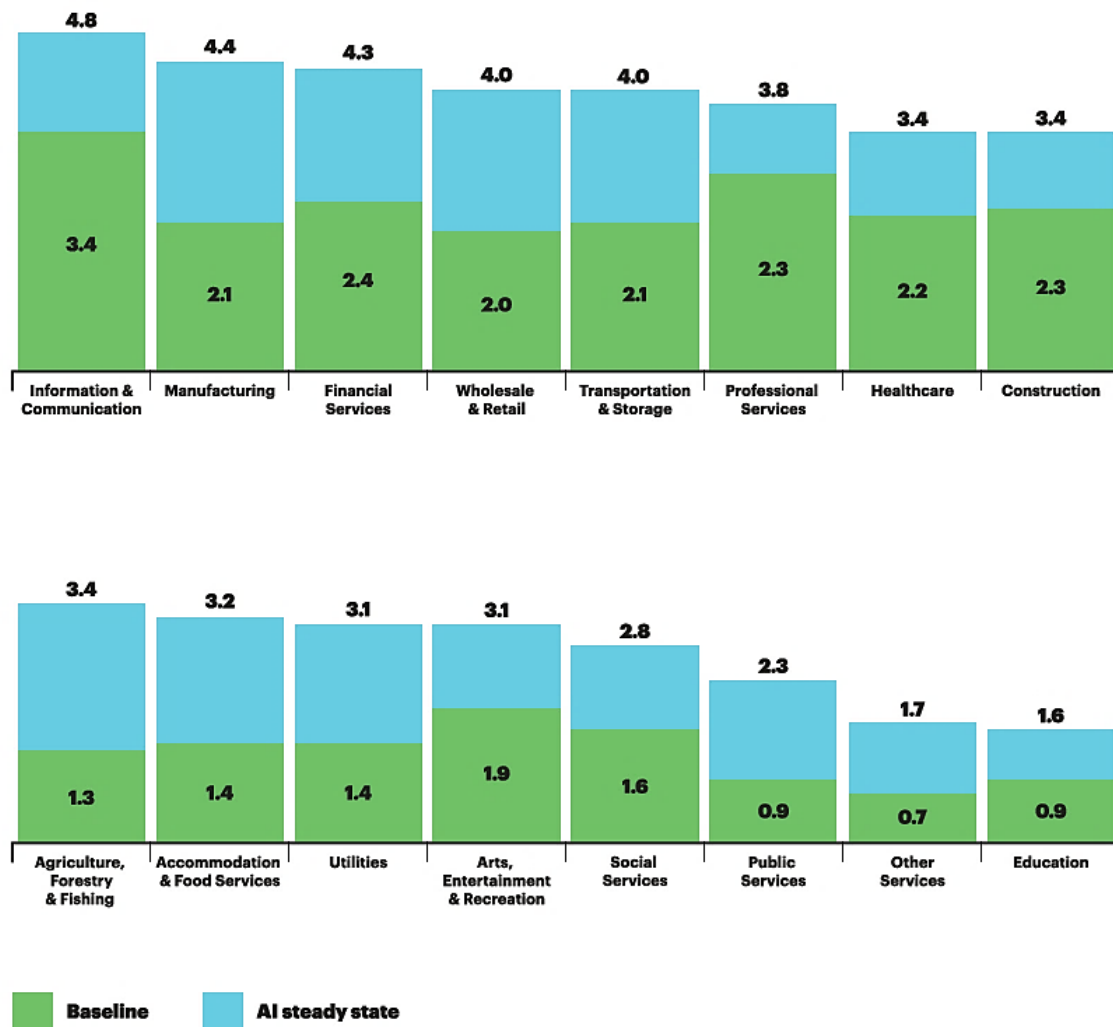
Källa: Accenture och Frontier Economics, Purdy, M. och Daugherty, P., *Why Artificial Intelligence is the Future of Growth*, Accenture, 2016, s.17

3.2 AI-potential inom olika näringsgrenar och sektorer

AI förväntas få stort genomslag inom mer eller mindre alla näringsgrenar och samhällsområden. Accenture gjorde 2017, i samarbete med Frontier Economics, en fördjupad analys av analysen från 2016. I 2017-års rapport analyserades AI:s tillväxtpotential och innovationspotential inom olika näringsgrenar, baserat på data för samma 12 länder som ingick i 2016 års analys. Liksom i 2016 års rapport sträcker sig tidshorisonten till och med år 2035. Accentures

scenarier pekar mot att tillväxtpotentialen är stor i alla näringsgrenar, inom privat näringsliv och i offentlig verksamhet, i tillverkningsindustrin såväl som i tjänsteproduktion, figur 10.

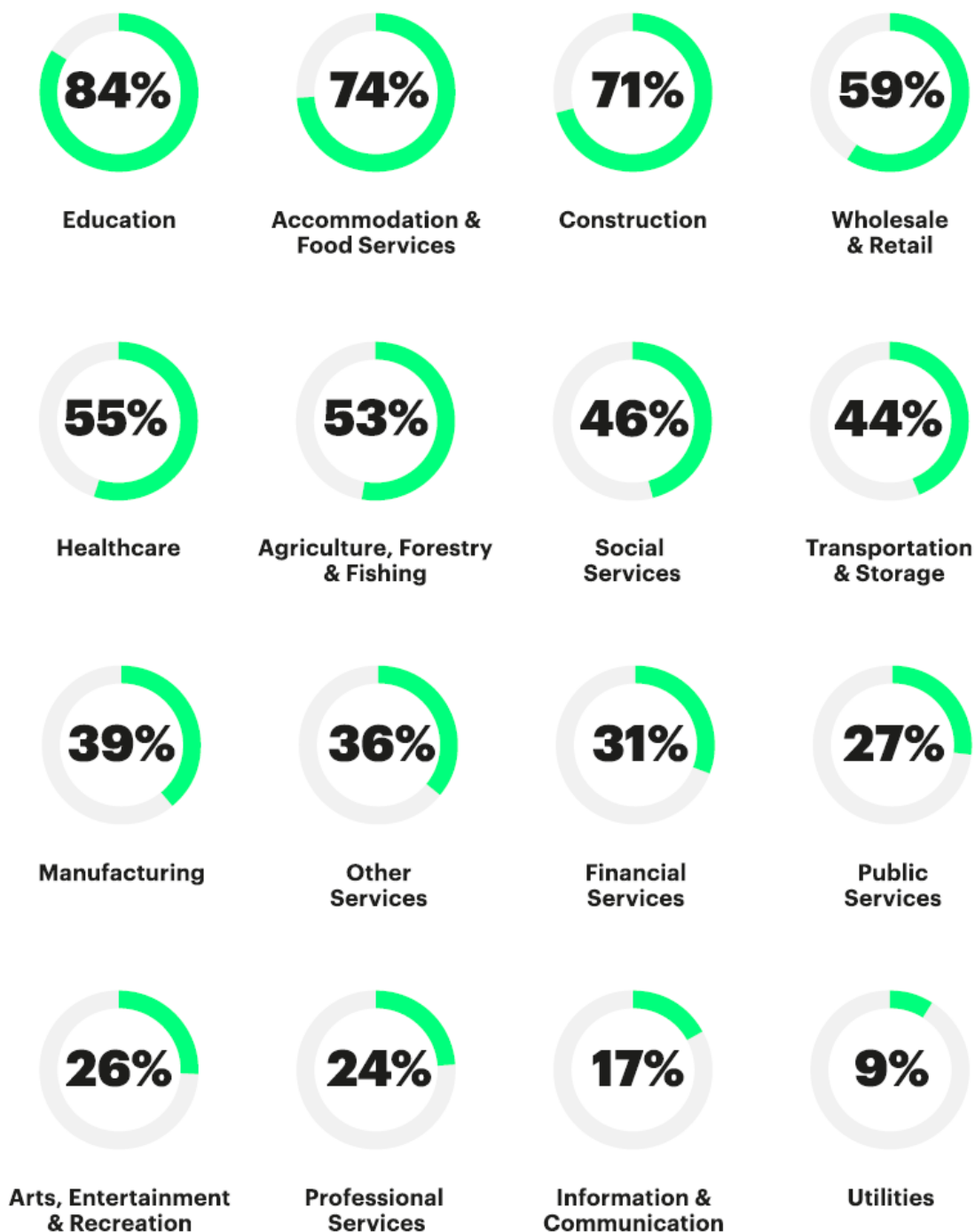
Figur 10 Scenario av effekten av AI-tillämpning på den ekonomiska tillväxten i olika näringsgrenar



Källa: Accenture och Frontier Economics, Purdy, M. och Daugherty, P., *How AI Boosts Industry Profits and Innovation*, Accenture, 2017, s.10

Scenarier över lönsamheten i samma rapport pekar på mycket stor lönsamhetspotential inom de flesta näringsgrenar, i synnerhet inom olika tjänstenäringsgrenar, figur 11.

Figur 11 Scenario av effekten av tillämpning av AI på lönsamheten i olika näringsgrenar



Källa: Accenture och Frontier Economics, Purdy, M. och Daugherty, P., *How AI Boosts Industry Profits and Innovation*, Accenture, 2017, s.17

Tjänsteföretag som bygger sin affärsverksamhet på informationsutbyte med konsumenterna via internetbaserade digitala plattformar har hittills haft störst möjligheter att använda AI. I dessa fall tillhandahålls information direkt av konsumenterna i en form som definieras av de plattformsägande företagen som med denna information som bas levererar informationstjänster till

konsumenter och till andra företag. Förädlingen av information för dessa tjänster sker i hög grad med användning av olika metoder inom AI.

Inom en del tjänstenärningar, exempelvis finanssektorn, är digitaliseringen redan omfattande, vilket innebär att effekterna inom denna sektor kan bli stora i närtid. AI tillämpas även i betydande utsträckning inom elektronisk handel, som växer på den traditionella handelns bekostnad. Inom andra områden är tillämpningen av AI-metoder mer komplicerad och förutsätter utveckling inom en rad andra områden. Utveckling av självkörande fordon och relaterade transporttjänster är ett exempel. Ett annat är tillämpningar inom hälsa, vård och omsorg.

Försvaret och försvarsindustrin i framförallt USA var mycket tidigt ute med AI-tillämpningar. Idag lägger inte bara de största länderna stora resurser på forskning och utveckling på tillämpad AI för sina respektive försvar. Det förekommer också flera initiativ mellan länder. Ett sådant exempel är ett nyligen påbörjat samarbete mellan Indien och Japan. Militära AI-tillämpningar har också startat en livlig debatt om olika etiska aspekter. Några exempel på befintliga tillämpningar eller tillämpningar under utveckling⁹:

- Prediktion av händelseförlopp
- AI-styrda missiler som kan styras till nytt uppdrag
- Smarta uniformer
- Datasamling och beslutstöd i realtid
- Övervakning av luftrummet
- Autonoma fordon och drönare för exempelvis underrättelse
- Autonoma örlogsfartyg

De plattformägande företagen har tillgång till gigantiska mängder information i elektronisk och därmed maskinellt bearbetningsbar form från konsumenter. De har även mycket god kompetens och organisatorisk förmåga att utveckla AI-metoder (algoritmer mm). Förädlingen av denna information har visat sig ge dessa företag växande konkurrensfördelar.

Datatillgång och utveckling av AI-metoder växer i samspel med varandra och leder till ökande marknadsdominans för företag som Google, Facebook, Apple, Amazon, Alibaba, Tencent och Baidu. I kraft av sin höga lönsamhet och snabba tillväxt har dessa stora plattformsföretag successivt givit sig in på nya affärsområden där de utmanar etablerade företag. Den dominerande roll som ett fåtal teknikledande företag i främst USA och Kina fått i utvecklingen av internetbaserade tjänster håller snabbt på att påverka förutsättningarna för utveckling av samhälle och näringsliv inom nära nog alla områden.

⁹ Governo (2018), Artificiell intelligens i offentlig sektor. Hur realiserar vi potentialen?, s 20

4 Sveriges AI-potential i näringslivet

I detta kapitel diskuteras Sveriges möjligheter och hinder (flaskhalsar) att utnyttja AI-potentialen för ökat värdeskapande (kvalitet och effektivitet) inom olika näringsgrenar. Kapitlet baseras helt på enkäter och intervjuer med ledande företrädare i företag samt på SWOT-analyser från Strategiska innovationsprogram (SIP) och olika aktörer. Olika aktörers svar, SWOT-analyser och citat har anonymiserats.¹⁰ Vinnova har sammanfattat olika aktörers bedömningar. Det är således inte Vinnovas egna tolkningar eller bedömningar som redovisas i detta kapitel.

4.1 Företagsenkäter och företagsintervjuer

Vinnova skickade i början av 2018 ut en enkät till ett urval av representativa företag för att få ta del av deras företags och branschens syn på AI. En del svar har efter det kompletterats med intervjuer. Nedan finns en sammanfattning av materialet samt citat och exempel från enkätsvaren.

AI-företag

Tillväxtpotentialen för AI-utvecklande företag bedöms vara mycket god, minst lika stor i Sverige som i andra länder. Ett viktigt område där AI har stor potential och som, i sin tur, har stor potential i tillämpningar inom många områden är automatisk bildigenkänning.

"Största drivkrafterna är att genom automatisk analys av bilder utveckla produkter och tjänster som skulle vara ekonomiskt otänkbara utan AI. Det är en enorm skillnad i kostnad för en person på heltid jämfört med en dator + en kamera, och en enorm skillnad i skalbarhet. Om man väl utvecklar en bra automatisk analys kan man direkt föra in den på flera [anläggningar] parallellt med mycket lite overhead. Även om utvecklingskostnaden ofta är hög är det helt rätt riktning på längre sikt."

Viktiga utvecklingsutmaningar är att göra AI-utveckling lättare och mer robust för andra företag och att lösa konkreta problem tillsammans med kunder och partners. Potential för AI-tillämpningar inom svensk industri bedöms vara god, men

"Svensk industri ligger tyvärr efter i automatisering och användning av intelligenta processer för att öka flexibilitet och kvalitetssäkring. Vi kan digitalisera tillverkningsprocesser ytterligare och bli mer effektiva och lönsamma i vår produktion."

Tillgång till AI-kompetens, på master- och forskarnivå, är en viktig utvecklingsfaktor för AI-företag.

"För att bygga verktyg för att jobba med AI-modeller måste vi hitta personal som både förstår maskininlärning i stor detalj och som är exceptionella utvecklare. Det har varit svårt att hitta.... Google, Microsoft, Apple, Facebook, Baidu etc. har anställt de flesta med akademisk bakgrund som skulle varit intresserade av att jobba med industrialisering av AI.... Om vi kunde få några "dragplåster" till universiteten (kända/duktiga

¹⁰ Citat i texten har i vissa fall marginellt editerats av språkliga skäl.

professorer) så skulle mer forskning göras här, fler studenter/doktorer skulle utbildas och därmed skulle det finnas mer potentiell personal med starka profiler.”

”I Sverige finns stor kunskap om att arbeta datadrivet och det finns duktiga "data scientists", och har för få företag anammat modern maskininlärning för sent, och utbildningarna har också uppmärksammat utvecklingen väl sent. Det gör att det finns väldigt få erfarna experter inom maskininlärning i landet jämfört med det behov som nu uppstått.”

AI-företagen betonar starkare än andra företag betydelsen av AI-specialister med hög akademisk nivå. De upplever tillgången på sådan kompetens som en stor brist i Sverige.

”På grund av alla skrivelser om 'kompetensutvisningar' vågar vi heller inte som litet företag rekrytera internationellt. Vi har inte de resurser som krävs för att känna 100% trygghet i att vi inte missar någon regel någonstans. Anställda har lång startsträcka hos oss, och risken att vi blir av med en anställd pga. byråkratiskt krångel är för stor för att vi ska våga gå den vägen.”

Telekomföretag

I telekomindustrin bedöms potentialen med AI vara mycket stor.

”AI är fullständigt avgörande inom telekom. Dels för att infrastrukturen i sig kan bli mer automatisk och autonom, för att sänka produktionskostnaderna för tjänsteleverantörerna, dels för att AI kommer att göra föremål och utrustning mer kommunicerande. Sverige har större potential än andra länder då vi typiskt arbetar högre upp i värdekedjan än andra länder.”

”[Telekombranschen] representerar en av grundpelarna till att tillämpa AI för andra branscher. Med mobil uppkoppling blir det möjligt att med data representera den reella världen. Data enskilt eller tillsammans med reell kunskap utgör grunden för AI.”

Viktigaste drivkrafterna är ökad effektivitet (automation) men även möjligheten att skapa nya tjänster. Viktiga förutsättningar är:

- Öppen programvara (open source software).
- Tillgång till data.
- Öppna applikationsgränssnitt (API:er).

Väl fungerande samarbeten mellan företag och akademi är en viktig utvecklingsfaktor. Både som drivkraft att föra teknologin framåt och som grund för rekrytering. Väl fungerande industriella partnerskap, dvs. samverkan mellan olika företag är också betydelsefulla. I det sammanhanget är ett öppet klimat att dela data för att i en konstruktiv anda skapa nya värden tillsammans en viktig faktor.

Sjukvård, läkemedel och medicinsk teknik

Hälsa övergår allt mer till data och potentialen att använda AI inom vården bedöms vara mycket stor, till och med banbrytande.

”Färska marknadsundersökningar räknar internationellt med en marknadsutveckling [inom medicinteknik] på ca 65-70% per år under de närmaste åren. Sverige ligger bra till i internationella sammanhang.”

Stora potentiella effekter inom vården ligger i goda möjligheter att med hjälp av AI arbeta förebyggande genom att tidigt identifiera hälsoproblem, genom förbättrad diagnostik med hjälp av AI, genom:

"Mätningar som i nuläget är alldeles för tidsödande (och därmed dyra). Men det finns också en potential för att spara pengar genom att automatisera tidsödande metoder som i dagsläget är del av den kliniska rutinen."

"Vårduppdraget blir allt tyngre med åldrande befolkning, och effektiviteten måste öka rejält för att vi ska försvara dagens kvalitetsnivå. Högre effektivitet motverkar också rådande brister på specialistläkare. Därtill finns det stora möjligheter att höja kvaliteten genom att införa bedömningar/analyser som är bortom mänskliga förmågan."

Potentialen i vården ligger i ökad kvalitet och effektivitet på flera samspelande nivåer:

- *"Improving operational performance and efficiency of workflows. AI-enabled solutions can support clinicians to optimize their workflows."*
- *"On a departmental and enterprise level, AI can help hospital administrators to optimize performance, drive productivity, and improve the use of existing resources."*
- *"Supporting high-quality and integrated clinical decision-making. AI-enabled solutions can help to combine large amounts of medical data to a more holistic view of patients."*
- *"Empowering patients and consumers to proactively manage their health. AI offers tremendous opportunity as it gets embedded in solutions for home care and healthy living."*
- *"Enabling population health management. Based on predictive insights in patient populations, healthcare providers will be able to take preventative action."*

Utvecklingen mot ökade AI-tillämpningar kommer sannolikt att gå igenom olika faser:

"Man kan dela upp användningsfallen i tre områden, ibland kallat AI-A, AI-R, och AI-X, som samtliga var för sig kan göra enorm skillnad. AI-A står för Assist, där maskinell analys kan hjälpa läkaren att bli snabbare eller precisare, men läkaren är fortsatt i kontroll över diagnostiska slutsatsen. Detta är den stora potentialen i närtid. AI-R står för Replace, att manuella steg helt kan ersättas av maskinell analys. Denna möjlighet överdrivs ofta idag, en diagnostikers arbete är oftast alltför komplext. Men med smart designade uppgifter kan man få stor nytta utan att negativa konsekvenserna vid fel maskinellt beslut blir stora. AI-X handlar om uppgifter som inte görs manuellt idag. Utmaningarna kan vara svåra, men nyttan kommer långt innan algoritmerna är perfekta, eftersom alternativet är att göra inget alls."

Potentialen inom medicinsk teknik bedöms också vara mycket stor. Här är de främsta drivkrafterna kopplade till forskning och produktutveckling, där AI bedöms komma att spela en stor roll i forskning för att utveckla produkter. Ett skäl till detta är det s.k. medicindirektivet, enligt vilket man behöver kunna visa hur man kommit fram till det resultatet. Kundbehoven kommer ifrån affärsstrategierna som vården, dvs. kunderna, utvecklar:

"Data och interoperabilitet är en absolut förutsättning för att artificiell intelligens ska kunna fungera. Lyckligtvis har en stor del av de svenska sjukvårdsorganisationer ett elektroniskt system för hälsovård (EHR) på plats. Men interoperabiliteten släpar fortfarande efter. Investeringarna i dessa elektroniska system har kommit till en betydande kostnad och har resulterat i massiva nya data och information. Sjukvårdsleverantörer letar efter dessa uppgifter som ett sätt att låsa upp en värdefull information, en återbetalning i form av nya datadrivna tjänster som skapar effektivitet och som hjälper dem att konkurrera och bli framgångsrika."

Patienternas förväntningar är en viktig grundläggande drivkraft:

"Hälso- och sjukvårdssystemets prestanda blir tydligare. Patienterna tittar på kostnads- och kvalitetsmått och fattar beslut om var de får vård. Detta sker i en tid då konkurrensen om patienterna ökar. I denna nya era av konsumentisering av vården kommer patienter - särskilt yngre "millennials" - att förvänta sig en vårdupplevelse [i linje] med andra onlinetjänster - och som får dem att tillfriskna (på egen hand eller) snabbare."

AI har även en stor potential inom Biopharmaområdet:

"Att kunna utnyttja självlärande system inom forskning och utveckling av bioläkemedel kommer att kunna ha en stor påverkan på hur snabbt dessa kan göra tillgängliga för befolkningen. Vad gäller kopplingen till Sverige så finns ju mycket av spetskompetensen inom proteinforskningen här och via den kan man absolut tänka sig att AI kommer att kunna få ett fotfäste inte bara inom Sverige utan också i världen."

Det finns starka drivkrafter att utforma bättre tjänster och system, men även helt nya affärsmodeller som bygger på och använder data, men de direkta incitamenten saknas ofta.

"I t.ex. Storbritannien och USA arbetar man med att förebygga diabetes med Diabetes Prevention Programs. Företagen som erbjuder DPPs som är kliniskt verifierade ersätts med 2000 USD per år då en diabetiker kostar 6000 USD. Motsvarande affärsmodell finns inte i Sverige idag."

Branschen är starkt reglerad och tillämpning av nya tekniker och processer tar ofta lång tid för att nå acceptans. Viktiga systemiska utmaningar för användning av AI inom denna sektor ligger i regulatoriska hinder och osäkerheter och utvecklade affärsmodeller där AI skulle kunna utnyttjas. I nuläget finns stor osäkerhet kring vad den nya dataskyddsförordningen (GDPR) kommer innebära.

"De regulatoriska systemen är ett stort hinder för mindre företag. Att CE-märka en medicinteknisk produkt blir allt mer komplicerat utan att det leder till högre kvalitet på produkterna. Det enda som det leder till är längre och dyrare utvecklingsprocesser, vilket hindrar framförallt småföretag som annars hade haft möjlighet att vara konkurrenskraftiga genom sina snabba processer."

Bristen på utvecklade affärsmodeller förklaras delvis av regulatoriska utmaningar, som i sin tur har en stark koppling till datatillgång, som är en grundläggande utmaning.

"Det är svårt att få etiskt godkännande för att använda de bilder som finns och det är svårt för läkarna att hitta tid till de tidsödande annoteringar som krävs. Här kommer regelverken för att skydda den personliga integriteten i vägen en del. Även

anonymiserad medicinska data är en bristvara. Jag upplever att det är enklare i en del andra länder att få tag i data.”

Det finns en mycket stor mängd data som potentiellt sett skulle kunna användas i AI-system:

”Diagnostik blir allt mer beroende av kombinationen av många datakällor, t ex allmän patienthistorik ihop med bildundersökningar, laboratoriesvar och genetiska data. AI är en helt nödvändig komponent för att realisera denna ’integrerade diagnostik’.”

Viktiga data är dock i begränsad grad tillgängliga för hopkoppling i stor skala, de ”ligger i silos”. En grundläggande orsak till det är regleringar, policies och rutiner för att undvika integritetsrisker.

”Modern AI, inte minst ”deep learning”, kräver tillgång till stora mängder data. Modellerna kan tränas till fantastisk komplexitet, men träningsdata måste innehålla tillräckligt många exempel på varje aspekt som modellen ska täcka. Dessutom är det en enorm utmaning att generalisera modellerna så att de fungerar robust trots de unika variationer som dyker upp på varje nytt ställe de används. Vad gäller vårddata är den ultimata visionen att alla data i sjukvården skulle vara tillgängliga för att träna och leverera AI-analyser. Istället för att i långsamma cykler analysera mödosamt extraherade delmängder av kliniska data, skulle man i snabba cykler analysera kliniska data i samma stund som de finns. Alltså, en vård där ”precision medicine” appliceras fullt ut.”

Patientens integritet måste upprätthållas för dessa känsliga data. Allmänhetens förtroende för ökad datatillgång och utvecklade datakopplingar ligger i människors kontroll över sin egen data. Viktiga utvecklingsspår för att åstadkomma detta kan ligga i utvecklingar av så kallade ”blockchain”-lösningar.

”När det gäller kompetens så upplever jag att Sverige står sig väl mot jämförbara länder även om vi inte kan tävla med USA och Storbritannien, antagligen eftersom dessa länder har en förmåga att importera kompetens från hela världen.”

Samverkan mellan olika aktörer och kompetenser kommer att vara av stor betydelse för utvecklingen.

”Sverige är ganska ineffektivt när det gäller samarbetet mellan forskare i medicin (som ofta även jobbar kliniskt) och de som är kunniga i AI. Maskininlärning och AI handlar i slutändan nästan mer om data än om kompetenta ingenjörer. För att kunna lära en dator att analysera medicinska bilder behövs tillgång till stora mängder medicinska bilder som manuellt har annoterats av läkare eller annan medicinsk kompetent personal. På denna punkt faller ofta samarbeten kring AI och hälsa.”

”Nära samarbeten mellan sjukhus, akademi och industri. [Det] är... en nödvändighet att kunna genomföra kliniska studier för att testa nyutvecklad teknik, vilket ofta kräver medverkan från akademien.”

Eftersom AI har så stora behov av data, kommer det behövas stöd för forskare och innovatörer att balansera gott integritetsskydd med effektiv innovation.

”För att teknikutvecklingen ska bli bra behövs kunniga beställare som leder arbetet med god kravställning utifrån de verkliga behoven. Samtidigt innebär AI-metoder stora förändringar av arbetssätt. Därför behövs en väldigt stark innovationskraft hos

beställaren, som kan ifrågasätta befintliga processer och ifall evidens finns trycka på för att ta emot det nya. Sjukvården har i sitt uppdrag att innovera, men väldigt ofta saknas förmåga och resurser att systematiskt göra det så det når in i grundverksamheten.”

Utveckling av förenkling av mekanismer och storskalig extrahering av kliniska data, för AI-utveckling, kommer att kräva omfattande utvecklingsinvesteringar i samverkan mellan olika aktörer, med domänkunskap från vården, teknikkunskap från AI-företag och IT-infrastruktur-företag samt med aktörer med regulatoriska ansvar och kompetenser. Det kräver finansiering för utveckling av ny teknik och nya arbetssätt. AI-kompetens kommer att vara en viktig utvecklingsfaktor, men den behöver kombineras med kompetens om tillämpningsdomäner.

Fordonsindustri

Potentialen för AI inom fordonsindustrin bedöms vara mycket stor.

”Potentialen för AI i Sverige är bland de högsta i världen då vi dels utvecklar och producerar varor och tjänster av systemkaraktär med mycket sensorer och hög automation. Dessutom har Sverige många unika dataset (försäkringsdata, olycksdata, hälsovårdsdata, kraftproduktionsdata, m.m.) som gör det möjligt för företag och högskolor i landet att dels locka hit talanger och dels ta fram världsledande forskning, produkter och resultat om vi på högskolor och företag kan agera tillräckligt snabbt på.”

”Vi bedömer att Sverige har lika stor potential som flera andra länder med t ex en stark inhemsk industri där stor nytta går att göra redan på kort sikt.”

”Sverige har som nation halkat efter. De ledande länderna är USA och Kina. Och de som sitter på den allra största kompetensen är några stora amerikanska företag.”

Det finns en stor potential i att använda AI inom fordonsbranschen. De huvudsakliga drivkrafterna är effektivitet, optimering av interna processer, förbättrad kundförståelse och utvecklade kundrelationer.

”En drivkraft är automatisering och vägen mot självkörande fordon. Även inom vår produktionsverksamhet finns det ett behov av AI, t ex bildbehandling i realtid. Även på det vi kallar eftermarknaden finns ett behov. Det kan handla om att samla in stora mängder data och utifrån dessa avgöra om ett fordon behöver tas in för service mm. En annan drivkraft är den internationella konkurrenskraften där AI förväntas bli allt viktigare för industriella produkter och tjänster.”

”[De funktioner som ligger i] mjukvaran som styr självkörande uppkopplade fordon, samt mjukvara för förarstöd...skulle inte vara möjliga att realisera utan AI, och om vi inte har denna förmåga kommer på sikt svensk fordonsindustri få vända sig till utländska leverantörer eller förlora sin marknadsandel då konkurrerande fordonstillverkare [lanserar] självkörande fordon. Dessutom kommer affärsmodellen inom bilindustrin förändras på grund av mobility-as-a-service, ride-sharing, möjligheten att uppdatera mjukvara over-the-air etc. Bilens uppkoppling gör att stora datamängder blir tillgängligt och spetskunskap inom AI gör att man kan bättre hitta nya affärer och affärsmodeller.”

Inom flygindustrin är den viktigaste drivkraften förbättrad systemprestanda. Interna nätverk, organisation, metoder, verktyg och processer kommer vara helt avgörande för att lyckas

utnyttja potentialen med AI. Kompetenstillgången blir i det sammanhanget av stor betydelse och det framstår som den största utmaningen för AI-utvecklingen i fordonsindustrin idag.

"[En viktig faktor är] möjlighet[er] att fort- och vidareutbilda yrkesverksamma inom t.ex. teknikutveckling och affärsutveckling... [Det finns emellertid en] begränsad mängd kompetent lärarpersonal inom universitetsutbildningen [som] begränsar utbildningsvolym av studenter samt fort- och vidareutbildning."

Det är viktigt för fordonsindustrin att kunna rekrytera studenter från mastersprogram med AI-inriktning och bedriva forskning inom AI-området, ofta i samverkan med akademi och industriforskningsinstitut samt att kunna vidareutbilda befintlig personal (såväl chefer som specialister).

Datatillgång och datafångst är en annan utvecklingsutmaning. I det sammanhanget är möjligheter att spela in och lagra data för utveckling av och träning av algoritmer en viktig faktor. Tillgång till data från trafiksystemet, parkeringsområden, dynamiska hastighetsgränser etc. är en annan.

Regulatoriska utmaningar är ytterligare en viktig utvecklingsfaktor. Den nya dataskyddsförordningen GDPR kan begränsa möjligheten att lagra data där det skulle vara möjligt att identifiera personer eller fordon. Det råder redan förbud mot att spela in video i stadsmiljö på grund av gällande integritetslagar. Dessutom är det svårt att få möjlighet att genomföra produkttester i verklig miljö. I försvarsrelaterad fordonsindustri är dessutom en stor del av de data som genereras hemlig. I de sammanhangen blir hantering av militärt känsliga data avgörande.

"Automotivebranschen kommer påverkas genom nya internationella och nationella lagar, regleringar och standarder. Det är mycket viktigt att vi som företag och Sverige som land deltar aktivt i att ta fram dessa så att vi dels har framförhållning och vet vad som kommer och dels säkrar att svensk industri inte får några nackdelar i förhållande till konkurrenter i andra länder."

Gruv- och metallindustri

Potentialen i branschen bedöms vara stor.

"Det finns ett speciellt behov inom gruvbranschen. Det är en ganska komplex miljö där man jobbar i material som till stora delar är okända. Det blir då svårt att simulera och planera med andra metoder utan man behöver ha någon typ av självlärande system för att lyckas fullt ut. Eftersom en stor del av världens gruvutrustning utvecklas i Sverige bör det finnas ett extra stort behov här, i alla fall kopplat till gruvbranschen. Sverige är ju generellt sett ledande på många andra områden såsom t.ex robotik och digitala lösningar varför en bra kompetens inom detta område bör vara prioriterat i Sverige."

Förståelse för hur AI kan användas för att utveckla affärsmodeller och processer är en viktig utmaning. Osäkerheten om vad AI egentligen är, vilka tekniker som finns och hur den kan användas är stor.

"We need to educate many more people on what AI is, what is possible today (and what is NOT possible). It is not sustainable that a small group of data scientists understand it but business people or the larger engineering community does not -

because the data scientists have a hard time understanding where the business value is (this is why you will hear a lot of talk about 'use cases' but little about value generation from this community)."

Tillgång till AI-kompetens är en viktig utmaning, men också att förstå hur vi ska använda tekniken. När en teknik är ny så tar det en viss tid att förstå hur den bäst ska användas.

Massa, papper, cellulosa, förpackning och fiber

Potentialen att utveckla och använda AI bedöms vara god inom massa, papper, cellulosa, förpackning och fiber. Sveriges potential bör vara något större än i andra länder, på grund av mycket bra täckning av nätverk, både fiber och 4G, i hela landet. På många platser utanför Sverige är möjligheten att få god bandbredd svår, dyr eller omöjlig.

Viktiga drivkrafter för AI-tillämpningar i denna bransch är kvalitetssäkring, driftssäkerhet i produktionen, simulering och optimering av processer, effektivare logistik och prognoser över kundbehov. En annan drivkraft ligger i utmaningar med att hitta yngre arbetskraft, bland annat på grund av att produktionsanläggningarna ofta ligger på landsbygden, samtidigt som den befintliga arbetskraften har en relativt hög medelålder. Dessa arbetskraftsmönster och rekryteringsutmaningar gäller både i Sverige och utomlands.

Branschen ligger emellertid generellt sett efter ifråga om AI-tillämpning. En orsak till det är att system för verksamhetsstöd och produktionsstyrning ofta är förhållandevis gamla, ofta från 90-talet, och utvecklade och anpassade för denna bransch. Förnyelsen av dessa system är nu snabb, främst i Europa, då många byter ut sina äldre system. En viktig fråga är om, hur och i så fall vilken roll AI kan spela i denna systemstödsförnyelse.

"Min bedömning är att AI kan utvecklas och används inom små utvalda delar för en anläggning där vi ser störst värdeskapande för att sedan distribueras ut och skalas upp."

"Lättast är att se möjligheter i form av fortsatt automation där man redan har automation implementerad. Inom processindustrin är alla, även operatörer, tränade att tänka i termer av automation, vilket underlättar implementering. Här är drivkraften besparing, effektivisering, och eliminering av enahanda arbetsuppgifter."

Standarder och regulatoriska osäkerheter ifråga om tillgång till och användning av data är viktiga utmaningar för utveckling av AI-lösningar. Nationella och internationella standarder och regler är viktiga för utvecklingskraften.

Utvecklingen av den tekniska infrastrukturen är av stor betydelse för denna industri, som i stor utsträckning ligger utanför de största städerna. I det sammanhanget kommer utvecklingen av 5G och fiberutbyggnaden i alla delar av landet att ha stor betydelse.

"Testbädd 'på neutral plats' för lärande kring och test av kognitiva algoritmer (nu är vi hänvisade till leverantörer) [är viktig]."

Kompetensutveckling inom AI, som är flexibel och anpassad till näringslivets och individers behov och möjligheter är en viktig utvecklingsfaktor.

"Tillgång till kompetens, vad gäller metoder för kognitiva algoritmer, men även generell IT (i och med dataöverföring och integration kommer att behövas för i stort sett alla nya applikationer)."

AI-kurser som möjliggör utbildning utan att personalen försvinner från produktionen under längre tid kommer att vara viktiga, både för företagets möjligheter att investera i utbildningarna och för personalens möjligheter att AI-utbilda sig i direkt anslutning till arbetets utveckling.

Samverkan mellan branschföretag, teknikbolag med AI-kompetens och akademi kommer att vara viktig för utveckling och användning av AI inom branschen.

"Förutsättningarna är att de som kan berätta om och visa potentialen med de nya teknologierna får möta personer i verksamheten som antingen sitter på kända problem, där de nya teknologierna kan var ett nytt sätt att lösa problemen, eller som kan se nya möjligheter inom sitt område med hjälp av den nya teknologin. Hinder är om det inte skapas utrymme för dessa möten, och utrymme att testa idéer, eller där krav på snabba/säkra ROI sätts som krav."

Byggindustri och byggmaterielindustri

Potential att utnyttja och använda AI inom byggbranschen bedöms god. Sverige bedöms, i denna bransch, varken vara bättre eller sämre än andra länder. I alla länder är byggbranschen i början av resan att tillämpa AI.

De viktigaste drivkrafterna för AI-tillämpningar är att:

- Öka lönsamheten genom att minimera risker.
- Automation (ersätta administrativa arbetsuppgifter främst).
- Ökad arbets säkerhet.

Utveckling av affärsmodeller baserade på AI är en viktig utmaning. Branschen är "traditionell" ifråga om utvecklingsspår och teknik. Insikter saknas i stor utsträckning när det gäller möjliga nyttor med AI. Insikter saknas också i viss utsträckning om att alla kommer att påverkas av AI-utvecklingen och därför saknas även beredskap för detta.

För utveckling av AI-tillämpningar inom byggindustrin kommer samverkan med företag som kan AI-teknik att vara väsentlig. Byggindustrin äger kunskaperna om byggsektorns "problemställningar" och har även vissa viktiga data, men branschen saknar, i stor utsträckning, det tekniska kunnandet kring AI.

Arbetskraftsutmaningarna kommer att bli betydande när väl AI-tillämpningar tar fart inom byggsektorn. Lång praktisk erfarenhet från arbete i branschen går väldigt fort att överföra till nyutexaminerade gymnasieingenjörer, med AI-kompetens. De senare kan också snabbt göra arbetet med högre kvalitet. Det innebär att ökade AI-tillämpningar kommer att medföra stora omställningar på arbetsplatser och inom hela branschen. Många kommer att behöva hitta nya arbetsuppgifter och vidareutbildas till andra arbetsuppgifter och yrken. För enskilda arbetsgivare kommer det att vara en stor utmaning att hitta kvalificerade arbetstillfällen inom verksamheten med de korta tidsomställningar som sannolikt kommer att krävas. Det är därför sannolikt att denna utveckling kommer att mötas med motstånd. För att detta ska fungera

måste lagstiftningen utvecklas och arbetsmarknadens parter ha god kännedom och förmåga att hantera denna utveckling.

Energisektorn

Potentialen för AI-tillämpningar i energisektorn bedöms vara stor.

”Sverige är [emellertid] en ekonomi av begränsad storlek, med begränsat antal kunder att samla in data ifrån och slå ut kostnader på, och Sverige har knappast något försteg när det gäller tillgång till spetskompetens inom området.”

Viktiga drivkrafter för AI-tillämpningar i energisektorn är möjligheter till:

- Bättre erbjudanden till och interaktion med kunder inom befintliga affärer.
- Ökad intern effektivitet, både i fråga om högre prestanda och högre resurseffektivitet.
- Utveckling av nya affärsmodeller.

Regulatoriska, etiska och säkerhetsmässiga otydligheter kring datatillgång och dataanvändning är viktiga utmaningar för utveckling av AI-baserade lösningar. Delvis kopplat till detta är tillgång till effektiva tekniska plattformar för AI, som integrerar och kvalitetssäkrar data, av stor betydelse. En utveckling av sådana tekniska plattformar hämmas emellertid av regulatoriska osäkerheter kring data.

Förändringsledning kommer att vara av stor betydelse om den transformativa kraften i AI ska kunna utnyttjas. En viktig del i denna förändringsledning är utveckling av värdeskapande tillämpningar, ”use cases”, och utveckling av affärsmodeller för dessa. Det är i denna utveckling som de affärsmässiga drivkrafterna ligger och som kan motivera AI-investeringar, av både teknisk och organisatorisk slag. En annan viktig del ligger i hanteringen av de betydande förändringar i produktionsprocesser och arbetsuppgifter som AI-tillämpningar medför, vilket i sin tur kommer att leda till organisatoriska förändringar som påverkar många medarbetare. Det ställer krav på organisatorisk förändringsledning och ett nära samarbete med medarbetare och fackliga företrädare. Tillgång till AI-specialister och specialister inom angränsande områden kommer att vara betydelsefullt för att möjliggöra utveckling av AI-tillämpningar.

4.2 SWOT-analyser från Strategiska innovationsprogram (SIP)

Vinnova, Energimyndigheten och Formas finansierar sjutton strategiska innovationsprogram. Genom samverkan inom områden som är strategiskt viktiga för Sverige skapas förutsättningar för hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar och en ökad internationell konkurrenskraft. Inom programmen utvecklar företag, akademi och organisationer tillsammans framtidens hållbara produkter och tjänster. Det finns idag 17 Strategiska innovationsprogram, figur 12.

Figur 12 Scenario av effekten av tillämpning av AI på lönsamheten i olika näringsgrenar



Vinnova har bett de sjutton strategiska innovationsprogrammen att göra en analys av de styrkor, svagheter, möjligheter och hot (SWOT¹¹) de ser inom sina respektive områden kopplat till AI. Nedan finns en sammanställning av det underlag som tagits fram. Dessa SWOT-analyser sammanfattas i tabell 2. I texten nedan diskuteras olika delar i SWOT-analyserna utförligare.

Tabell 2 Sammanfattning av SWOT-analyser från SIP avseende Sveriges AI-potential

<p>STYRKOR God datatillgång Bra tekniskt utgångsläge Erfarenheter av policyutveckling och strategiarbete God samverkanskompetens i innovationssystemet Effektiva ekosystem för utveckling av ai</p>	<p>MÖJLIGHETER Tekniken och potentialen i system Nya funktioner samt förbättrad kvalitet och ökad effektivitet i produkter och tjänster Möjligheter till ökad innovationstakt och nya satsningar på forskning Förbättrad arbetsmiljö och nya arbetssätt</p>
<p>SVAGHETER Standarder saknas Policys och regelverk saknas Oklarheter när det gäller ägande av data Tekniska brister och ouppfyllda teknikbehov Brist på forsknings- och utvecklingssatsningar Brist på resurser och kompetens</p>	<p>HOT Minskad konkurrenskraft på grund bristande sense of urgency och uteblivna satsningar Brist på arbeten och dränering av kunskap Hög sårbarhet och säkerhetsrisker Brist på kompetens Utestängning från internationella sammanhang pga uteblivna satsningar Missade chanser på grund av bristande insikter om AI Tekniska brister och dataproblem</p>

¹¹ SWOT kommer från orden "Strengths", "Weaknesses", "Opportunities" och "Threats".

Styrkor

God datatillgång

Tillgången till data beskrivs som god eftersom systemen för såväl tillverkning och produktion som för administration genererar stora mängder data. I industrins databaser råder dessutom ordning och reda. Särskilt inom processindustrin har data samlats under många år. Även i fordonsindustrin finns stora mängder data. Detta beror bl.a. på användningen av dynamiska parametrar och data som genererats genom interaktion mellan människa, fordon och infrastruktur. Att produktionssystem, maskiner och robotar genererar stora mängder data gör tillverkningsindustrin mycket lämplig för att tillämpa maskininlärning och AI. Även all patientdata som finns i vårdsektorn utgör en stor möjlighet.

Bra tekniskt utgångsläge

Redan nu är automationsgraden hög i delar av industrin och det finns en stor potential för vidareutveckling. Avancerade mät- och styrsystem används och många processer är redan digitaliserade (t.ex. information och kontroll). Bland annat nämns att utvecklingen av billigare sensorlösningar kan leda till ökade möjligheter till distribuerad datainsamling på bred front.

Kompetensen är hög inom många av de relaterade teknikområdena (exempelvis sensorteknik) vilket även innefattar god domänkompetens rörande processer. Sverige har dessutom framstående forskare på säkerhetsområdet som arbetar med molnlösningar och fysisk säkerhet i produkter.

Sverige har en väl utbyggd infrastruktur för datatrafik i både fasta och trådlösa nät och med god geografisk spridning vilket är en förutsättning eftersom AI och maskininlärning kommer att medföra en ökning av överförda data.

Det finns redan många AI-applikationer (t.ex. alla kartprogram, beslutsstöd, simuleringsverktyg etc.) som underlättar vidareutveckling. Detta gäller inom flera av de strategiska innovationsområdena men lyfts särskilt fram inom transportområdet där AI och maskininlärning ingår i många applikationer och tekniska lösningar redan nu. Även tekniken för smarta städer har stor utvecklingspotential på grund av de avancerade tekniska applikationer som redan nu tillämpas. Det är exempelvis möjligt att utveckla visualisering av mätningsresultat i realtid och data-driven allokering och optimering av resurser. Inom samhällsbyggnadssektorn har det skett en kraftig ökning av användningen av tekniker som exempelvis BIM (byggnadsinformationsmodellering) och generativ design, detta kan kopplas till AI och därmed lyfta sektorns arbetssätt ytterligare.

Svensk kemiindustri beskrivs som att de, jämfört med sina konkurrenter utomlands, ligger väl till. Automatiseringsgraden är hög och många processer för information och kontroll är redan digitaliserade. Även stora delar av dagens produktion av skogsmaterial är i hög grad automatiserade med avancerade mät- och styrsystem. Med ny kunskap kommer dessa system att kunna utvecklas mycket och erbjuda helt nya möjligheter. Stora volymer i flödena ger resurser för utveckling när man väljer att ta steget mot AI. Teknisk kompetens om kopplingar mellan teknik och material behövs för att möjliggöra datainsamling till AI-system.

Erfarenheter av policyutveckling och strategiarbete

Det är viktigt att ledande aktörer inom digitalisering och automation fortsätter att ta ledarskapet även när det gäller utvecklingen av AI. Inom flygindustrin finns gedigen erfarenhet och kompetens när det gäller att utveckla policys och utforma komplexa säkerhetskritiska lösningar (i detta ingår även certifieringar). Inom industrin finns dessutom gedigen kompetens när det gäller strategisk utveckling och ständiga förbättringar.

God samverkanskompetens i innovationssystemet

Bland de intressenter som representeras av innovationsprogrammen finns en gedigen erfarenhet av såväl internationella som nationella samarbeten, samt stor vana att samarbeta över branschgränser. Flera etablerade samarbeten mellan näringsliv och akademi finns. Stark tradition av samarbete mellan företag, akademi, institut och samhälle samt enligt Trippel Helix-modellen. Stor öppenhet mellan företag. De strategiska innovationsprogrammen beskriver sig som möjliga viktiga baser för samverkan kring AI-utveckling.

På flygområdet finns erfarenhet från internationella samarbeten för utveckling av tekniska lösningar och regelverk vilket ger konkurrensfördelar och kan stödja tillämpningar inom andra civila transportsystem. Här pågår även etablerade samarbeten inom akademien för att få till kompetensuppbyggnad inom AI-området.

Effektiva ekosystem för utveckling av AI

Geografiska regioner som kan erbjuda stöd till en värdekedjas alla delar samtidigt med närhet till vetenskap beskrivs som en svensk styrka. Det finns ekosystem som kan erbjuda samarbeten och tvärvetenskap vilket är nödvändigt för att bygga in AI i en värdekedja.

Tvärvetenskapliga och multidisciplinära projektteam är en nödvändighet när man jobbar med analys och AI. De strategiska innovationsprogrammen beskrivs vara en utmärkt bas för att bedriva samverkansprojekt för utveckling av AI. Varje program kan också fungera som en branschöverskridande plattform när det gäller lösningar.

Även möjligheterna till erfarenhetsutbyte över landsgränserna beskrivs eftersom många av innovationsprogrammen arbetar med generella behov och lösningar som finns över hela världen. Samhällsbyggnadsprogrammet beskriver att det finns en enorm erfarenhetsbank att ösa ur.

Svagheter

Standarder saknas

Standarder saknas vilket gör det svårt att utveckla AI-lösningar i den samverkan och över de gränser som är nödvändiga. Att branschstandarder för informationsdelning och användande av AI i transportsystem saknas uppges vara en stor flaskhals för utvecklingen.

Policys och regelverk saknas

Avsaknad av policys och regelverk – eller osäkerhet kring sådana – riskerar att fördröja eller försvåra utvecklingen på AI-området. Detta gäller för olika produktområden men det handlar även om etiska, legala och säkerhetsrelaterade aspekter kring vissa AI-baserade lösningar. Det gäller exempelvis kartläggning av människors och fordons rörelser eller användning av drönare

för att transportera gods. Sverige är en liten aktör vilket försvårar möjligheterna att påverka regelverk och certifiering på alla områden.

Bristande etik och transparens riskerar att försvåra utvecklingen av tillit för AI som verktyg. Brist på kontroll, översikt och transparens försvårar tydlighet när det gäller ansvar liksom möjligheter till felsökning i system. Det är också viktigt att väga in hur (och med vilket tidsperspektiv) olika leverantörer av AI-lösningar ska styra och påverka användning, datainsamling och beräkningar.

Frågorna kring policys, regler, etik, integritet och säkerhet behöver hanteras såväl enskilt som sammantaget och inte endast ur ett tekniskt perspektiv. Etik och säkerhet diskuteras i alltför liten utsträckning idag.

Oklarheter när det gäller ägande av data

Samkörning av data som kommer från olika källor kan medföra svårigheter när det gäller att hålla ordning på ägandet. När data kommer från både publika och privata källor är det vanligen mycket oklart vem som äger insamlad data.

Att hantera frågor som rör kontroll av data är mycket komplext och kan lätt missbrukas av den som har ett kunskapsövertag och stora resurser.

Tekniska brister och ouppfyllda teknikbehov

IT-infrastrukturen är inte alltid tillgänglig, stabil och säker. Somliga system baseras på gammal teknik och datagenereringen sker i system som inte är ihopkopplade (system för processautomation baseras ofta på strukturer och teknologi från sjuttioalet). Traditionella system (exempelvis bilar, flygplan, tillverkningsenheter) är designade för lång livstid, flexibilitet och utveckling kräver en modulerad design där livscyklar kan pågå parallellt.

Dålig kvalitet i sensorer (och annan datainsamling) riskerar att ge snedvridna tillämpningar. Generellt finns en risk med data av låg kvalitet eftersom det ger snedvridna tillämpningar. Snedvridning kan också uppstå genom bias i urval eller i insamling av data. Data behöver även ha tillräcklig varians så att AI-modellerna ska kunna prediktera på ett tillförlitligt sätt.

En förutsättning för AI är digitalisering och de aktörer som halkat efter inom området riskerar att även missa möjligheterna med AI. I leverantörskedjor kan IT-mognad och datakapacitet variera vilket försvårar tillämpning av AI.

Brist på forsknings- och utvecklingsåtgärder

I Sverige görs för få och för ofokuserade satsningar på FoI-projekt för att det ska vara möjligt att möta det behov av utveckling som drivs av AI (även om WASP är ett exempel på en samordnad och koordinerad satsning). Initiativen är alltför spridda och alltför tillfälligt uppkomna utan strategiskt plan. Särskilt stor uppges koordinerade satsningar på säkerhet vara.

Några branscher eller sektorer är stora och med många aktörer där dessutom den digitala mognaden är låg – vilket gör att det finns ett stort behov av en generell kunskapshöjning kring AI på alla nivåer. Fragmenteringen för utvecklingen långsam. Avsaknad av riktigt stora aktörer innebär också en risk att ingen driver förändringen.

Brist på resurser och kompetens

Brist på kompetens är en svaghet som genomgående lyfts fram. Såväl när det gäller tillgång till egen intern kompetens som möjligheterna att rekrytera. Dessutom är många företag som har behov av AI små och har begränsade resurser att arbeta med utveckling. De tillgängliga personella resurserna måste fokusera på den dagliga driften och det kan vara svårt att ta del av vidareutbildning och experimenterande med AI. Stora aktörer med stora resurser har en fördel.

Att ta in ny kunskap kan försvåras av att industrin inte riktigt har tid att fortbilda sin personal och att man kanske inte heller riktigt ser potentialen hos AI för den egna verksamheten. Synen på möjligheterna med AI riskerar dessutom att vara något negativ på grund av tidigare misslyckade försök med teknologin på 80- och 90-talet.

Tillgången till kompetens utanför området renodlad processtyrning/automation uppges vara begränsad inom flera av innovationsområdena. Särskilt saknas kompetens om "den digitala affären" vilket leder till brist på initiativ för att utveckla och testa nya och alternativa affärsmodeller. Många vill gärna använda AI men brist på egen kunskap gör att man blir alltför beroende av kostsamma konsulter. Även beställarkompetensen saknas på många håll.

Svensk kemi och plastindustri bedömer att de ligger efter en del av slutkunderna. Tillgången till IT-kompetens med förståelse för processindustri är en trång sektor. Det gör det svårt att starta viktiga projekt även om dessa är lönsamma och finansiering finns. När det gäller skogsindustrierna uppges det ligga en svårighet i att implementera de nya möjligheterna som AI kan erbjuda eftersom man inte vill riskera avbrott i de komplexa produktionssystemen, avbrott som kan kosta mycket pengar. Hos de textila företagen finns en ovana när det gäller att skapa nya datapunkter i logistikkedjor vilket annars uppges vara en möjlighet för textilindustrin.

Möjligheter

Teknikens möjligheter och potentialen i system

AI är ett verktyg som möjliggör stora förändringar. Potentialen till automation och effektiva och optimerade processer är enorm. Planering och uppföljning kan göras med stor precision och underhåll kan göras proaktivt. Själva teknikutvecklingen beskrivs inte som så avancerad, AI är helt enkelt ett nytt verktyg i verktygslådan, men med en enorm potential och en möjlighet att identifiera samband man tidigare inte visste fanns. Effektivisering och ökad produktivitet gäller inte bara inom produktion utan även i hög grad för administrativa processer. AI kan dessutom effektivt skalas upp, det vill säga att AI-teknik som fungerar för en maskin eller ett system kan enkelt skalas upp på global nivå, exempelvis i en global tillverkningskoncern.

För processindustrin uppges stora möjligheter ligga i bättre prediktioner för tillgång och efterfrågan och därmed effektivare affärsprocesser. AI-modeller kan tränas mot användares subjektiva upplevelser. AI ger också möjligheter att prediktera kvalitetsegenskaper som kan vara svåra att mäta. Förbättrad produktionsplanering och möjlighet att lösa hittills olösliga optimeringsproblem är ytterligare möjligheter.

När det gäller möjligheter för lättviktsmaterial uppges den ligga i att nya lättviktsstrukturer snabbare kan genereras och realiseras industriellt. Bland annat då produktoptimering av lättviktslösningar kan förenklas. AI möjliggör autonoma fordon som i sin tur möjliggör att vikten kan sänkas genom att flera funktioner kan tas bort.

För skogsindustrin finns en stor potential i att förbättra befintliga system och möjligheten att effektivisera och optimera hela värdekedjan från skog till färdig produkt. Olika former av Big Data-angreppssätt för att systematiskt tillvarata de enorma datamängder som skogsbruket och skogsindustrin genererar är viktiga.

I gruvindustrin pågår en utveckling av instrumentering som effektiviserar produktionen (i hela mineralvärdekedjan) genom en fullständig och total utvinning samt återvinning av både primära och sekundära resurser.

För textilbranschen finns möjligheter för sortering av textilier i alla steg av återbruk. AI kan användas för automatiserade analyser som spektralanalyser för recycling, slitageanalyser för refurbishing, designanalys för remaking och modeanalys för reusing. Det är också möjligt att samordna geografiskt utspridda kläder och möbler för insamling trots avsaknad av identitet i produkter. Analys av transportkedjor för modeprodukter är en annan möjlighet.

Nya funktioner samt förbättrad kvalitet och ökad effektivitet

AI medför stor potential att reformera affärer, produkter, tjänster samt att optimera interna och externa processer hos snart sagt alla slags verksamheter. AI kan användas för att optimera processer, säkerställa bättre hållbarhet och integrera värdekedjor. Samarbete inom branscher behövs för delning av utvecklingskostnader och risker.

AI är ett verktyg som är av stor betydelse för att verkligen göra nytta i sakernas internet (Internet of Things, IoT). AI innebär en möjlighet att bearbeta och presentera all data som samlas in genom IoT.

För metallindustrin ligger stora möjligheter i skräddarsydda produkter för olika behov baserade på redan befintliga data. Dessa data ger även möjlighet till anpassning till kortare produktlivscyklar och en föränderlig marknad, samt att identifiera helt nya användningsområden för materialen. Andra möjligheter gäller helt nya affärer (avknoppningar) där system och lösningar kan säljas till andra liknande industrier. Det vill säga utveckling av helt nya affärsmodeller. AI gör det också möjligt att bygga in förmågan till simultan dokumentation och ständiga förbättringar samt till simulering av processer i syfte att arbeta med processutveckling i virtuella miljöer.

Att inköpare och kunder kan använda AI för marknads- och försäljningsfunktioner uppges som en möjlighet för skogsindustrin. AI kommer också att göra att design av fabriker liksom styrning och kontroll av dessa kommer att kunna göras effektivare, dessutom med lägre kapitalkrav vid investeringar och drift. I ännu högre grad kommer det vara möjligt att låta ett kontrollrum köra fabriker på distans. Det blir också möjligt att automatisera labbarbetet för forskning och utveckling.

En viktig möjlighet för flygindustrin rör breddningen av produktportföljen genom att lägga till tillämpningar för bemannade och autonoma farkoster som kan samverka i stora och komplexa system-av-system. Andra möjligheter som AI bidrar till i transportsystemen rör molnbaserade tjänster för intelligenta linjetransporter. Utvecklade mobilitetstjänster baserade på de komplexa sambanden mellan erbjödanden, kundbehov, logistik och trafikförutsägelser är en annan möjlighet. Smarta trafiksignaler samt underhållsprediktering är andra möjligheter.

På materialsidan uppges mer tillförlitliga tillverkningsprocesser för bland annat additiv tillverkning av lättviktsmaterial. När det gäller grafen så kan materialet möjliggöra viktiga egenskaper hos de sensorer och i den hårdvara som kommer att krävas för att säkerställa funktionalitet hos AI.

AI innebär möjligheter till mer hållbara stadsmiljöer bland annat genom minskad biltrafik och övergången till transport som en tjänst. Den nya tekniken kan dessutom attrahera innovatörer som vill bidra till städernas utveckling. För samhällsplaneringen blir AI en möjlighet för att optimera lösningar mot många kriterier som exempelvis energi, klimat, hållfasthet och ekonomi. Lösningar kan också kontrollera förhållanden till rådande regelverk och lagar. AI ger också möjlighet att prediktera komplexa scenarier kring demografisk utveckling, trafikflöden och klimatpåverkan.

Ökad resurseffektivitet genom användning av AI beskrivs som en stor möjlighet för transportsektorn. Dessutom kan transportinfrastrukturens produktivitet förbättras genom bättre design, konstruktion, drift och underhåll, trafikstyrning, trafikövervakning mm. Beslutsstöd kan förbättras till mycket stor grad tack vare AI och maskininlärning. Nya tjänster och mer kvalificerade arbeten kan skapas inom sektorn vilket är ytterligare en möjlighet.

Möjligheter till ökad innovationstakt och nya satsningar på forskning

Även om utveckling är i ett tidigt skede så kan AI vara viktigt för en ökad innovationstakt. Men det behövs fokuserade initiativ som säkerställer forskning och som driver på innovationstakten.

Ökade datamängder i nät och behovet av lagringsmöjligheter kräver nya överförings-, minnes- och lagringslösningar vilket öppnar för disruptiva, eller radikala, innovationer.

Data. I städernas egna regi, men även på nationell nivå och via företag (som kan verka över landsgränser också) samlas nu nya datamängder. AI-metoder som databrytning kan användas för att finna tidigare oupptäckta samband mellan olika mätbara fenomen.

Förbättrad arbetsmiljö och nya sätt att arbeta

AI kan erbjuda nya och bättre sätt att arbeta. Riskfyllda arbetsmiljöer behöver inte befolkas av människor och tunga arbeten kan utföras av autonoma maskiner. Även repetitiva och enkla rutinarbeten (även inom administration) kan minska och ge mer tid till mer avancerade och stimulerande arbetsuppgifter.

Nya typer av robotiserade maskiner och så kallade cobots kan användas för speciella arbeten. AI gör det möjligt att ta bort exponering av människor för buller, skadliga partiklar, gaser etc., samtidigt som "den mänskliga faktorn" elimineras genom att olika typer av fel kan undvikas. I

gruvindustrin innebär ett nytt AI-drivet maskineri (t.ex. elektriska autonoma fordon och digitaliserad brytning) förbättrade arbetsförhållanden och ökad produktion.

En annan möjlighet med AI ligger i att svårfångad och erfarenhetsbaserad kunskap kan föras över från personer till system vilket underlättar överföring av kunskaper och generationsväxling.

Hot

Minskad konkurrenskraft på grund bristande sense of urgency och uteblivna satsningar

Vår högkonjunktur minskar känslan av att det är bråttom. Långsamhet tillsammans med bristande kompetens samt föråldrade arbetsätt och ledarskap innebär en risk att vi i Sverige kommer efter, att konkurrensförmågan hos svensk industri minskar.

Andra länder gör stora investeringar och den globala tekniska utvecklingen är snabb. Bland andra Kina och Sydkorea gör kraftfulla satsningar och koordinerade insatser för en mycket snabb utveckling.

Brist på arbeten och dränering av kunskap

Arbetsuppgifter och jobb försvinner och arbetstillfällena blir färre. Många existerande arbetstillfällen kommer att försvinna inte bara inom produktionen utan även inom administration. Detta kommer i sin tur att leda till problem när det gäller kompetensförsörjningen, särskilt på mindre orter.

Hög sårbarhet och säkerhetsrisker

Sårbarheten riskerar att öka i och med att systemen blir mer avancerade och med fler kopplingar. Det blir en ökad risk för datastölder och för attacker. Särskilt mot de autonoma systemen. Det finns en risk att säkerhetsarbetet inte utvecklas i samma takt som systemen vilket leder till säkerhetsrisker. Osäkerheterna är inte bara farliga i sig utan gör även att tilliten till AI minskar. Nya produkter och tjänster baserade på AI kommer att erbjuda stora fördelar för samhället men bara om användarna kan vara trygga med att systemen är pålitliga och inte hotar vår säkerhet eller individens demokratiska fri- och rättigheter. Transparent hantering av algoritmer och av databehandling blir en viktig faktor.

Brist på kompetens

Ny teknik kan göra somliga branscher mycket attraktiva att arbeta i och det finns en risk att arbetsgivare som inte kan tillämpa ny teknik eller jobba med snabb utveckling riskerar att försämra sina möjligheter att rekrytera spetskompetens. Tillgång till kompetens är en trång sektor och brist på kompetens är ett allvarligt hot. Det kan finnas tveksamheter i företag att vidareutbilda för de som tvivlar på att AI kommer att få genomslag och tror att utvecklingen blir densamma som på 80- och 90-talet. Brist på domänkompetens i företagen gör att dessa riskerar att bli alltför beroende av konsulter vilket i sin tur minskar flexibilitet och innovation och möjligheterna till unika lösningar.

Utestängning från internationella sammanhang på grund av uteblivna satsningar

Om Sverige kommer efter när det gäller satsningar på utveckling av AI så riskerar vi att bli internationellt ointressanta. Svensk systembyggande industri behöver delta i den snabba internationella utvecklingen för att vara konkurrenskraftig på längre sikt.

Missade chanser på grund av bristande insikter om AI

Den allmänna kunskapen om vad AI är och kan vara måste öka för att inte svenska företag ska hamna efter i den globala konkurrensen. Industrieföretagen riskerar att halka efter eller blir tvingade att anpassa sig till utvecklingen i de branscher som leder utvecklingen (finans, telekom och high tech-bolag). Dessutom har många företag som jobbar med AI ingen eller liten erfarenhet från industriproduktion och de speciella förhållanden som råder i en process-industri, vilket innebär svårigheter att utveckla verkligt anpassade lösningar.

Såväl övertro på AI som överdriven misstro kan vara ett hot. Orealistiska förväntningar liksom rädslor kan medföra svårigheter och hinder. Övertro på AI och maskininlärning riskerar att ge dessa tekniker dåligt rykte, när inte förväntade effekter uppnås tillräckligt snabbt. Insamlingen av data kan ta lång tid och kräva stora investeringar vilket gör att det inte tar fart så fort som kanske förväntas. Överdriven misstro mot AI och maskininlärning gör att teknikerna inte används för att lösa de problem som de är lämpade för.

Tekniska brister och problem när det gäller data

All AI bygger på att det finns tillgängligt data som används för att träna upp AI-modeller. De flesta produktionsutrustningar kräver kontinuerligt underhåll där maskiner, delar och sensorer byts ut eller byggs om vid planerade underhållsstop. Automationssystem är konstruerade för att kunna kompensera för detta men en uppenbar risk med AI-modeller är att de blir ogiltiga efter ett underhållsstop och kräver en kalibrering som egentligen är möjlig först när tillräckligt långa dataserier har samlats in.

Snabba förändringar i produkter och material (t.ex. i modebranschen) gör att data förändras i en takt som gör att AI system får svårt att lära sig, på grund av ständigt nya data, vilket kan ge låg träffsäkerhet på nya produkter.

Ett annat hot som lyfts fram är felriktad optimering och kontroll av komplexa lärande system. Det behöver inte vara rätt att optimera ett aktuellt specifikt trafikflöde. Kostnadsfunktioner som är felformulerade, i sammanhang där många olika slags AI-system interagerar direkt med varandra (som exempelvis i en stad), kan ge följder som är nära nog omöjliga att förutspå konsekvenserna av.

Hanteringen av data kräver kunskap och ansvarstagande. Delad data efterfrågas på många håll men det finns stora utmaningar kring ägande och kontroll. Dålig tillgänglighet till data är ett annat hot. Det finns mängder av 'legacy data', ostrukturerat data eller data på utdaterade medier eller format, för vilka gemensamma datamodeller och API:er saknas. I många fall äger dessutom en enda leverantör data och saknar kanske motiv att dela med sig.

Omognad kring öppen och delad data är ett annat problem. Mycket av det som är öppen data idag kan inte vara det i framtiden eftersom man kan korrelera det med annan data och därmed

hota integriteten hos individer, organisationer och infrastrukturer. Delad data kan innebära stora möjligheter, men ansvaret och äganderätten blir då nya utmaningar.

5 Sveriges AI-potential i offentlig verksamhet

I detta kapitel görs en fördjupad analys av Sveriges möjligheter och hinder (flaskhalsar) att utnyttja AI-potentialen för ökat värdeskapande (kvalitet och effektivitet) i offentlig verksamhet. Analysen baseras helt på en studie som genomförts av Governo på uppdrag av Vinnova.¹²

5.1 AI i offentlig verksamhet

För att få en bild av nuläget i svensk offentlig sektor har en enkät skickats ut till statliga myndigheter, kommuner och landsting/regioner (sammantaget till 560 respondenter). Svarsfrekvensen var 60 %, vilket motsvarar totalt 337 svar, varav 171 inom myndigheter, 145 inom kommuner och 19 inom landsting där enkäten skickades till både landstings- eller regiondirektören samt till hälso- och sjukvårdsdirektören. Enkäten behandlade följande områden:

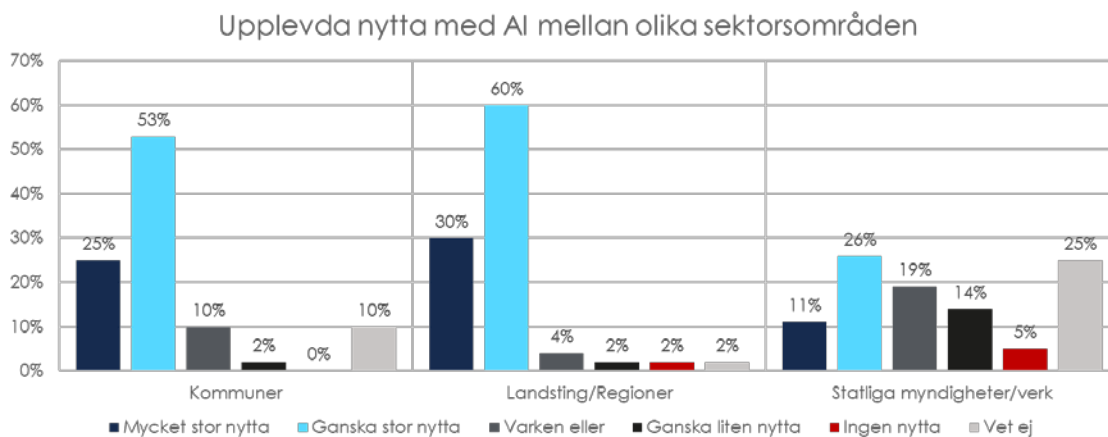
- Genomförda, pågående eller planerade projekt med AI-teknik.
- Aktuell kunskap och arbete med kompetensutveckling.
- Strategiskt arbete med AI.
- Potentialen för AI utifrån uppskattade nyttor, drivkrafter och hinder.

För att få en fördjupad bild genomfördes parallellt djupintervjuer med personer ur ledningen (generaldirektör/kommunchef/landstingschef alt. digitaliseringschef/IT-chef) i några av de största organisationerna där det kan tänkas finnas stor potential för AI. Här handlade det om att fånga dagens förekomst av AI, planerade projekt, drivkrafter och hinder för AI med mera.

Det finns i grunden en positiv bild av AI i offentlig verksamhet och till de nyttor som tekniken skulle kunna tillföra organisationen och dess verksamhet. Runt 60% av respondenterna tror att AI skulle bidra till ganska stor eller mycket stor nytta i relation till bättre medborgar- och företagsservice, kvalitet i utfört arbete samt effektivitet. Många uppger även att de tror att arbetsmiljön för de anställda kan bli bättre med stöd av AI, figur 13 och 14.

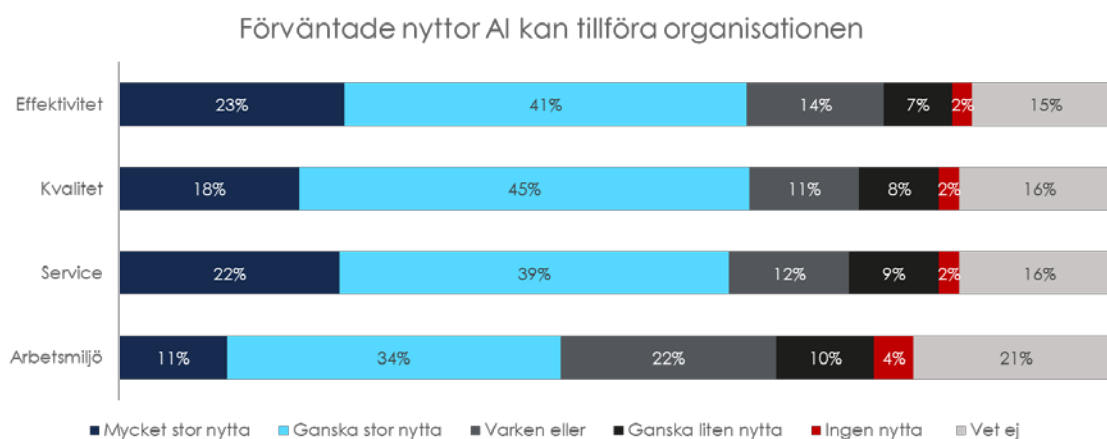
¹² Governo (2018), Artificiell intelligens i offentlig sektor. Hur realiserar vi potentialen?

Figur 13 Resultat från enkätfrågorna “Vilken nytta anser du att AI kan tillföra din organisation i relation till bättre medborgare/företagsservice, kvalitet, effektivitet och arbetsmiljö för de anställda?”



Källa: Governo AB

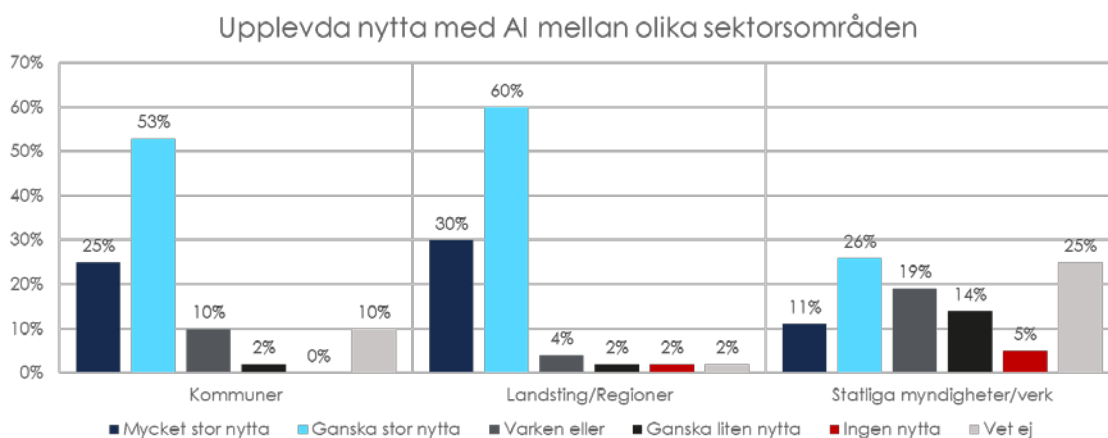
Figur 14 Resultat från enkätfrågorna “Vilken nytta anser du att AI kan tillföra din organisation i relation till bättre medborgare/företagsservice, kvalitet, effektivitet och arbetsmiljö för de anställda?”



Källa: Governo AB

För att komma igång med AI och ta tillvara på förväntade nyttor är direktiv/styrning från ledningen är en viktig drivkraft. Av de som har en plan eller strategi för AI uppger nämligen 13 av 19 respondenter att direktiv från ledningen är en anledning till att de påbörjat sitt arbete. Det uppges även i det öppnas svarsfältet i enkätens sista fråga att AI inte ännu är uppe på den politiska dagordningen och att det saknas uppdrag och omvärldstryck. Vidare anger ett stort antal respondenter ett behov av ett samlat, nationellt grepp i frågan.

Figur 15 Uppskattade nyttor AI anses kunna tillföra i relation till bättre medborgare/företags-service, kvalitet, effektivitet och arbetsmiljö för de anställda. Statliga myndigheter/verk är mer splittrade kring AI:s potentiella verksamhetsnytta



Källa: Governo AB

Statliga myndigheter

Av enkätsvaren framgår det att statliga myndigheter är de som bedömer att de inte kommit så långt i sitt arbete med AI på strategisk nivå. Här uppger hela 53 % att de inte har kommit någonsans alls, och endast 6 % uppger att de för närvarande har ett pågående arbete med att genomföra projekt med AI-teknik, det vill säga endast 10 stycken av de 171 myndigheter som besvarat enkäten. Några av dessa projekt nämns:

- Användande av AI för mötesbokning och tolkningstjänster.
- Klassificering och granskning av texter.
- Mönsterigenkänning och klustring för bedömning.
- Maskininlärning för exempelvis spårning av avvikelser i beteende.
- Prognostisera nederbörd med deep learning/neurala nätverk.
- Självkörande bussar.
- Kundtjänst – chattbot.

Statliga myndigheter är i jämförelse med kommuner och landsting/regioner även mer splittrade i förhållande till vilken grad av verksamhetsnytta som AI kan tänkas tillföra dess organisation. Här anser endast 37% av de myndigheter/verk som besvarat enkäten att AI i ganska eller mycket hög grad skulle bidra till bättre service, kvalitet, effektivitet och arbetsmiljö för de anställda, vilket är betydligt lägre än genomsnittet i kommuner och landsting/regioner som ligger mellan 78-80%. Med andra ord kan det konstateras att myndigheter för närvarande inte ser samma potential med AI som kommuner och landsting gör. Detta skulle dock kunna bero på att ett antal av de myndigheter som svarat inte har medborgarkontakter i samma utsträckning som andra myndigheter samt kommuner och landsting.

Migrationsverket har påbörjat arbete med ett par pilotprojekt inom området. Man ser möjligheter både i de processer som möter kunden, och i rent interna processer. Ett område är handläggning, där man kan se fördelar med automatisering inom vissa delar, medan andra delar kräver det personliga mötet. Tolk- och översättningstjänster är ett område där det råder

brist på kompetens och där man tittar på olika tjänster som finns på marknaden. Myndigheten har tagit fram en handlingsplan, där även frågor kring AI ingår. Man arbetar också med en idébank där olika utvecklingsförslag finns med, liksom införandet av nya roller (innovations-samordnare, innovationsteam). En utmaning är att det finns små resurser till att satsa på utveckling, både vad gäller ekonomi och personal. Dessutom är det brist på kompetens inom AI. Samtidigt är just drivkrafterna att minska såväl ledtider som kostnader, vilket vanligen sker på några års sikt innan besparingen kan räknas hem.

Statens servicecenter, som idag hanterar löne- och ekonomiadministration för ett stort antal statliga myndigheter, ser att myndighetens arbetsuppgifter radikalt kommer förändras utifrån AI. Redan idag används robotteknik (Robotic process automation, RPA) för att eliminera återkommande och rutinartade moment i delar av de stödprocesser som myndigheten hanterar. Detta väntas öka i stor omfattning och i slutändan omfatta i stort sett hela processerna. Drivkrafterna för AI handlar om att bli mer kostnadseffektiva och säkra kvaliteten i processerna. På sikt, när så mycket som möjligt av de statliga myndigheternas löne- och ekonomiadministration flyttats över till myndigheten, så skulle det enbart behövas ett fåtal medarbetare som styr och övervakar processerna (idag 450 anställda). De hinder som nämns handlar dels om ekonomiska begränsningar för att klara de investeringar som behöver ske, dels att det är svårt att få tag på rätt teknisk kompetens inom området. Man ser också behov av statliga investeringar inom området, liksom ett gemensamt tänk för att kunna sprida kompetens inom AI.

Bolagsverket har ett antal planerade pilotprojekt inom området, och har nyligen genomfört en förstudie för att kunna konstatera potential inom olika områden. IT-budgeten är växande (idag närmare 40% av omslutningen) samtidigt som myndigheten behöver genomföra besparingar och kostnadsminskningar (utifrån lägre intäkter i den avgiftsfinansierade verksamheten). För att kunna åstadkomma detta är digitalisering och AI helt avgörande, vilket lett till att man också nu gör kostnadsberäkningar kopplat till pilotprojekten. Stora delar av det som myndigheten idag gör utgår från data, och där man framöver kan tänka sig helt andra lösningar både gällande insamling och analys (inkl. nya tjänster). Man behöver öka digitaliseringstakten och höja sin kompetens, vilket inte enbart handlar om myndigheten själv utan också i samverkan med andra. Bolagsverket är mycket aktiva i eSam där bl.a. frågor kring grunddata och informationsförsörjning hanteras, liksom i ett nordiskt samarbete (Nordic Smart Government) med sina systemmyndigheter. Inom kort kommer man också implementera ett labb och ett utvecklingsteam med bl.a. fokus på AI. Drivkrafterna handlar således dels om att man behöver tänka kring en helt ny affärsmodell utifrån AI (inklusive effekthemtagningar), dels om att medarbetarna har en positiv inställning till digitalisering. Hinder kan vara bristande kompetens hos medarbetare, låg tillit i samhället samt lagstiftning. Det största hindret handlar dock om den svenska förvaltningsmodellen, där stuprörsförvaltningen hindrar digitaliseringen.

Kommuner

Av enkätsvaren framgår det att både kunskapen om AI och det praktiska arbetet med tekniken är som mest begränsad på kommunal nivå, även om det inte skiljer nämnvärt mellan kommuner och myndigheter. Det finns dock en högre potential för AI inom kommunal sektor sett till uppskattade nyttor med tekniken. Drygt 80% av alla kommuner uppger att de tror att AI skulle tillföra ganska eller mycket stor nytta för verksamhetens effektivitet, kvalitet och service.

Liksom inom den övriga offentlig sektorn är kompetens- och tidsbrist de två främsta skälen till att arbetet med AI inte kommit igång. Bristen på ekonomiska resurser uppges även i högre utsträckning bland kommuner, nämligen 7% högre än i myndigheter och landsting. Några pågående projekt på kommunal nivå:

- Handläggning av försörjningsstöd.
- Digital medarbetare i form av en chattbot.
- Omvärldsbevakning.
- Intelligent trygghetskameror.

Stockholms stad har genomgått en stor omvandling i sin verksamhet utifrån digitalisering, där fokus initialt låg på att få ihop stadens IT-miljö till en koncern, med fokus på enhetlighet och standardisering. Parallellt har man arbetat med e-tjänster inom olika delar av verksamheten, och på senare år samlat dessa i en gemensam e-tjänstplattform. Genom stadens nuvarande strategi ”Smart och uppkopplad stad 2040” läggs grunden för nästa generations digitalisering, där AI utgör en del. Genom initiativet Digital Demo Stockholm arbetar staden tillsammans med Stockholms Läns Landsting och olika aktörer i näringslivet i ett antal innovationsprojekt med fokus på den smarta staden. Staden och landstinget har identifierat ett antal utmaningar, som näringslivet föreslår lösningar på (exempelvis intelligenta VA-system). Här har det dock varit svårt att arbeta med stora, komplexa områden långsiktigt – detta kräver mycket från staden och övriga parter. Det finns även ett antal interna projekt inom exempelvis trafikkontoret och miljöförvaltningen. En rapport har tagits fram av stadens avdelning för digital utveckling där man tittar just på AI, robotisering och automatisering inom olika områden. Här beskrivs tidiga pilotprojekt exempelvis med RPA inom stadens ekonomisystem UNIT4 Agresso, men också inom kundtjänsten. Några exempel på mer verksamhetsnära tillämpningar är AI för tidig upptäckt av läs- och skrivsvårigheter samt intelligenta soptunnor som signalerar när det är dags för tömning. Störst potential framåt ser man inom välfärden, där det exempelvis finns nya sätt att hantera medborgarmötet och nyttja stadens befolkningsstatistik på bättre sätt.

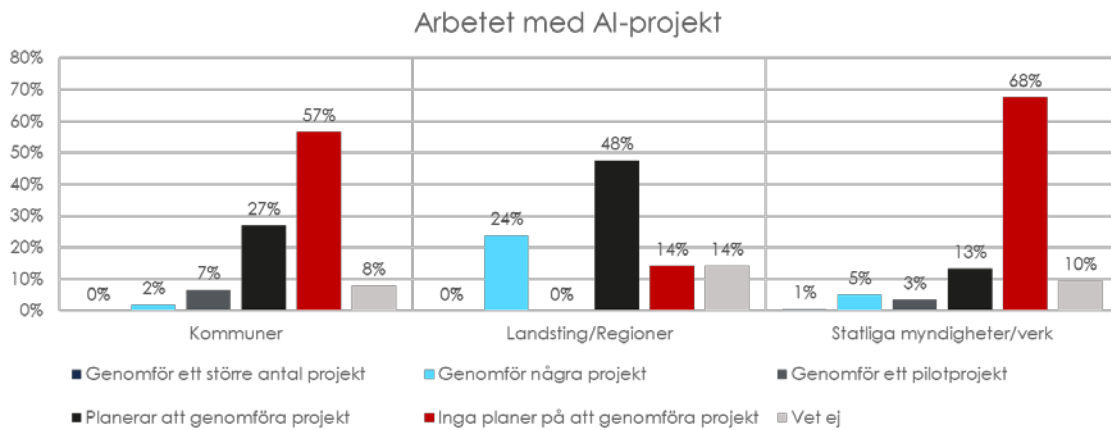
Malmö stads AI-arbete tar sin utgångspunkt i strategin ”Digitala Malmö”. I dokumentet beskrivs digitaliseringsresan övergripande utifrån fyra fokusområden. Staden ser ett stort antal områden som skulle kunna förbättras med stöd i AI, såsom Internet of things i trafikstyrning och stadsplanering (exempelvis sensorer för att mäta luftkvalitet och vattenflöde), automatiserad handläggning (exempelvis RPA i ekonomiskt bistånd, skolval och ekonomihantering), robotar i kundtjänsten m.m. AI ses som kritiskt för att kunna leverera tjänster på ett bättre sätt framöver och därigenom möta välfärdens utmaningar. För att kunna göra detta krävs kompetens – både teknisk kompetens inom AI och förändringsledning. Hinder kan vara såväl kompetens som skepsis i organisationen, men också juridik och organisation som försvårar nya arbetssätt. Samtidigt ses digitalisering och AI som kritiskt för att kunna vara en modern arbetsgivare och därmed attrahera de bästa medarbetarna.

Landsting och regioner

I enkäten sticker svaren från landstingen/regionerna ut i förhållande till kommunernas och myndigheternas svar när det gäller organisationens kunskap om AI, strategiska arbete samt andelen planerade eller pågående projekt. Här ligger landstingen och regionerna förhållandevis i framkant inom svensk offentlig sektor, även om kunskapen övervägande anses vara låg och

arbetet framförallt befinner sig på planeringsstadiet. De områden som AI-teknik har börjat användas inom är inom beslutsstöd och i begränsad utsträckning inom triagering, det vill säga sortering/prioritering av patienter utifrån allvarlighetsgrad.

Figur 16 I figuren framgår att landstingen/regionerna i genomsnitt har en högre andel pågående och planerade projekt med AI-teknik i jämförelse med både kommuner och statliga myndigheter/verk



Källa: Governo AB

Region Östergötland använder AI inom flera områden, bl.a. inom bilddiagnostik, t.ex. digital patologi, där världsledande forskning bedrivs i samarbete mellan regionen, företag och Linköpings Universitet. Ett annat AI-område där beslutsstöd är breddinfört i regionen är i journalsystemet, den första tillämpningen (vars resultat publicerats vetenskapligt) påminner om och ger aktivt stöd för att genom rätt medicinering kunna förhindra uppkomst av stroke hos individer med förmaksflimmer. Arbeta pågår tillsammans med leverantören av journalsystemet för att införa fler tillämpningar inom andra diagnoser för denna teknik. Man tittar också på automatisering/robotisering i kundbemötandet, både internt och externt gentemot patienter/invånare för att ge smidigare och snabbare behandling av många ärenden. Det finns också ett antal projekt som pågår inom andra områden, men som inte kan nämnas nu på grund av immaterialrättsliga aspekter. Drivkraften bakom digitaliseringsarbetet är både de nya tekniska möjligheterna och befolkningsutmaningen – man kommer inte med nuvarande resurser kunna leverera vård med samma kvalitet när befolkningen växer och då det redan idag är svårt att få tag på rätt kompetens. Ledningen är enig i denna fråga och genom personalens vilja och tillgång till forskning har det varit lätt att köra igång olika initiativ. Regionen har haft en utvecklingsstrategi där AI ingår. Man har också vågat arbeta tillsammans med leverantörerna. Utmaningarna handlar om att arbetet kräver ett långsiktigt perspektiv, inte minst kring kompetensförsörjning och finansiering. Det handlar också om att fundera kring var maskinen och människan behövs bäst och hur de bäst kan arbeta tillsammans på nya sätt för att bli bättre än bara maskin eller människa.

Stockholms Läns Landsting (SLL) har några olika AI-projekt, där samtliga drivs ute i verksamheten (dvs. inte centralt). SLL har ingen övergripande strategi för AI, och ser troligen inte behov av en sådan. Snarare handlar det om att hitta smarta arbetsätt ute i verksamheten samt se till att tekniska förutsättningar finns på plats. Exempel på områden som man ser potential inom

diagnoser, analyser, beslutsstöd, rådgivning, kundtjänst, vård på distans m.m. Inom kollektivtrafiken finns ett pilotprojekt som hanterar smart, datadrivet underhåll där AI kan kopplas samman med det verksamhetssystem som styr trafikanläggningen. På så vis kan man förebygga fel, se trender av störningar och få goda underlag till investeringsbeslut. Man ser ett antal hinder mot AI som framförallt handlar om svårigheter att dela data, i form av lagstiftning, patientsäkerhet etc. som kan göra att projekt inte genomförs eller försenas. Det kan också vara svårt att räkna på nyttan och därigenom säkra finansiering till projekt.

5.2 Strategi, styrning och ledarskap

Ett område som kännetecknar länder med en framgångsrik AI-utveckling är att man har formulerat nationella mål och strategier för AI. Viktigt att komma ihåg är att dessa länder inte endast ser AI som en del av eller en trend inom digitaliseringsområdet. AI betraktas snarare som det datadrivna samhället där de nationella AI-strategierna avses påverka ett helt lands politik, med fokus på välfärd, näringsliv och sysselsättning.

Sverige har idag ingen samlad nationell strategi för AI. Regeringens digitaliseringsstrategi från 2017 nämner AI samt innehåller områden där AI kan utgöra både en förutsättning men också en lösning. SKL:s strategi för e-samhället nämner inte heller AI. Vad gäller nationell styrning av AI saknas även formuleringar i regleringsbrev eller kommunala budgetdokument.

Enkätsvaren visar tydligt att arbetet med AI på strategisk nivå inom offentlig sektor är mycket begränsat, endast 5% uppger att de har en strategi eller plan för sitt arbete. Något fler, cirka 10% av respondenterna, har dock påbörjat ett arbete med att utföra projekt som i någon utsträckning involverar AI. Det som görs på området idag handlar framförallt om förstudier och tidiga pilotprojekt, snarare än bredare införanden. En majoritet uppger dock att de för närvarande inte har några planer på att genomföra projekt som involverar AI-teknik.

I de länder som arbetat längre och bredare med att dra nytta av AI än Sverige påpekas ofta att en avgörande fråga är ledningens engagemang. I Sverige och vår allra närmaste omvärld har vi en lång tradition av relativt stort inslag av delegering och intern konsensus. Det är en proaktiv ledarstil som ofta tjänat oss väl. Men troligen bör man vara uppmärksam på hur detta kombineras med de höga krav på hastighet och kompetens som uppstår i en omvärld som snabbt utnyttjar ständigt nya landvinningar inom AI.

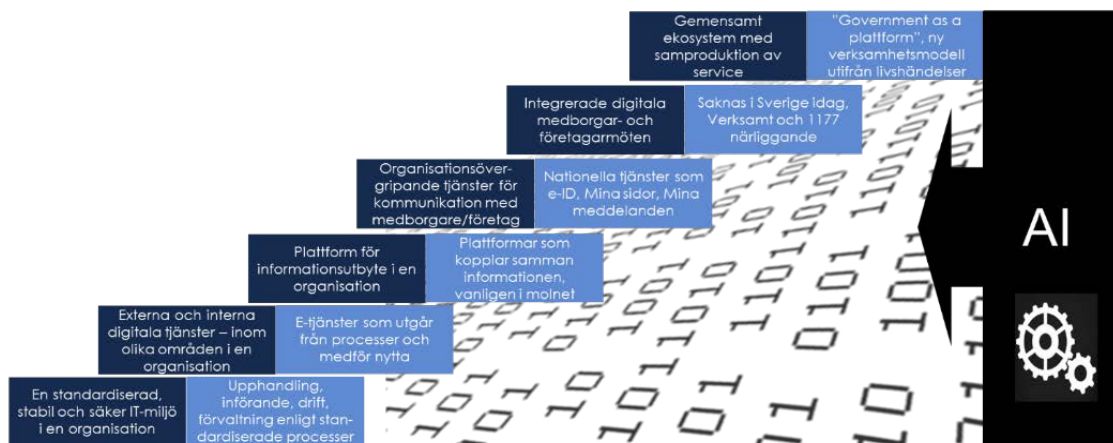
Ledningarna i offentlig sektor kan förväntas ställas inför ökade krav på att hantera de snabba och genomgripande förändringar som AI-genererar och möjliggör. Om ansvaret i alltför hög utsträckning läggs på digitaliserings- eller IT-ansvariga finns risk för att de verksamhetsmässiga möjligheterna inte tas tillvara tillräckligt. I intervjuerna och i enkäten syns en tendens att se AI som enbart en del av eller en trend inom digitalisering, vilket kan vara hämmande för att utnyttja dess fulla potential.

De svenska myndigheterna kan sägas vara semiautonoma. De styrs bl. a. genom instruktioner och regleringsbrev. När man vill styra en myndighets operativa verksamhet är detta mer komplext än när det gäller att styra myndighetens mål. Detta visar sig särskilt tydligt när myndigheter behöver samverka och där de omedelbara förutsättningarna inte finns för en sådan samverkan. En mångfacetterad fråga som digital mognad kan tas som exempel. Det har

visat sig svårt att via de vanliga styrmedlen i form av t ex regleringsbrev och myndighets-dialoger öka digitaliseringen, höja den digitala kompetensen och att skapa tydliga processer för värdeskapande effekter av digitaliseringen. Motsvarande svårigheter kan förväntas när det gäller att öka AI- tillämpningarna i statliga verksamheter.

I kommuner, landsting och regioner är styrningssituationen än mer komplex genom det kommunala självstyret, samtidigt som den genomförda enkäten visar en stor vilja till sam-verkan och utveckling av gemensamma lösningar. En grundläggande utmaning för många kommuner är att utveckla en tillräcklig nivå av digitalisering i sin verksamhet. Det gör att steget mot AI-tillämpningar kan kännas stort och kanske t.o.m. oöverstigligt. Samtidigt är det också så att utvecklingen inom AI sannolikt inte kräver samma stegvisa utveckling som mer traditionell digital utveckling, figur 17.

Figur 17 Traditionell digital utvecklingsresa – skillnaden mot AI är att AI kan tillämpas på olika nivåer och på delar av system



Källa: Governo AB

Ifråga om gemensamma satsningar i kommuner och landsting finns stora förhoppningar på SKL (inklusive Inera och Kommentus), som för närvarande är den enda centrala kommunala aktören som skulle kunna bidra till att gemensamma, viktiga projekt genomförs och hanteras i efterföljande förvaltning. Om utvecklingen ska komma från respektive aktör med olikheter mellan lösningar och därmed bristande investeringsvilja från marknaden, finns risken att 290 nyanser av IT kommer att bestå, vilket leder till bristande interoperabilitet på ett antal olika nivåer.

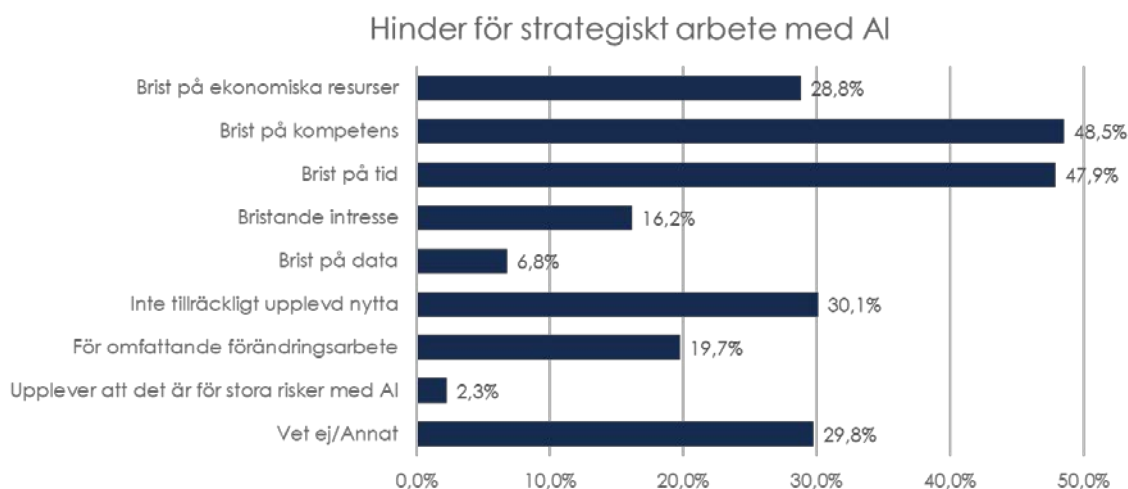
5.3 Kompetens

För att kunna dra nytta av AI krävs kompetens av olika slag för olika roller i en organisation, liksom på nationell nivå (regeringen/regeringskansliet/Sveriges kommuner och landsting). För den organisation som står i begrepp att påbörja sin AI-resa är förmodligen ledningens kompetens den allra viktigaste enligt resonemanget ovan, dvs. ledningen i myndigheter, kommuner, landsting och regioner.

Att både det strategiska arbetet och genomförande av AI-projekt endast sker i liten utsträckning i offentlig verksamhet kan förklaras av den kunskapsbrist som råder inom området. Trots

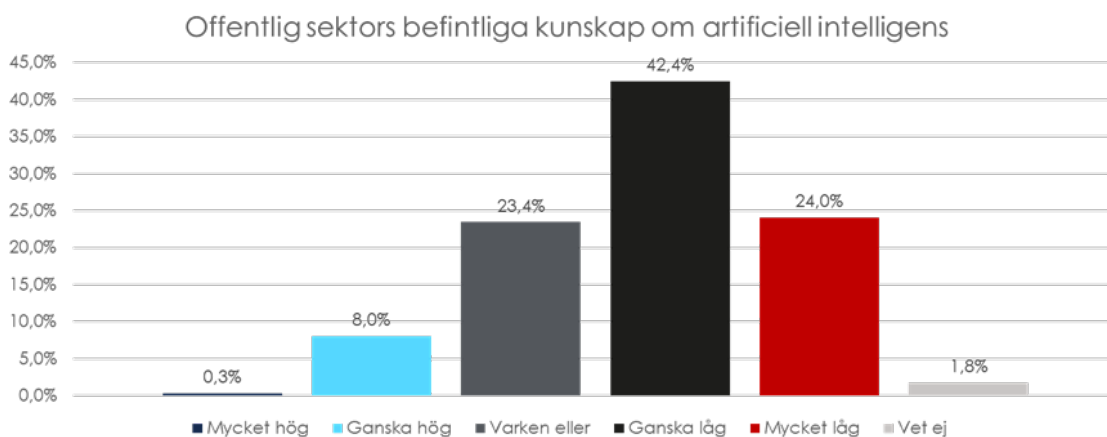
att över 70% av de som besvarat enkäten anser sig själva ha relativ god förståelse för AI (över hälften av dessa anger att de är IT-chef, digitaliseringschef eller liknande) uppger de samtidigt att organisationens övergripande kunskap om AI till en övervägande del är ganska eller mycket låg, figur 18. Här uppger respondenterna i de öppna svarsfälten att de ”i princip inte vet något om vad detta handlar om”, att de upplever att AI är ”flummigt” och att begreppet inte är särskilt väl definierat. Sammantaget framkommer det att det finns utmaningar med att förstå vad AI egentligen handlar om samt vilka användningsområden som kan tänkas vara aktuella för verksamheten.

Figur 18 Resultat från enkätfrågan “Vilken eller vilka är de främsta anledningarna till att det inte finns en strategi/plan för AI i er verksamhet? (flera svarsalternativ möjliga)



Källa: Governo AB

Figur 19 Resultat från enkätfrågan “Hur bedömer du din organisations befintliga kunskap om AI?”



Källa: Governo AB

Samtidigt uppger ett flertal respondenter i de öppna svarsfälten att andra aktiviteter inom digitalisering har högre prioritet, och att de upplever att de måste prioritera basförutsättningarna eller andra mer grundläggande digitaliseringsfrågor före AI. De upplever sig ha ”en lång resa att göra inom digitalisering” och att ”AI behöver komma i fas 2”. I relation till enkätfrågan om olika hinder för organisationens strategiska arbete med AI uppger närmare

hälften av respondenterna att kompetensbrist samt tidsbrist är orsaker till att de inte påbörjat sitt strategiska arbete.

Eftersom möjligheterna för stöd och automation med AI är av en så spridd art har det uppstått tillämpningar som är vitt skilda. Det innebär att även organisationens alla olika delar behöver ha kunskap om AI:s möjligheter inom respektive ansvarsområde. Det gäller inte enbart organisationens huvudprocesser utan också dess stödfunktioner som ekonomi, HR och IT. Dessutom finns behov att ta del av spetskompetens inom AI på såväl strategisk som teknisk nivå. Detta är en brist i Sverige idag.

En organisation med en hög grad av digital mognad har enklare att utnyttja de möjligheter som AI innebär. Det är tydligt när man studerar hur snabbt de digitalt födda företagen kunnat få utväxling av sina satsningar på AI. En organisation som har en utvecklad, spridd och djup erfarenhet av agilt arbetssätt och är van att värdera effekter har lättare att få resultat från AI-investeringar.

I de olika studier som Ekonomistyrningsverket gjort de senaste åren av stora svenska myndigheter visar det sig att det fortfarande finns en stor outnyttjad digitaliseringspotential i många myndigheter. Det finns anledning att tro att situationen i många mindre myndigheter och inom flera kommuner och landsting är minst lika bristfällig. Det är inte bara problematiskt för den allmänna utvecklingen av offentlig verksamhet utan hämmar också möjligheterna att utnyttja den fulla AI-potentialen i samhället.

Här finns också ett glapp i förhållande till Sveriges befolkning, som i olika mätningar anses vara en av världens mest digitalt mogna befolkningar¹³. Sverige används ofta som testmarknad för nya digitala tjänster. Samtidigt kan man förvänta sig att förbättrad kundservice från t ex banker och försäkringsbolag medför ökande krav även på offentliga verksamheter. Om t ex ett komplicerat bankkärende hanteras på någon sekund stiger förväntningarna på ärendehantering även i den offentliga verksamheten.

Dessutom kan privata företag i vissa fall skapa tjänster som påverkar offentlig verksamhet. Det kan vara ett vårdbolag som erbjuder en AI-robot som ger medicinska råd eller medborgare som är professionellt kompetenta inom juridik eller ekonomi och använder färdiga AI-tillämpningar gentemot en kommun. Detta kan ändra förutsättningarna för medborgarkontakter mycket snabbt. Ett tidigt sådant exempel är den ”robotadvokat” en student vid Stanford University gjorde för att överklaga parkeringsböter som på några få dagar överbelastade New Yorks trafikkontor med kvalificerade klagomål.

Enligt World Economic Forum kommer 2 av 3 barn som idag börjar skolan att arbeta inom yrken som ännu inte finns. Med största sannolikhet kommer dessa yrken att vara digitala och ha sin grund i AI. Troligen kommer många av oss behöva lära om under vårt yrkesliv, vilket också ställer nya krav på fortbildning utifrån ett livslångt lärande.

I Finland har man haft programmering i läroplanen i snart 10 år och tar nu nästa steg mot AI i skolan. Detta står i skarp kontrast till Sverige där skolan brottas med vikande kunskapsresultat

¹³ Bland annat i Global Information Technology Report (Insead, World Economic Forum och Samuel Curtis Johnson Graduate School of Management vid Cornell University.)

och en digitalisering som framförallt handlat om tillgång till tekniken, snarare än ett brett införande av digital pedagogik. Omvärldsanalysen visar på mycket goda möjligheter till ett förbättrat och individualiserat lärande. Detta kräver dock ett omfattande utvecklingsarbete på många olika nivåer – nationellt, kommunalt och i varje skola.

Svensk offentlig sektor är en liten marknad för digitala tjänster och system. På grund av den förhållandevis lilla marknaden så blir investeringsviljan från aktörerna begränsad, särskilt i kommunal sektor där kunderna har begränsad betalningsvilja. Detta har sammantaget lett till att det i stora delar av offentlig sektor råder en underinvestering i IT, vilket självfallet också påverkar kommande investeringar i AI.

Dessutom är många av de system som finns skräddarsydda utifrån specialiserad handläggning och lagkrav. Många system har ett antal år på nacken och leverantörerna av dessa system har i stort sett monopol inom sin nisch. Vidare har de offentliga aktörerna olika krav, vilket lett till ett stort antal variationer av samma lösning. Detta har, i sin tur, lett till genererat stora utmaningar när information ska utbytas och ett antal standardiseringsprojekt pågår för att adressera detta.

5.4 Omställnings- och innovationsförmåga

AI möjliggör snabba förändringar, vilket leder till att förväntningar från medborgare och politiker på att offentliga organisationer ska utnyttja möjligheterna kommer att öka. För att kunna göra detta krävs att styrmekanismer, organisation och processer är anpassade till en hög grad av omställningsförmåga. Detta blir en utmaning i offentlig sektor, som behöver parera detta med andra krav, inte minst kopplat till rättssäkerhet.

Eftersom många av de allra tidigaste tillämpningarna av AI kunde associeras med en hög grad av innovationsförmåga har detta delvis levt kvar in i många andra organisationer som nu använder AI. Man ser ibland på de tillämpningar man börjar använda som något innovativt och därmed något som ska hanteras speciellt vad gäller både processer och organisation. Det finns troligen ingen anledning till det längre när man använder färdiga produkter. Däremot kommer sannolikt den mer affärsmässiga och strategiska användningen av AI även fortsatt att kräva en hög grad av affärsmässig innovationsförmåga.

Noteras bör också den potential som finns gällande export av samhällliga AI-lösningar inom exempelvis välfärden. Kombinationen av AI och svenskt kunnande inom välfärdssektorn kan ha en mycket stor potential som tjänsteexport. Eftersom de system som finns inom välfärdssektorn oftast är alltför komplexa för att låta sig beskrivas med enkla regler passar AI särskilt bra för att stödja olika arbetsmoment och för att automatisera andra.

Från ett AI-perspektiv har sjukvården identifierats som den vertikala bransch med allra störst gap mellan vad som kan göras med befintlig AI-teknik och vad som redan är gjort. Till en viss del kan befintliga och kommande specifika AI-produkter användas för att stödja i välfärdssektorn, men för att lösa större komplexa problem inom t ex sjukvården passar troligen kraftfulla generella verktyg bäst. Det innebär i sin tur att samarbeten med de stora plattformslieferantörerna inom AI i ett första skede kan ge stora effektivitetsvinster och kvalitetshöjningar. I ett andra skede kan ett sådant samarbete leda till en stor exportpotential för paketerade tjänster.

Detta kan kräva att diskussioner inleds tidigt med dessa företag för att diskutera potentialen i Sverige som testbädd. En av de första sådana embryon till samarbeten finns på Inera AB där olika tänkbara miljöer för Nya 1177 tas fram.

Den genomförda omvärldsanalysen visar också att vi kan dra lärdom av de större nationella projekten, där offentlig sektor, tillsammans med företag, tagit sig an några av de största välfärdsutmaningarna och med samlad kompetens utvecklat lösningar. Detta är ovanligt i Sverige, sannolikt på grund av hur lagen om offentlig upphandling (LoU) hanteras och på en förhållandevis strikt tillämpning av EU:s upphandlingsdirektiv. Dessutom har de statliga satsningarna på digitalisering varit jämförelsevis små. Den statliga huvudstrategin har varit den som uppstod under 1990-talets bredbandspolitik där marknadens krafter ska styra, medan staten går in när marknaden inte räcker till. Detta har gjort att de viktigaste projekten inte drivits nationellt, utan snarare vissa projekt som handlat om att hantera förutsättningar för digitalisering (exempelvis e-ID). Parallellt med detta har den svenska förvaltningsmodellen bestått, medan man i många andra länder valt att organisera sig i allt större organisatoriska enheter.

5.5 Realisering av AI-potentialen i offentlig verksamhet

Om Sverige som nation och varje myndighet, kommun och landsting ska se AI som nästa fas i samhällsutvecklingen krävs det tydliga strategier som pekar ut riktningen samt styrning som säkrar att utvecklingen går åt rätt håll.

- **Styrning.** De olika statliga styrmedel som finns i form av utnämningar, regleringsbrev och myndighetsdialoger bör utnyttjas för att AI-potentialen ska kunna tas tillvara. För kommuner och landsting behöver SKL eller annan nationell aktör ta en aktiv roll för att driva de viktigaste gemensamma projekten med fokus på gemensam informationsdelning. Vidare behövs styrning i form av finansiering till de viktigaste projekten och i form av kompetenshöjning på samtliga nivåer.
- **Ledarskap.** För att Sverige ska bli framgångsrikt ifråga om AI-tillämpning så krävs ett ledarskap som inte enbart sjesätter och följer upp initiativ på olika nivåer. Det krävs även att ledningar agerar som goda föredömen genom att själv använda AI på ledningsnivå, exempelvis genom beslutsstöd, effektiv möteshantering eller genom andra tillämpningar. Det handlar också om att tillåta pilotprojekt där olika tillämpningar utvecklas, även om de sedan misslyckas.
- **Kompetens på ledningsnivå.** Kunskapen om AI:s möjligheter och konsekvenser för verksamhetskritiska processer bör spridas inom olika ledningsfunktioner i offentlig verksamhet. Här kan initiativ motsvarande Decoding X (SSE Executive Educations) vara ett alternativ för att snabbt höja kunskapen i denna målgrupp. Ett sätt att höja kunskapen bland politiker kan vara att bygga på SKL:s initiativ Smartare Valfärd med ytterligare moduler inriktade mot just AI.
- **Skola och utbildning.** AI och automation påverkar redan behovet av olika kompetenser och förmågor i arbetslivet i många länder. Det finns goda skäl till att närmare analysera vad detta innebär för hela utbildningssektorn och hur dagens skola med stöd av AI kan skapa arbetstillfällen i framtidens Sverige. Här har World Economic Forum definierat vilka förmågor som kommer behövas i framtidens samhälle. Dessa förmågor måste utvecklas i svensk skola, där digitalisering och AI kan erbjuda ett individualiserat lärande. För att göra denna omställning behöver regeringen använda samtliga styrmedel som står till buds, där Skolverket, kommunernas utbildningsförvaltningar, respektive skola och inte minst Lärarhögskolan har centrala roller. Därtill behöver analyser genomföras kring hur fortbildning och annan kompetensutveckling kan ske för medarbetare i organisationer som behöver ställa om.
- **Spetskompetens inom AI.** Sverige kommer sannolikt att ha mycket svårt att konkurrera om spetskompetens inom AI. Det gäller bl. a. teknisk, juridisk, etisk och affärsmässig kompetens inom AI.

Det kan medföra att även de största offentliga organisationerna kan få svårt att genomföra viktiga projekt. Därför bör olika åtgärder för att råda bot på denna brist genomföras. Åtgärder kan t. ex. vara kortare utbildningar, specialistvisum för AI-experter eller samarbeten med de stora leverantörerna och universiteten. Här kan det finnas skäl att överväga en större utbildningsinsats i närtid, med inspiration exempelvis från MOOCs (Massive Open Online Courses). Det kan också vara att, liksom i t. ex. Kanada, koncentrera den forskning som finns till större universitet för att uppnå en kritisk massa och locka forskare och företag från andra länder. Det kan också finnas möjligheter i att etablera ett policy- eller labbcenter med fokus just på AI i offentlig sektor, där offentliga aktörer, forskning och näringsliv kan mötas och gemensamt utveckla tjänster och analysera området.

- **Hantering av data.** Sverige har en lång tradition av hantering av offentliga data. Mycket av denna data kan komma till användning för olika AI-tillämpningar. För att möjliggöra det bör såväl kvantitet som kvalitet på data säkras. Mycket av det arbetet kan göras inom respektive organisation, men AI-perspektivet behöver också inkluderas i de pågående projekt som finns kring informationsutbyte exempelvis inom vården. En utmaning här kommer att vara de verksamhetssystem i offentlig sektor som idag kapslar in informationen och därmed försvårar informationsutbyte. Detta gäller särskilt i kommunerna, som å andra sidan använder ett fåtal system inom respektive område, vilket gör att gemensamma initiativ exempelvis via SKL eller annan nationell aktör kan initieras. Drivkrafter, metodik och kunskaper om potentiella tillämpningar bör också spridas från centralt håll, exempelvis från det policylab som föreslås ovan. Även möjligheterna att anonymisera data i syfte att kunna användas i olika tillämpningar bör analyseras. För lokala aktörer gäller det att kartlägga dagens informationshantering och tillgång på data, för att kunna nyttja detta i kommande tjänsteutveckling samt för att få fördjupade insikter.
- **Teknik.** Många tekniska lösningar för AI finns redan, både genom de stora internationella aktörerna som Google, Amazon, Microsoft och IBM men också genom nischade lösningar från mindre aktörer. Här vore det intressant att se hur samarbeten mellan dessa aktörer och några av de större myndigheterna och landstingen kan utvecklas, i form av både bredd- och nischprojekt. För lokala aktörer kan det finnas en vits att både testa enkla och kostnadseffektiva lösningar, samt att reflektera över olika alternativa plattformar för organisationens kärnprocesser. Tekniken medför också möjligheter att data kan utnyttjas på otillbörligt och ibland också lagstridigt sett. Vi har på senare tid sett tillämpningar som publicerar desinformation, påverkar val och på andra sätt hotar demokratin. Det finns således ett antal hot utifrån AI som också bör analyseras, i form av en fördjupad studie.
- **Algoritmer** får en allt större betydelse i våra liv. Kreditbedömningar, diagnoser, val av nyheter och förslag på produkter att köpa är bara några exempel. I allt fler fall används AI för detta. Den teknik som då oftast används är inte anpassad att ge förklaringar eftersom den inte bygger på explicit kunskap. Samtidigt ökar allmänhetens och politikernas krav på transparens i dessa system. I detta finns en inneboende målkonflikt mellan å ena sidan kvalitet på rekommendationer, prognoser, diagnoser och beslutstöd och å andra sidan transparens. Vad denna målkonflikt innebär för offentlig sektor bör analyseras och avvägas för olika situationer inom exempelvis sjukvård, konsumentupplysning, bidrag och kontroll.
- **Synergieffekter med annan, närliggande teknik.** Det pågår som påvisats i enkäten olika aktiviteter inom svensk offentlig sektor med bl. a. blockchain-teknik, sakernas internet, RPA och annan teknik för automation. Det kan här finnas anledning att analysera vilka synergieffekter dessa aktiviteter kan få tillsammans med AI i Sverige.
- **Omställnings- och innovationsförmåga.** För att offentlig sektor ska kunna dra nytta av AI krävs en mycket hög grad av omställningsförmåga. Eftersom många arbetsuppgifter påverkas i grunden och några uppgifter helt automatiseras med AI krävs inte bara vidareutbildning och annan omställning av personal utan hela organisationens struktur påverkas inklusive processer och styrformer. Inte minst innebär detta stora krav på personalavdelningar. AI kan här bidra till att hantera den befolkningsutmaning som bl.a. SKL påtalar där allt fler äldre kommer behöva vård, stöd och omsorg framöver. Detta område kräver närmare analys utifrån ett sysselsättningsperspektiv.

Ett viktigt perspektiv är också den nationella omställningsförmågan. Offentlig sektor idag är duktiga på den löpande förvaltningen, samt i många fall att hantera krissituationer. Däremot blir det utmanade när det handlar om att göra större systemförändringar med påverkan på organisatoriska gränser och helt nya arbetssätt. En del i omställningsförmågan utgörs av aktiv omvärldsbevakning. I Europa och Sverige lägger offentliga aktörer förhållandevis lite tid och resurser på omvärldsbevakning, vilket torde bero på framförallt knappa resurser men också att det tidigare inte funnits något utvecklingsområde som påverkat en organisation så brett och med sådan hastigt som nu AI gör. Viktiga områden för omvärldsbevakning och genomgripande systemanalyser är:

- **Samarbeten inom svensk offentlig sektor.** I flera fall finns anledning att analysera möjligheterna till gemensamma tillämpningar. Det gäller exempelvis kundtjänster och chattbotar, men också stora delar av det kommunala och landstings-kommunala tjänsteutbudet. Dels finns troligen ekonomiska och kvalitetsskäl till att flera organisationer går samman men framförallt kan medborgare dra nytta av den enkelhet detta kan medföra. Här behövs styrning från nationell nivå för att få till de mest kritiska projekten, liksom en från början tydlig idé om hur knäckfrågor i både projekt- och förvaltningsfas ska hanteras.
- **Internationella samarbeten.** Eftersom det allra mesta som sker inom AI sker utanför Sverige bör man från svensk sida på olika nivåer (t.ex. regeringsnivå men också i konstellationer av olika parter) söka internationella samarbeten. Det kan vara bilaterala och multilaterala samarbeten och överenskommelser inom AI men också mellan olika organisationer med samma uppdrag i olika länder (t.ex. skattemyndigheter). Dessutom bör svensk offentlig sektor ha ett nära samarbete och utbyte med både svenska företag inom AI och de stora aktörerna i bl. a. USA och Kina. Här kan gemensamma lärresor vara ett bra första steg mot sådana samarbeten.

6 Samhälleliga utmaningar med AI

En kraftig ökning av AI-tillämpningar i näringsliv, offentlig verksamhet och samhället i stort har inte bara potential att ge ökad kvalitet och effektivitet i olika verksamheter respektive ökad tillväxt och ekonomiskt välbefinnande i samhället. En sådan utveckling kommer också att generera samhälleliga utmaningar i de utvecklings- och omställningsprocesser som blir nödvändiga för att åstadkomma dessa positiva effekter.

Viktiga samhälleliga utmaningar kommer att vara kopplade till:

- Arbetslöshet genom en snabb förändring av arbetsuppgifter och jobb i samhället.
- Äganderätt till individdata och utmaningar med personlig integritet och etik.
- Ledarskap och omställningsförmåga i företag, offentliga verksamheter och policysystem.
- Risker för tillämpning av omogna AI-lösningar baserade på felaktiga data och algoritmer.
- Risker för affärsmonopol för ett fåtal teknikföretag, bl.a. baserat på datamonopol.
- Risker för medveten datamanipulering för att påverka verksamheter och samhällen negativt.

Kunskaperna om hur en ökande AI-användning kan komma att påverka samhällsutvecklingen och vilka åtgärder som kan bidra till att minimera de negativa effekterna måste betraktas som mycket outvecklade. Analyser som ligger till grund för olika policyområden görs ofta med alltför snäva systemperspektiv kopplade till specifika politikområden och smala frågeställningar, De baseras också oftast på analyskompetenser med alltför smal metodrepertoar för att göra nödvändiga systemanalyser.

Samtidigt som insatser görs för att främja användning av AI behöver forskning, analyskapacitet och analysprocesser för systemanalyser utvecklas väsentligt. Kompetensutveckling kring samhällsaspekter av AI behöver också kraftigt förstärkas. Förmåga till ledarskap och förmåga till verksamhetsomställning i olika organisationer och i samhället i sin helhet kommer i det sammanhanget att behöva stärkas väsentligt. Det gäller både ifråga om drivkrafter för och kompetens hos ledande företrädare för olika offentliga och privata aktörer.

6.1 Jobbscenarier kopplat till automatisering och AI

Nettoeffekterna för ekonomin i stort av kraftigt ökade AI-tillämpningar är mycket osäkra, men baserat på tidigare historisk utveckling och nyare scenarier finns det inte anledning att tro att skapandet av nya jobb totalt sett kommer att vara långsammare än takten i de arbetsuppgifter och jobb som försvinner.

Denna slutsats drar även van der Zande m.fl., Stockholm School of Economics, i en rapport från januari 2018. Baserat på en genomgång av olika studier konstaterar författarna:

“Many activities can currently not be substituted by machines, and machines are not capable of performing several types of activities in an integrated way (Manyika et al., 2017; Autor, 2015). Hence, they are generally not capable of substituting labor for entire jobs, which usually include many bundled activities. Rather, to determine the

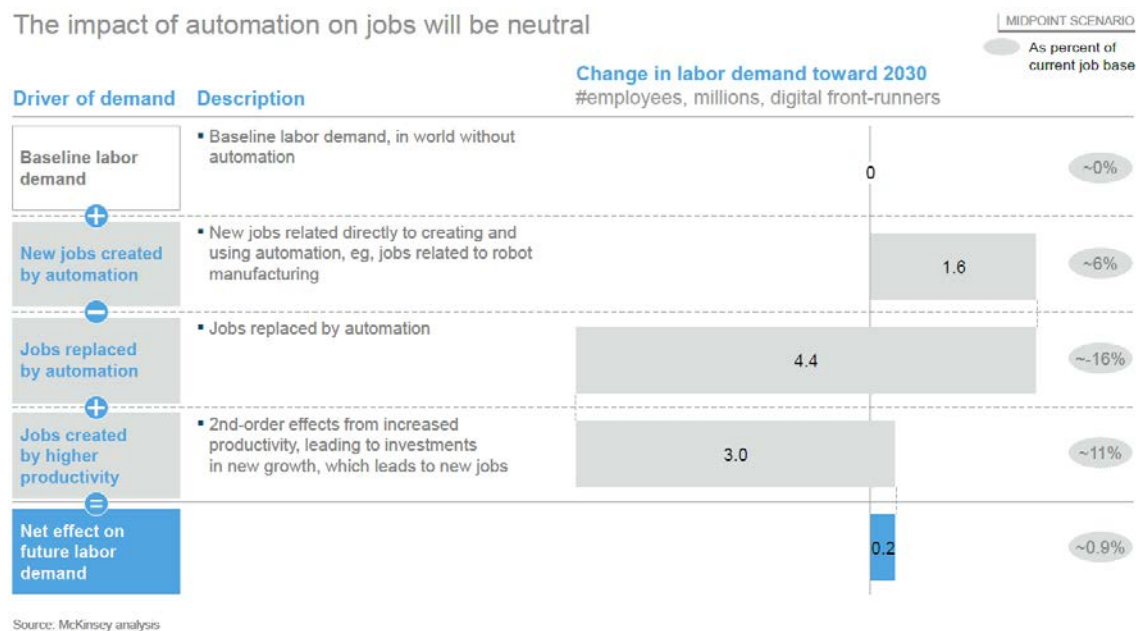
substitution potential of a particular job, it is better to focus on the substitution of the individual activities within that job. A large body of research aligns with this approach and suggests that technology will take over significant parts of every job across all industries and levels of society (Manyika et al., 2017; Arntz et al., 2016; OECD, 2016).”¹⁴

Även om den totala sysselsättningsutvecklingen skulle bli neutral så kommer jobbdynamiken att öka avsevärt i takt med ökade AI-tillämpningar i näringsliv och offentlig verksamhet.

”What is certain is that technology will cause large labor displacements, especially in high-routine occupation categories. Organizations and employees will need to increase their focus on education and training in order to be able to keep up with the increasing pace of change.”¹⁵

Många arbetsuppgifter kommer således att påverkas. Det kommer att väsentligt öka kraven på och förmågan till omställning för individer och verksamheter, figur 20 och 21.

Figur 20 Figuren beskriver ett scenario där den totala sysselsättningsutvecklingen förväntas bli neutral



Källa: McKinseyCompany, Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe’s digital front-runners, October 2017

Kommentar: De nio länder tillväxtscenarierna avser är: Belgien, Estland, Finland, Irland, Luxemburg, Nederländerna, Norge och Sverige.

¹⁴ Van der Zande, J., Teigland, K., Siri, S. och Teigland R., Substitution of Labor, From technological feasibility to other factors influencing job automation, Innovative Internet: Report 5, Stockholm School of Economics, Jan. 2018, s.38

¹⁵ Ibid s.43

Figur 21 Övergripande arbetsmarknadsscenario 2016-2030 kopplat till automatisering och AI

Labor force impact	Historic trend 1990-2016, %	Baseline without automation 2016-2030, %	Economy with automation ³ 2016-2030, %
Reskilling need	1.4%	1.4%	2.7%
Skill inequality ²	5%	2%	13%
Share of digital jobs ⁴	8%	8%	19%
Share of tasks less prone to automation	39%	39%	49%

Källa: McKinsey-Company, *Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe's digital front-runners*, October 2017

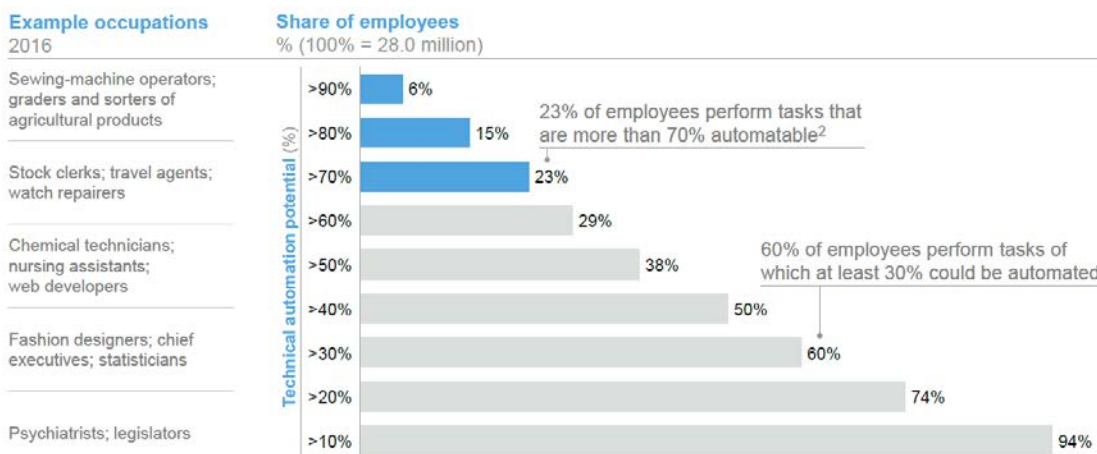
Kommentar: De nio länder scenarierna avser är: Belgien, Estland, Finland, Irland, Luxemburg, Nederländerna, Norge och Sverige.

Den förväntade jobbdynamiken kommer att påverka olika näringsgrenar på olika sätt och i olika omfattning, figur 22.

Figur 22 Scenario över olika typer av arbetsuppgifter som påverkas av automatiseringen

Automation will affect almost all employees

Automation potential based on demonstrated technology in the 9 digital front-runner countries (cumulative)¹



¹We define automation potential according to the work activities that can be automated by adapting currently demonstrated technology.

²Share of jobs at risk of job loss by country. Luxembourg 18%, Denmark 19%, Norway 19%, Belgium 21%, Ireland 22%, Netherlands 23%, Finland 26%, Estonia 27%

Source: McKinsey Global Institute

Källa: McKinsey-Company, *Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe's digital front-runners*, October 2017

Kommentar: De nio länder scenarierna avser är: Belgien, Estland, Finland, Irland, Luxemburg, Nederländerna, Norge och Sverige.

Denna utveckling kommer att ställa mycket höga krav på innovationsledarskap, förmåga till verksamhetsomställning och kapacitet att stödja individer i omställning och kompetensuppgadering. Det kommer därför att vara av avgörande betydelse att drivkrafter, kompetens och andra förutsättningar för sådan omställningsförmåga stärks väsentligt. Van der Zande m.fl. konstaterar:

“.... the adoption of labor-substituting technology often leads to short-term unemployment and subsequently a period in which people need to re-educate themselves. However, as the pace of technological change and adoption is increasing, the question is whether the educational and training systems can keep pace. This is particularly difficult for people at the low-end of the skill spectrum.”¹⁶

I en studie av Sverige drar Manyika m.fl. slutsatsen att totalt 46 procent av alla arbetsuppgifter i Sverige skulle kunna automatiseras, vilket skulle beröra ca 2,1 miljoner i arbetskraften. Fyra näringsgrenar har enligt dessa författare den största potentialen för automatisering av arbetsuppgifter i Sverige¹⁷:

- Tillverkning
- Gruvdrift
- Transporter
- Lagertjänster

Näringsgrenar med lägst automatiseringspotential enligt Manyika m.fl. är:

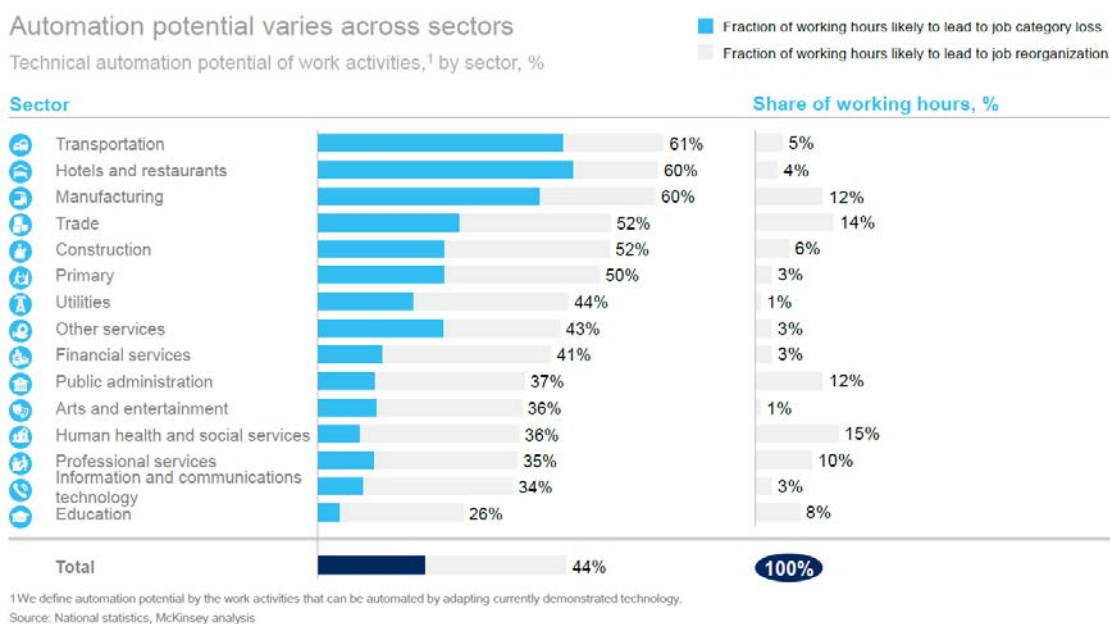
- Utbildning
- Informationssektorn
- Konstsektorn
- Underhållning
- Rekreationstjänster

McKinsey & Company gör en till stora delar liknande, men inte identisk, bedömning, figur 23.

¹⁶ Ibid, s.51

¹⁷ Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. and Dewhurst, M., (2017), Harnessing automation for a future that works. [online] McKinsey & Company. Available at: <<https://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>> [Accessed 6 april, 2018]

Figur 23 Scenario över automatiseringens påverkan på sysselsättningen i olika näringsgrenar



Källa: McKinsey&Company, *Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe's digital front-runners*, October 2017

Kommentar: De nio länder scenarierna avser är: Belgien, Estland, Finland, Irland, Luxemburg, Nederländerna, Norge och Sverige.

6.2 Samhällsrisker kopplade till missbruk av AI

Data är en fundamental faktor i AI-utveckling och AI-tillämpningar. Datatillgång, datakvalitet och förmåga att dra slutsatser av data blir i det sammanhanget av avgörande betydelse. I det sammanhanget finns, till exempel risker för felaktiga slutsatser och slutsatser baserade på felaktiga data, bland annat på grund av för små dataset och oförmåga att hantera icke-stationära fenomen som förändras över tid. De närmast obegränsade resurser som finns hos de ledande teknikföretagen i USA och Kina och den till synes växande marknadsdominans och dominans ifråga om datatillgång som dessa uppvisar upplevs i de flesta länder som ett hot och har manat fram nationella initiativ för att försöka stärka det egna landets position.

Samtidigt som AI kan användas för värdeskapande, effektivitet och för att möta samhällsutmaningar kan AI också utnyttjas för att skada verksamheter, individer och samhället i stort. Det ligger betydande risker i att data medvetet manipuleras så att fel slutsatser dras. Det är mycket svårt att förutse hur olika negativa användningar AI kan komma att gestalta sig. Artificiell intelligens och maskinlärning förändrar emellertid påtagligt säkerhetslandskapet för individer, organisationer och samhällen. Medvetet missbruk av AI kan komma att allvarligt hota:

- Digital säkerhet
- Fysisk säkerhet
- Politisk säkerhet

En genomgripande analys av vilka utmaningar som kan komma att utveckla sig och vilka principer som bör vägleda hanteringen av sådana risker har nyligen genomförts av Brundage

med flera i ett samarbete mellan en lång rad institutioner¹⁸. Författarna identifierar följande övergripande risktendenser kopplat till ökad AI-användning:

“Expansion of existing threats. The costs of attacks may be lowered by the scalable use of AI systems to complete tasks that would ordinarily require human labor, intelligence and expertise. A natural effect would be to expand the set of actors who can carry out particular attacks, the rate at which they can carry out these attacks, and the set of potential targets.”

“Introduction of new threats. New attacks may arise through the use of AI systems to complete tasks that would be otherwise impractical for humans. In addition, malicious actors may exploit the vulnerabilities of AI systems deployed by defenders.”

“Change to the typical character of threats. We believe there is reason to expect attacks enabled by the growing use of AI to be especially effective, finely targeted, difficult to attribute, and likely to exploit vulnerabilities in AI systems.”

De grundläggande orsakerna till dessa risker med AI ligger i grunden i samma karakteristika som de som är grunden för AI:s potential för värdeskapande och effektivitet så stor. Riskerna ligger i följande karakteristika med AI och AI-utvecklingen:

“AI is a dual-use area of technology. AI systems and the knowledge of how to design them can be put toward both civilian and military uses, and toward beneficial and harmful ends.

AI systems are commonly both efficient and scalable. An AI system is “efficient” if, once trained and deployed, it can complete a certain task more quickly or cheaply than a human could.

AI systems can exceed human capabilities. In particular, an AI system may be able to perform a given task better than any human could.

AI systems can increase anonymity and psychological distance. AI systems can allow the actors to retain their anonymity and psychological distance from the people they impact.

AI developments lend themselves to rapid diffusion. Many new AI algorithms are reproduced in a matter of days or weeks. [And], the culture of AI research is characterized by openness.

Today’s AI systems suffer from a number of novel unresolved vulnerabilities. These include data poisoning attacks flaws in autonomous systems’ goals.”

Författarna ger följande övergripande policyrekommendationer¹⁹:

“Policymakers should collaborate closely with technical researchers to investigate, prevent, and mitigate potential malicious uses of AI.

Researchers and engineers in artificial intelligence should take the dual-use nature of their work seriously, allowing misuse-related considerations to influence research

¹⁸ Brundage, M, et. al. (2018), The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention and Mitigation: Forecasting, Prevention and Mitigation.

¹⁹ Brundage, M, et. al, 2018.

priorities and norms, and proactively reaching out to relevant actors when harmful applications are foreseeable.

Best practices should be identified in research areas with more mature methods for addressing dual-use concerns, such as computer security, and imported where applicable to the case of AI.

Actively seek to expand the range of stakeholders and domain experts involved in discussions of these challenges.”

Kunskaperna om hur en ökande användning av AI kan komma att påverka samhällsutvecklingen och vilka åtgärder som kan bidra till att minimera de negativa effekterna måste fortfarande betraktas som utomordentligt rudimentära. Samtidigt som insatser görs för att främja användning av AI måste forskning och annan kunskapsutveckling kring samhällsaspekter av AI kraftigt förstärkas.

6.3 Regulatorisk utveckling kopplad till AI

Regulatorisk utveckling för data och datatillgång kommer att vara av avgörande betydelse för att realisera AI-potentialen i samhället. Den regulatoriska utvecklingen måste balansera fundamentala behov av integritetsskydd, etisk datahantering och samhällsskydd med nödvändig tillgång till data för utveckling av värdeskapande AI-tillämpningar.

“Robust mechanisms for addressing risks, benefits and ethical issues are not yet institutionalised (Calo, 2014). This is, in part, because AI is still being developed, and because wide and diverse applications make a comprehensive regulatory framework difficult. Moreover, some view policy interventions around AI with scepticism, arguing that it is too early for AI policy (McAfee, 2015), and that intervention could hamper technological development and the potential benefits to society (Brundage and Bryson, forthcoming).”²⁰

För att åstadkomma den nödvändiga regulatoriska utvecklingen kring AI behöver drivkrafter och kompetenser hos myndigheter och expertis med ansvar för regleringar och regelövervakning om AI och databehov i innovationsprocesser öka väsentligt. Ett viktigt led i detta är att dessa myndigheter och experter samverkar direkt i FoU- och innovationsprocesser där nya AI-tillämpningar utvecklas.

Den nya dataskyddsförordningen (GDPR) inom EU för skydd av personuppgifter är en mycket viktig regulatorisk utveckling.

”Ett av syftena med dataskyddsförordningen att skydda enskildas grundläggande rättigheter och friheter, särskilt deras rätt till skydd av personuppgifter.... grundläggande bestämmelser om rätt till privatliv och skydd för personuppgifter ligger till grund för närmare lagstiftning om behandling av personuppgifter, såväl i det nu gällande dataskyddsdirektivet 95/46/EU – vilket har genomförts i Sverige genom personuppgiftslagen – och i den nya dataskyddsförordningen.... Dataskyddsförordningen har också till syfte att skapa en enhetlig och likvärdig nivå för skyddet av personuppgifter inom EU så att det fria flödet av uppgifter inom unionen inte hindras. Detta uppnås genom att förordningen är direkt tillämplig i de olika medlemsstaterna

²⁰ OECD, 2017, s.282-283

och att samma regler gäller inom hela unionen. Andra syften med att ta fram en ny dataskyddsförordning har varit att modernisera dataskyddsdirektivets regler från 1995 och att anpassa dessa till det nya digitala samhället.”²¹

Hur olika aktörer förmår att tolka och omsätta GDPR i sina olika verksamheter och i samhället i stort kommer att vara en mycket viktig process för den värdeskapande potentialen med AI i Sverige och för hanteringen av potentiella risker med AI.

²¹ Datainspektionen, <https://www.datainspektionen.se/dataskyddsreformen/dataskyddsförordningen/introduktion-till-dataskyddsförordningen/dataskyddsförordningens-syfte/>, 2018-04-08

7 Sveriges ekosystem av företag för AI-relaterad innovation

Med den korta tid som stått till buds för att färdigställa föreliggande rapport har det inte varit möjligt att ge en väl täckande bild av AI-baserad verksamhet i svenskt näringsliv. I Kapitel 4 har en översiktlig genomgång gjorts av förutsättningarna för sådan verksamhet inom olika delar av näringslivet. Denna genomgång baserades på enkäter till och intervjuer med olika företag i Sverige, SWOT-analyser från olika företagskonstellationer samt synpunkter från företag och andra aktörer i samband med en workshop som Vinnova anordnade 13 april 2018. Detta underlag har kombinerats med den kunskap som finns på Vinnova från de AI-relaterade projekt som myndigheten finansierat.

I detta kapitel görs ett försök att närmare redovisa olika typer av företags engagemang i AI-relaterad utveckling samt översiktligt diskutera kopplingarna mellan olika typer av företag. Utöver de källor som nämnts ovan har en särskild analys gjorts av svensk medverkan i AI-relaterad patentering. Resultatet av denna analys redovisas i detalj i bilaga 1 till denna rapport och sammanfattas i detta kapitel. Vidare har data från arbetsförmedlingens databas över platsannonser analyserats 2011-2017. Dessa data har fördelen att de har bred täckning. De har kompletterats med en sammanställning av AI-företag i Sverige från Nordic Tech List, information från enskilda företags websidor samt från allmän nyhetsrapportering i öppna media.

7.1 Svensk medverkan i patentering inom AI-området

I samarbete med Teqmine Analytics Oy har svenska aktörers patentering inom AI studerats. Teqmine har skapat en databas över patentansökningar till European Patent Office (EPO), United States Patent and Trademark Office (USPTO) and World Intellectual Property Organization (WIPO). Huvuddelen av svensk medverkan för internationella marknader bedöms täckas av ansökningar till dessa patentkontor. Detsamma torde gälla för andra länder i Europa och Nordamerika, medan täckningen kan förväntas vara sämre för länder i Asien.

Urvalet av patentansökningar är baserad på en fritextsökning med AI-relaterade nyckelord i den fullständiga texten för alla patentansökningar till de tre patentkontoren.²² Som svenska patent har definierats patent där minst en av uppfinnarna ("inventors") har uppgivit svensk adress i patentansökan. Den som står sökande ("assignee") på en patentansökan är oftast en organisation, men i en del fall kan det röra sig om en enskild uppfinnare.

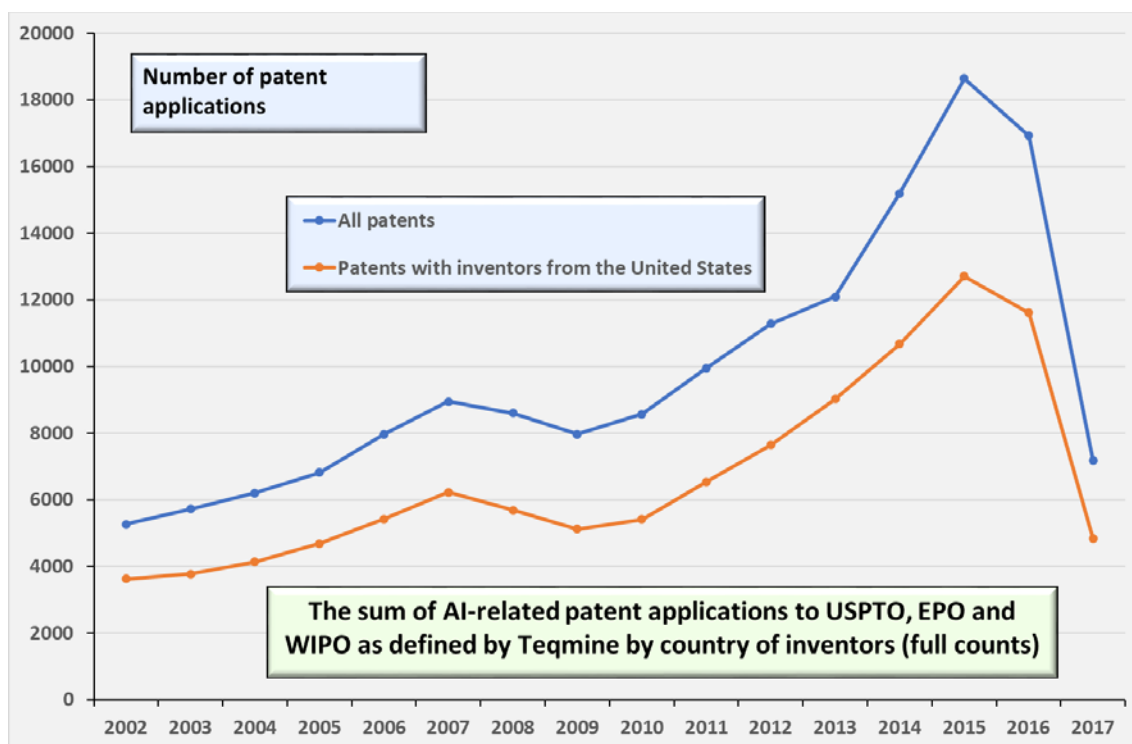
Behandling av patentansökningar tar ofta flera år vilket påverkar när och hur fullständigt olika typer av information blir tillgänglig. Tiden från inlämnad ansökan till publicering av ansökan skiljer sig dessutom mellan de olika patentkontoren. De data som analyserats avser

²² Följande nyckelord har använts: artificial intelligence; learning algorithm; machine learning; unsupervised learning; neural network; self-organizing map; self-organizing feature map; kohonen map; bayes classification; support vector machine; clustering algorithm; markov model; random forest; hidden forest; bayesian statistics; classification engine.

patentansökningar som publicerats vid utgången av år 2017, vilket innebär att merparten av ansökningar inlämnade 2017 saknas och detsamma gäller för en inte obetydlig del av ansökningarna från 2016. Även vissa ansökningar från tidigare år kan saknas. För patentansökningar som publicerats under de senaste par åren saknas fortfarande i en hel del fall information om "assignee".

AI-relaterade patentansökningar har ökat kraftigt sedan 2010 och tillväxten har accelererat ytterligare fr.o.m. 2014, figur 24. Ofullständiga data för 2016 och 2017 gör att tillväxten för dessa år ännu inte kan bedömas.

Figur 24 Antal AI-relaterade patentansökningar inlämnade till USPTO, EPO och WIPO som hade publicerats vid utgången av 2017 efter år då ansökan inlämnades



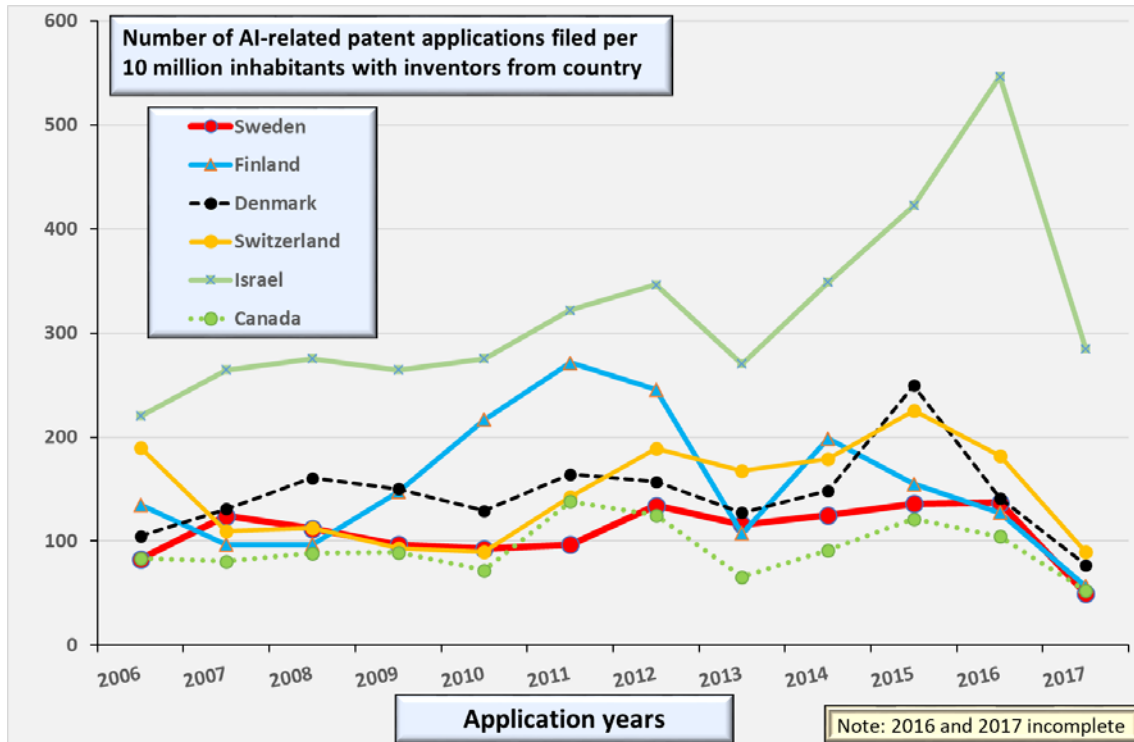
Källa: Teqmine och Vinnova

Andelen patentansökningar med åtminstone en uppfinnare från Sverige var 2006-2011 ca 1,1 procent men sjönk till 0,8 procent 2012-2017. Givet att ett patent kan innehålla uppfinnare från flera länder är den svenska andelen relativt blygsam och Sverige har uppenbarligen inte heller fullt ut hängt med i den snabba tillväxt som skett under de senaste åren. För att ytterligare belysa Sveriges position har en jämförelse gjorts med utvecklingen i Finland, Danmark, Schweiz, Israel, Singapore och Kanada, figur 25. Jämförelsen ger ytterligare stöd för bilden av Sverige i en modest position både vad gäller nivå och utveckling åtminstone fram t.o.m. 2015. Data för 2016 och 2017 är fortfarande för ofullständiga för att tillåta några säkra slutsatser. Bland de jämförda länderna är Israels utveckling mycket imponerande.

En påtaglig breddning av AI-patenteringen till fler organisationer, varav flertalet är företag, ägde rum 2015 och 2016, figur 26. Ökningen 2016 kommer med största sannolikhet att visa sig

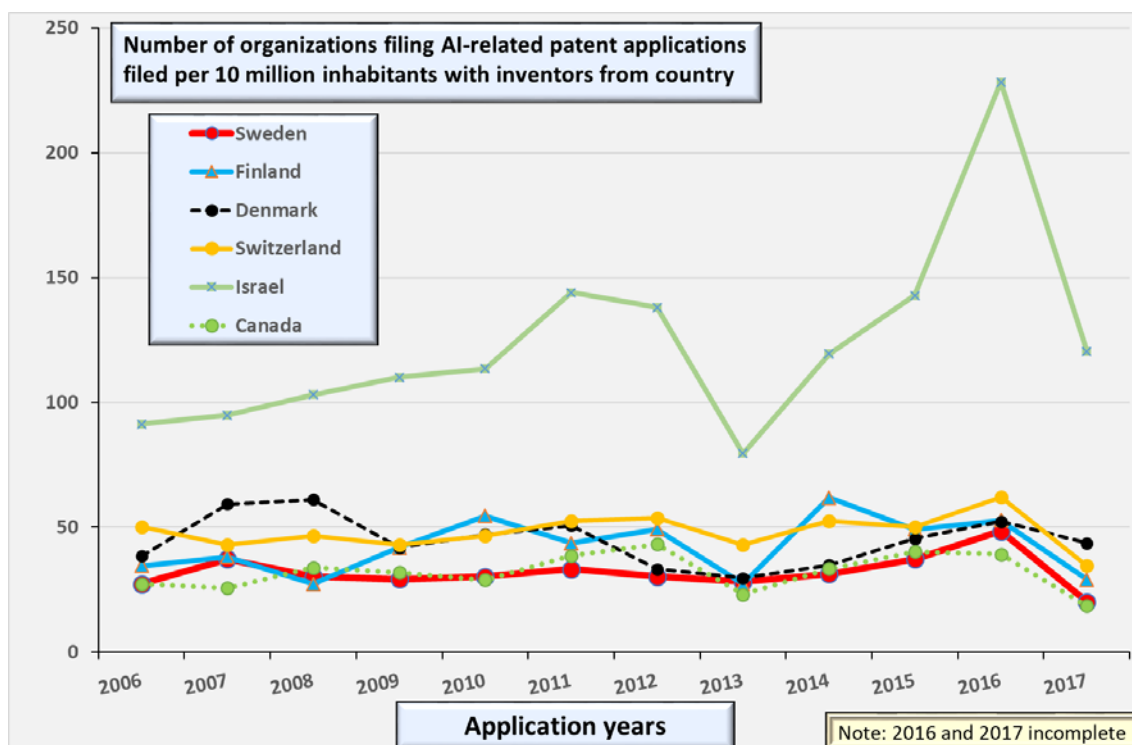
vara ännu större än vad som framgår av figur 26 när fullständiga data över "assignee" föreligger.

Figur 25 AI-relaterade patentansökningar 2006-2017 med uppfinnare från Sverige och fem andra länder per 10 miljoner för respektive land och år för inlämnad ansökan



Källa: Teqmine och Vinnova

Figur 26 Antal organisationer som ansökt om AI-relaterade patent 2006-2017 med minst en uppfinnare från Sverige och fem andra länder per 10 miljoner invånare för respektive land och år för inlämnad ansökan



Källa: Teqmine och Vinnova

Teqmine har med hjälp av maskininlärning gjort en områdesindelning av AI-patenten i 30 kluster. Klustren varierar i storlek och tillväxttakt. I Tabell 3 redovisas antalet patent för respektive kluster för perioderna 2006-2011 och 2012-2017. Dessutom redovisas dels andelen patentansökningar med uppfinnare från Sverige, dels Sveriges position i förhållande till Finland, Danmark, Schweiz, Israel och Kanada beräknad per capita. I tabellen listas också enskilda företag som assignees med minst 4 patentansökningar med uppfinnare från Sverige inom respektive patentkluster. I Tabell 4 återfinns en mer fullständig lista på företag med svenska uppfinnare.

Tabell 3 Sveriges relativa position i AI-relaterad patentering i global jämförelse och jämfört med Finland, Danmark, Schweiz, Israel and Kanada för 30 patentkluster

Topic Area	World Total		Sweden's share of World total (%)		Sweden's per capita rank among 6 countries		Assignee organizations with at least 4 patent applications with Swedish inventors 2006-2017
	2006-17 (number)	Increase from 2006-11 to 2012-2017 (%)	2006-11	2012-17	2006-11	2012-17	
Human-Computer Interaction	9632	322	2,3	0,9	4	3	Sony; Assa Abloy; FlatFrog; Ericsson; Huawei
Smart Traffic	5980	137	2,0	1,1	2	2	AB Volvo; Ericsson; Volvo Cars; Husqvarna
Data Science: Modelling-Training-Learning-Classification	6335	118	1,1	0,9	3	4	Ericsson
Electricity - Grids - Therapy - Misc (change name)	3340	115	1,5	0,5	4	5	
Computer Memory and Processing	12981	111	0,2	0,5	6	4	Ericsson; QlikTech; Microsoft; Assa Abloy
Mechanical Sensors	3201	88	1,3	0,5	5	6	
Computer Networks	3627	86	2,0	2,8	2	2	Ericsson
Payment and Transaction Processing	11185	82	0,3	0,2	6	5	
Health and Patient Systems	3374	73	0,7	0,4	5	6	Elektro
VR/AR and Wearable Sensors	3321	68	0,6	0,8	5	5	Tobii
Radiation Therapy - Light - Misc (change name)	3654	66	1,3	0,9	3	3	FlatFrog; Sensa Bues
Natural Language Processing	7976	53	0,4	0,1	5	6	
Signal Processing (Radio)	4508	46	1,4	1,6	5	2	FlatFrog; ABB
Information Search and Recommendations	9648	46	0,7	0,6	5	4	Ericsson; Sony; Spotify
Cameras and Image Processing	9201	46	1,0	0,7	4	5	Tobii; Autoliv; Ericsson; Exini Diagnostics
Industrial Process Control	2698	30	0,9	1,4	5	4	Ericsson
Nanotechnology for Semiconductors	1391	29	1,0	0,1	4	5	
Cellular Network Management (Radio)	2698	28	1,1	4,3	3	1	Ericsson; Assa Abloy
Combustion Engines - (Gas - Oil - Fuel) (change name)	2494	25	1,9	0,3	4	6	AB Volvo
Gene Technology 2	1678	24	1,2	0,3	6	5	
Speech & Sound Recognition	3698	21	1,6	1,2	5	4	Ericsson; Dolby; Google; Sony
Health Diagnostic - Biomarkers (Personal Health?)	3304	12	1,9	1,4	5	4	GE Healthcare; Immunovia; Sensa Bues; AstraZeneca
Drug Modelling and AI for Pharmaceuticals	4053	-1	2,3	0,9	4	4	AstraZeneca; Immunovia; Apodemus
Clustering Algorithms	6200	-5	2,9	1,2	2	4	Ericsson; FlatFrog; Scania
Document Identification - Authentication - Translation	2123	-7	1,1	0,4	3	5	GE Healthcare
Genetic Cancer Testing	2090	-9	0,8	1,6	6	3	Immunovia
Gene Technology 1 (DNA Sequence Modelling)	3194	-25	0,4	0,4	5	6	Novozymes; Henkel AG & Co. KGaA
Horticulture and Agriculture	143	31	(too few patent applications in 6 countries)				
Digital Data Processing	3658	33	(too few patent applications in 6 countries)				
Virtual Reality Displays	683	44	(too few patent applications in 6 countries)				
All Topics	138068	61	1,1	0,8	5	5	

Källa: Teqmine och Vinnova

Av tabellerna framgår att Ericsson dominerar kraftigt den svenska AI-patenteringen med datornätverk och drift av mobilkommunikationsnät som särskilda styrkeområden, vilket innebär att dessa områden även framstår som styrkeområden för Sverige, en position som dessutom har stärkts. Smarta transporter och fordon är ett av de snabbaste delområdena för patentering inom AI och av särskild betydelse för Sverige med flera stora fordonsföretag i landet. Sverige har inom detta område, vad gäller patentering, inte kunnat hålla jämn takt med utvecklingen i omvärlden utan fått se sin andel av patenteringen halveras. Cirka en fjärdedel av alla AI-patent med någon svensk uppfinnare har utländska organisationer som assignee. Flertalet av de aktuella koncernerna har ingen eller mycket begränsad FoU i Sverige.

Tabell 4 Företag som i egenskap av assignee ansökt om minst 4 AI-relaterade patent vart och ett med minst en uppfinnare från Sverige 2006-2017

Company/Business Group	Swedish Org		Foreign Org		Total
	2006-2011	2012-2017	2006-2011	2012-2017	
Ericsson	94	132			226
SONY (and earlier Sony Ericsson)	39	14		13	66
FlatFrog Laboratories AB	15	20			35
AB Volvo	29	5			34
Tobii AB	2	12		6	20
ABB	2		5	11	18
Immunovia AB	8	9			17
Assa Abloy AB		17			17
AstraZeneca	10		5	2	17
Scania	7	3			10
SPOTIFY AB		10			10
Volvo Car Corporation	1	9			10
GE Healthcare	1	4	5		10
Huawei Technologies Co., Ltd.		1	3	6	10
SensAbues AB	4	5			9
Vermillion, Inc	3		5		8
Google Inc.			2	6	8
Autoliv	4	3			7
QlikTech International AB		7			7
Fingerprint Cards AB		6			6
DOLBY Laboratories Licensing Corp			2	4	6
Zi Decuma AB	6				6
Elekta AB (Publ)		5		1	6
Skype Limited			6		6
NOVOZYMES A/S			4	1	5
Microsoft Corporation			5		5
HUSQVARNA AB		5			5
DeLaval Holding AB	2	3			5
GN ReSound A/S			4	1	5
HENKEL AG & CO. KGAA				5	5
Integrum AB	2	2			4
EXINI DIAGNOSTICS AB	4				4
Cellavision AB	3	1			4
MKS Instruments, Inc.			4		4
Apodemus AB	4				4
Axis AB	2	2			4
20 organizations with 3 patent applications	20	16	18	6	60
47 organizations with 2 patent applications	35	22	26	11	94
115 organizations with 1 patent application	24	40	28	23	115
name of organization missing		2	1	5	8
All organizations	321	355	123	101	900

Källa: Teqmine och Vinnova

En närmare genomgång av företag som sökt AI-relaterade patent med uppfinnare från Sverige visar att dessa grovt kan indelas i följande grupper:

- LM Ericsson
- Stora koncerner med huvudkontor i Sverige, som valt att nästan uteslutande ansöka om patent från moder- eller dotterbolag registrerade i Sverige t.ex.: AB Volvo, Assa Abloy, Scania, Volvo Cars, Autoliv, Elekta, Husqvarna, DeLaval.²³

²³ Volvo Cars and Scania ingår i utlandsbaserade koncerner och Autolivs moderbolag är registrerat i USA.

- Stora utlandsbaserade koncerner med huvudkontor utanför Sverige men omfattande FoU i Sverige. Dessa koncerner har i varierande grad ansökt om patent genom såväl dotterbolag i Sverige som moderbolag eller dotterbolag utanför Sverige t.ex.: Sony Mobile (inkl. tidigare Sony Ericsson), ABB, Astra Zeneca, GE Healthcare.
- Stora utlandsbaserade koncerner med ingen eller liten FoU i Sverige. Nästan all patentering har skett genom moderbolag eller dotterbolag utanför Sverige t.ex.: Microsoft, Huawei, Novozymes, Dolby, Google, GN Resound, Henkel, MKS Instruments
- Unga företag och start-ups inom IT-området, varav flera köpts upp av utländska företag t.ex.: FlatFrog, Tobii, Spotify, Qlik Tech, Fingerprint Cards, ZiDecuma, Skype, Axis, Mapillary, Asplund Data, Context Vision, Cint.
- Unga företag och start-ups inom life science, varav några köpts upp av utländska företag t.ex.: Immunovia, Integrum, Exini, SensAbues, Cellavision, Apodemus.

I gruppen unga IT-företag återfinns flera av de mest framgångsrika unga teknikbaserade företagen i Sverige.

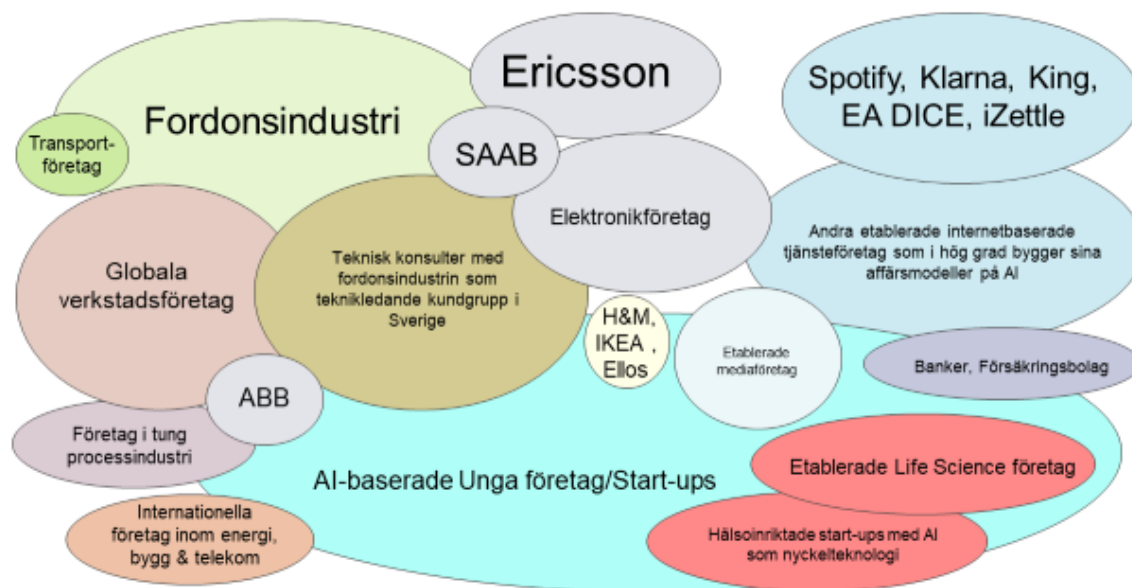
7.2 En fullständigare bild av ekosystemet av företag i Sverige för AI-relaterad innovation

Även om patent kan spela en viktig roll som immateriell tillgång (IP) för konkurrenskraft inom AI-relaterad verksamhet varierar patentens relativa betydelse beroende på affärsområde. Tillgång till stora mängder relevanta och välstrukturerade data är av avgörande betydelse i många fall. Utveckling av nya affärsmodeller och förmåga att arbeta integrerat över ett företags olika funktioner och med partnerföretag spelar också en stor roll.

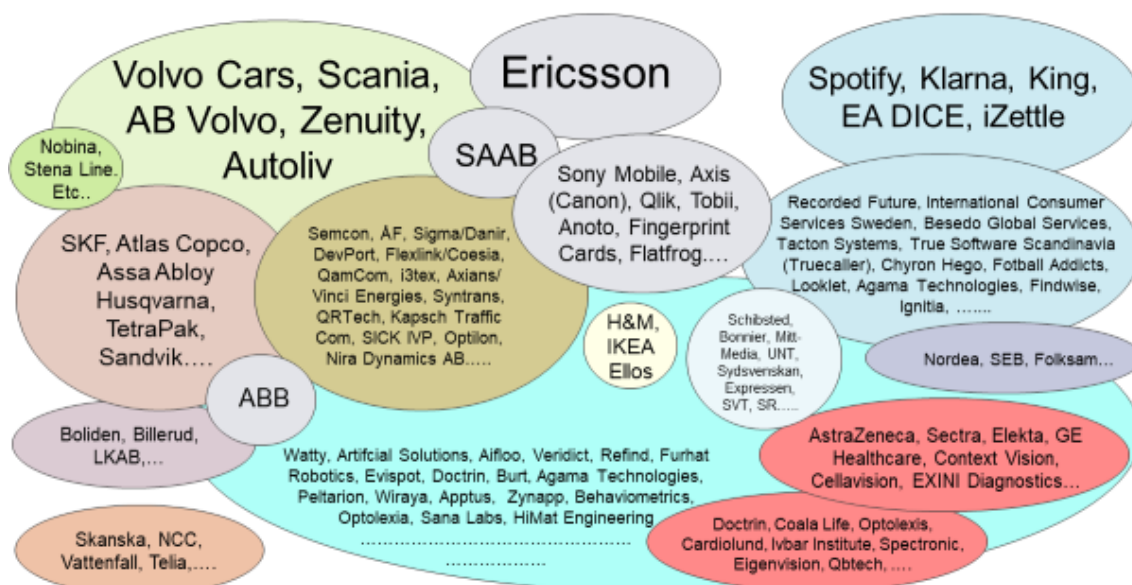
Den bild av svenskt näringslivs engagemang som ovan redovisats baserat på patentdata är därför i flera avseenden ofullständig. Genom att komplettera med annan information som beskrivits inledningsvis i detta kapitel är det möjligt att mer fullständigt identifiera de företagskategorier som tillsammans under de närmaste åren kommer att utgöra ekosystemet av företag för AI-relaterad innovation i Sverige. Ett skissartat försök i denna riktning återges i figur 27 och 28.

Ericsson är ett unikt företag i det svenska innovationssystemet med utan jämförelse den största FoU-verksamheten i Sverige. Detta kombinerat med att AI är en nyckelteknologi för företaget ger det en mycket central roll i ekosystemet för AI-relaterad innovation. När det gäller andra delar av näringslivet som redan i hög grad är engagerade AI-baserad utveckling återfinns dessa framför allt dels i transportmedelsindustrin dels i ett antal relativt unga men redan framgångsrika internetbaserade företag.

Figur 27 En skiss av ekosystemet av företag för AI-relaterad innovation i Sverige



Figur 28 En skiss av ekosystemet av företag för AI-relaterad innovation i Sverige med exemplifiering av företag i breda företagskategorier i figur 27



För sin storlek har Sverige en unikt stor och avancerad transportmedelsindustri med tre globalt verksamma fordonsföretag samt försvarskoncernen SAAB med utveckling och tillverkning av både stridsflygplan och ubåtar. Autoliv, världens ledande företag inom fordons säkerhet, har dessutom en viktig del av sin FoU-Sverige. Transportmedelsindustrin stod 2015 ensam för över en femtedel av svenskt näringslivs FoU. Scania, AB Volvo, Volvo Cars, SAAB och Autoliv²⁴ har alla

²⁴ Fr.o.m. tredje kvartalet 2018 kommer Autoliv att delas upp två företag, ett för s.k. passiv säkerhet som kommer att fortsätta under namnet Autoliv och ett nytt företag Veoneer, som kommer att ta över utvecklingen av produkter för förarlösa fordon, "advanced driver-assistance systems" och elektronikprodukter för fordons säkerhet.

omfattande och mångfasetterad AI-baserad utveckling. I april 2017 etablerade Volvo Cars och Autoliv ett gemensamt ägt företag, Zenuity, för att driva utveckling av autonoma fordon. Med kontor i Göteborg, Linköping, München och Detroit räknar företaget med att inom ett par år ha 600 anställda. Utöver användning av AI för framdriften av själva fordonen använder inte minst Scania och AB Volvo AI för utveckling och implementering av nya tjänster för bland annat preventivt underhåll och förbättrad bränsleekonomi.

Utvecklingen av autonoma fordon är synnerligen krävande med hög komplexitet i de system som utvecklas, behov av att integrera många olika teknologier och krav på att i realtid med korta svarstider kunna uppnå mycket hög tillförlitlighet. Transportmedelsindustrin stod 2015 ensam för över en femtedel av svenskt näringslivs FoU.' Användningen av AI inom transportsektorn är inte begränsad till transportmedelsindustrin utan berör i hög grad även transporttjänsteföretag.

I kontrast till den sedan länge i Sverige etablerade fordonsindustrin står de internetbaserade företag som utvecklats, i synnerhet i Stockholm, till framgångsrika internationella företag av relativt sent datum. Skype var pionjärföretaget, men efter att det förvärvats av Microsoft har det i stort sett inga anställda kvar i Sverige. Spotify, som revolutionerat musikbranschen genom sin musikstreamingtjänst, och de två fintech-företagen Klarna och iZettle är fortfarande svensk-ägda. De två spelföretagen King och DICE ägs idag av Activision Blizzard respektive Electronic Arts.

Sammantaget hade dessa fem företag i slutet av 2016 sammantaget över 3 000 anställda i Sverige och kan sägas utgöra kärnan i det internationellt uppmärksammade ekosystemet för utveckling av internetbaserade tjänster som byggts upp i Sverige med stark koncentration till Stockholm. Detta ekosystem är mycket väl uppkopplat internationellt. Genom att företagen arbetar helt digitalt mot en global konsumentmarknad och därmed har tillgång till omfattande konsumentdata erbjuder AI stora möjligheter för affärsutveckling som företagen byggt upp kompetens för att realisera.

Det finns ytterligare ett stort antal företag med ursprung i Sverige som erbjuder internetbaserade tjänster som i hög grad är beroende av AI som fortfarande är mindre och/eller befinner sig i tidigare utvecklingsstadium än de nyss nämnda. Anmärkningsvärt är att flertalet, om inte alla, har siktet inställt på en global marknad.

En grupp företag som samlats under den inte helt rättvisande rubriken "elektronikföretag" har åtminstone från början varit mer inriktade på utveckling av produkter snarare än tjänster och finns väl representerade bland svenska företag med många AI-patent. Flertalet av dessa har sitt huvudsäte i Lund-Malmö. Sony Mobile, tidigare Sony Ericsson, har efter Ericsson varit det företag i Sverige som ansökt om flest AI-patent. Efter successiva neddragningar är verksamheten idag väsentligt mindre än tidigare. Samtidigt har sannolikt företaget fungerat som plantskola för andra företag. Det mest framgångsrika av företagen i gruppen är Axis, som för ett par år sedan förvärvades av den stora japanska teknikkoncernen Canon som bygger nytt huvudkontor för Axis i Lund med plats för 1 300 anställda. Qlik och Tobii är två andra företag som växt snabbt till ansenlig storlek och allmänt betraktas som framgångsrika även om de fortfarande går med förlust. Qlik har förvärvats av det amerikanska equity-bolaget Thoma Bravo, som flyttat sitt

huvudkontor till USA. Tobii, som har sitt huvudsäte i Stockholm, har utvecklat eyetracking teknologi i vilken AI är en viktig komponent.

Bland företag med många AI-patent återfinns en grupp life science företag med AstraZeneca i spetsen. Elekta är det största Sverigebaserade medicinsk-tekniska företaget följt av Sectra. För flera av dessa företag är användningen av AI-metoder koncentrerat till bildanalys i en eller annan form, ett område som forskningsmässigt bedöms starkt i Sverige. Nyligen etablerades en "nationell arena för forskning och innovation kring artificiell intelligens, AI, för medicinsk bildanalys (AIDA)", genom ett anslag från det strategiska innovationsprogrammet Medtech4Health. AIDA:s fysiska kärnmiljö är Centrum för medicinsk bildvetenskap och visualisering (CMIV) vid Linköpings universitet. Sectra har hantering av medicinska bilder som ett av sina huvudområden. Cellavision, Exini Diagnostics, bägge baserade i Lund, och Context Vision, idag baserat i Stockholm, bygger alla sin affärsverksamhet idag i hög grad på användning av AI för analys av medicinska bilder.

Ett stort antal företag med huvudsaklig eller stark inriktning på AI har bildats under senare år. Nordic Tech List har identifierat drygt 160 företag verksamma inom "AI & Machine learning". Av dessa är knappt strax under två tredjedelar etablerade 2013 eller senare. En del av dessa utvecklar interbaserade tjänster som de själva marknadsför mot slutkunder eller avser marknadsföra. Några av dessa är tjänster inom hälsa och omsorg. Andra företag ser sin roll snarare som leverantörer av AI-expertis till andra företag. Utan tvekan finns hos många företag, och även hos offentliga organisationer, ett stort behov av att få tillgång till sådan expertis.

De sistnämnda företagen kan ses som en delgrupp bland IT- och teknikkonsulter, en stor och växande sektor i svenskt näringsliv. Mycket talar för att samspelet mellan IT-och teknik-konsultföretag och andra kunskapsintensiva tjänsteföretag å ena sidan och å andra sidan verksamhet i globala företag verksamma i Sverige idag är den centrala axel kring vilken innovationsutveckling sker med sikte på en global marknad. Den övervägande delen av utexaminerade ingenjörer och datavetare och forskarutbildade inom matematik, datavetenskap, teknik och naturvetenskap som går ut i näringslivet anställs idag i kunskapsintensiva tjänsteföretag av vitt olika storlekar. Utnyttjande av den kompetens som finns i dessa företag för värdeskapande förutsätter att den kan tillföras globala värdekedjor. Huvudkanalen för detta är via stora globala företag med utveckling och produktion i Sverige. En alternativ, men fortfarande värdemässigt väsentligt smalare, kanal är de unga internetbaserade tjänsteföretag som på egen hand förmår marknadsföra sina digitala tjänster internationellt.

Om denna bild av IT- och teknikkonsultföretagens roll i det svenska innovationssystemet stämmer så är det av stor vikt att dessa företag snabbt bygger upp kompetens inom AI så att de kan erbjuda denna till sina globala företagskunder i Sverige. En stor del av denna kompetensuppbyggnad behöver ske genom vidareutbildning och fortbildning av redan anställd personal. Det är svårt att bedöma hur långt IT- och teknikkonsultföretagen kommit i denna process, men mycket tyder på att det mesta återstår att göra.

Det finns ett stort antal globala företag med en väsentlig del av sin FoU-bas och produktion i Sverige, utöver de som redan diskuterats. Även om dessa företag sannolikt kommer att ha stort behov av att kunna utnyttja extern AI-kompetens så är det helt nödvändigt att även de bygger

upp AI-kompetens internt. Detta sker i viss utsträckning, men kraven på högt tempo i kompetensuppbyggnaden är höga. Sverige har en stor maskin- och tung processindustri så det är viktigt att AI i hög grad kommer till utnyttjande i dessa industrier. Maskinindustrins möjligheter att utnyttja AI för att utveckla och implementera tjänster som skapar ökad och delvis helt ny kundnytta liknar dem som redan nämnts för den tunga fordonsindustrin.

Ikea och H&M är unika företag som, i kraft av att de verkar på en global konsumentmarknad, potentiellt har tillgång mycket omfattande kunddata och därmed synnerligen goda förutsättningar att bedriva AI-baserad affärsutveckling. Sverige har även stora internationella företag inom byggindustri, energiproduktion och banker med resurser nog att engagera sig på allvar i användning av AI för att utveckla sina verksamheter och genom detta bidra till utveckla AI-användningen i Sverige i sina sektorer.

8 Sveriges AI-forskning

Den snabba utveckling av tillämpningar av AI som ägt rum under de senaste åren har inte primärt varit baserad på nya vetenskapliga rön utan framför allt byggt på en explosion i tillgången på data i elektronisk form och ökad datorkraft. Dessa praktiska framsteg har av naturliga skäl haft effekter även på den forskning som bedrivs i världen och lett till ökat intresse för såväl att vidareutveckla kända AI-metoder och algoritmer som att försöka utveckla helt nya metoder anpassade till de nya förutsättningarna ifråga om datatillgång och datorkraft.

Genom att analysera publiceringen av artiklar i vetenskapliga tidskrifter är det i princip möjligt att skaffa sig en bild av forskningsverksamheten inom ett visst område. Omfattningen av den vetenskapliga publiceringen kan ge en viss uppfattning om omfattningen av den bakomliggande forskningen men det finns knappast någon entydig proportionalitet mellan de två. Det relativa värdet av de vetenskapliga bidrag som publiceras varierar.

Det som gör s.k. bibliometrisk analys, det vill säga analys av mönster i vetenskaplig publicering, unik är att den kan utnyttja det faktum att utbyte av vetenskaplig information genom publicering i vetenskapliga tidskrifter i hög grad utgör ett integrerat globalt system och att det finns databaser som täcker en mycket stor del av tidskrifter som av deltagarna i detta system allmänt betraktas som viktiga.²⁵ I bibliometrisk analys är det vanligt att utnyttja förekomsten av citeringar av en artikel i andra vetenskapliga artiklar som ett mått på "kvaliteten" i artikeln.

Drivkrafterna att öppet kommunicera resultatet av den egna forskningen varierar mellan olika typer av organisationer och beroende på den aktuella forskningens mål och innehåll. Det finns även andra sätt att förmedla vetenskaplig kunskap än att publicera i vetenskapliga tidskrifter. Inom framför allt den akademiska världen finns en stark drivkraft att publicera eftersom detta i hög grad påverkar karriärmöjligheterna. Av nämnda och andra skäl producerar bibliometrisk analys inga enkla och absoluta slutsatser om omfattningen och karaktären på den bakomliggande forskningen men kan rätt använd ge värdefulla indikationer som sedan behöver granskas och värderas vidare med hjälp av annan information och andra metoder.

För forskning inom artificiell intelligens erbjuder bibliometrisk analys ett par särskilda utmaningar:

- En stor och viktig del av den vetenskapliga kommunikationen inom AI sker vid konferenser. Dokumentationen från AI-konferenser i databaser som utgör grunden för bibliometrisk analys är ofullständig och av sämre kvalitet än den för vanliga artiklar i vetenskapliga tidskrifter.
- Forskning där AI används inom specifika tillämpningar publiceras inte nödvändigtvis i AI-tidskrifter eller vid AI-konferenser vilket gör det svårt att identifiera denna typ av forskning.

Nedan kommer olika datakällor och metoder att användas för att försöka förklara dessa utmaningar. En av dessa är data för artiklar i tidskrifter som i Clarivate Analytics databas Web of Science klassificerats som tillhörande delområdet "Artificiell intelligens" inom det bredare

²⁵ Alla forskningsområden är inte lika globala till sin karaktär, vilket påverkar användningsmöjligheterna för bibliometrisk analys.

området "Datavetenskap". Utöver jämförelser av publiceringsvolym ger dessa data också möjlighet att jämföra citeringsgrad för artiklar från olika länder. Detta är särskilt viktigt för att kunna värdera betydelsen av den enorma expansionen i volymen av publicerade artiklar från Kina.

Huvuddelen av de artiklar som återfinns i Web of Science i AI-tidskrifter är så kallade "proceeding papers" och har sitt ursprung som bidrag till konferenser. Konferenser är således i hög grad representerade bland publikationerna i AI-tidskrifter. En genomgång av vilka konferenser som finns med i Web of Science databas visar dock att täckningsgraden för de högst rankade AI-konferenserna är låg. Baserat på data från en annan bibliometrisk databas, Scopus, har därför en särskild genomgång gjorts av bidragen till de 19 högst rankade AI-konferenserna.

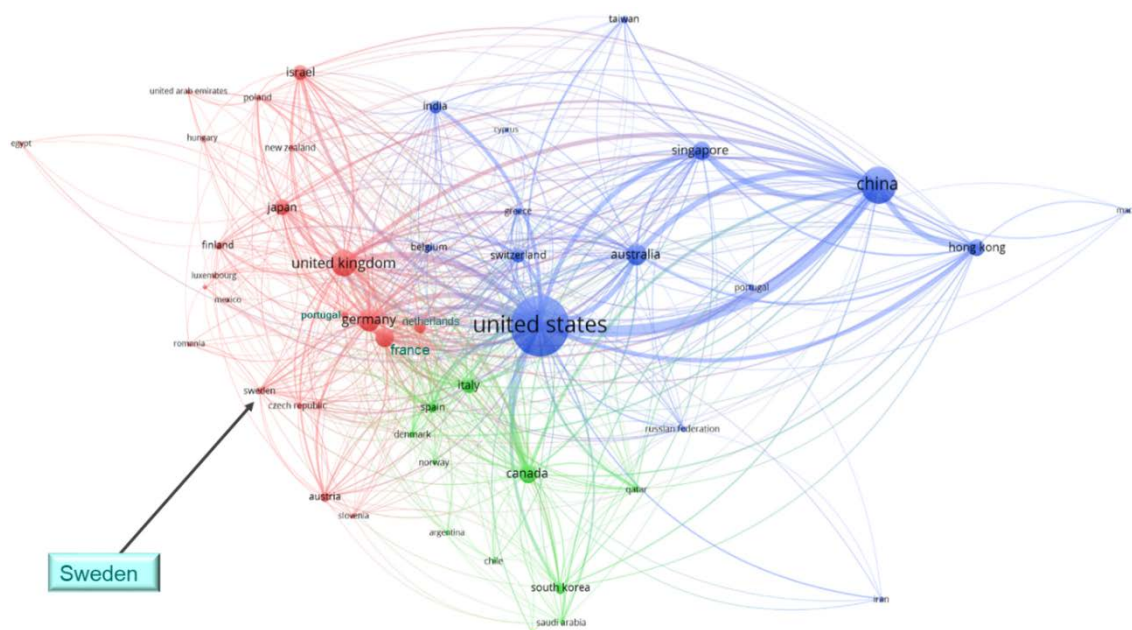
Den stora uppmärksamhet som globalt kommit att omge artificiell intelligens under de senaste åren har framför allt sin bakgrund i en ökad användning av maskininlärning i olika tillämpningar. Så kallad djupinlärning har uppvisat särskilt slående resultat. För att åtminstone i någon mån fånga dynamiken i denna utveckling redovisas särskilt resultatet av en artikelsökning baserad på nyckelord, närmare bestämt "artificial neural net", ett ofta använt begrepp med nära koppling till djupinlärning.

Avslutningsvis utnyttjas de tre ovan nämnda typerna av data för att ge en bild av hur AI-forskningen i Sverige fördelar sig på olika organisationer.

8.1 USA dominerar forskningsfronten men Kina går snabbt framåt

Det är en allmän uppfattning att utvecklingen inom AI-området, såväl forskningsmässigt som kommersiellt, domineras av USA med Kina som den främsta utmanaren, medan Europa har tenderat att relativt sett tappa mark. Analys av bidragen till de 19 högst rankade AI-konferenser sedan 2010 ger starkt stöd för denna uppfattning, figur 29. Amerikanska forskare medverkar i nästan hälften av alla konferensbidrag. Forskare från Kina har ökat sin närvaro vid konferenserna. Deras andel närmar sig en femtedel. Värt att notera är det stora utbyte som finns mellan forskare i USA och Kina i form av samförfattarskap.

Figur 29 Konferensbidrag vid de 19 högst rankade serierna av AI-konferenser 2010-2017

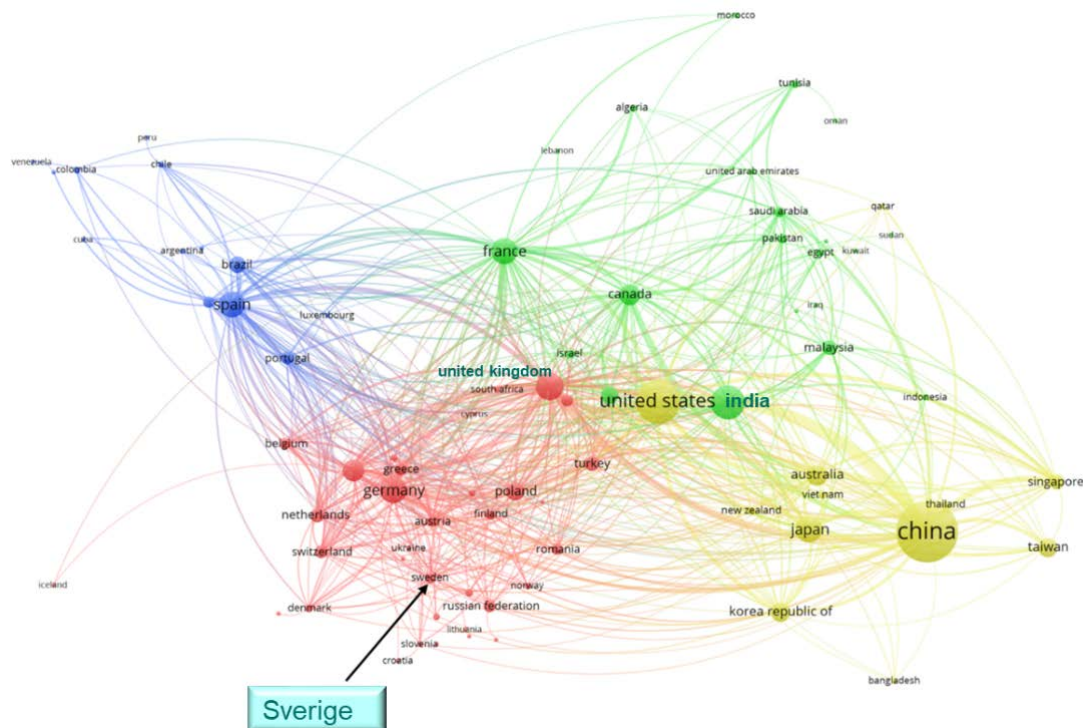


Källa: KTH Bibliometrigrupp och Vinnova. Bearbetning av data från Scopus

Om jämförelserna breddas till att gälla alla artiklar som publiceras i tidskrifter som klassificerats som tillhörande AI som ett delområde av datavetenskap ändras bilden påtagligt, framför allt stärks Kinas position, figur 30. Här dominerar Kina med författare i en fjärdedel av alla publikationer att jämföras med cirka en sjundedel med författare från USA.

De beskrivna skillnaderna kan ses som ett uttryck för skillnaderna i den genomsnittliga nivån på den AI-forskning som bedrivs i USA och Kina, där de högst rankade AI-konferenserna representerar forskningsfronten inom AI-forskningen. Antalet gånger som vetenskapliga artiklar eller konferensbidrag citeras av andra forskare är en ofta använd indikator på "forskningskvalitet". Den genomsnittliga citeringsgraden för artiklar publicerade 2012-2015 inom AI med författare från Kina var för ett par år sedan endast drygt en tredjedel av den för artiklar med författare från USA. Även om genomsnittet var lågt för kinesiska publikationer, återfanns bland de 10 procent högst citerade publikationerna nästan lika många med författare från Kina som från USA.

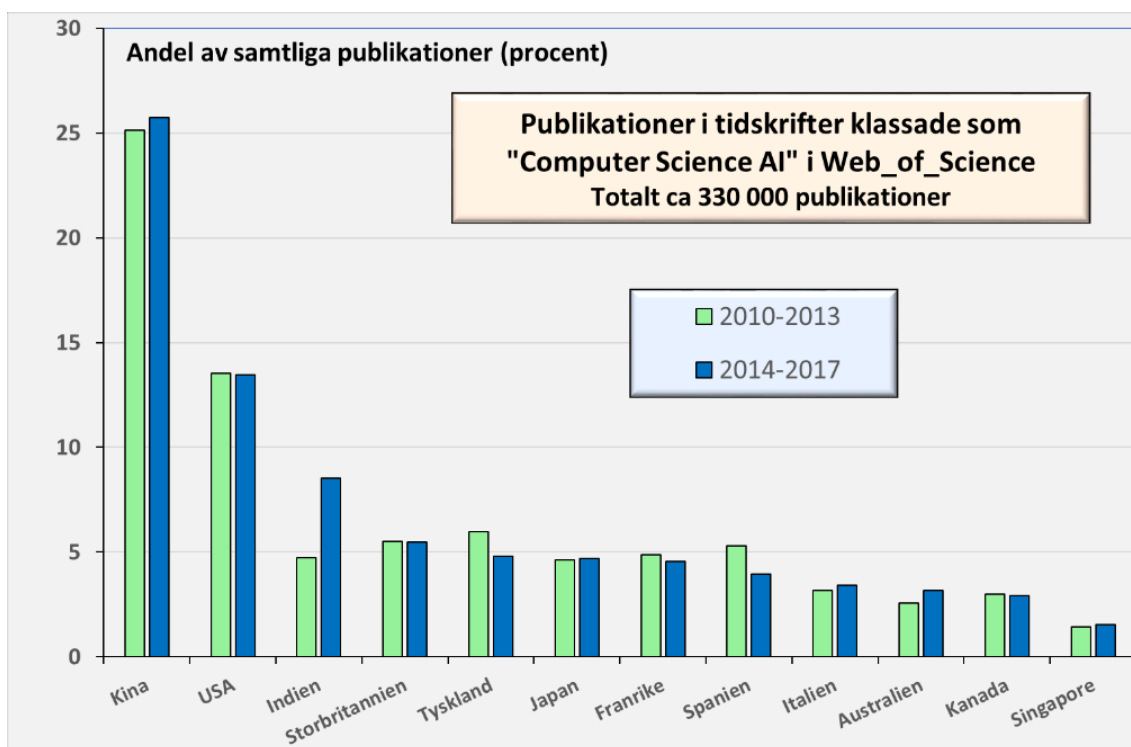
Figur 30 Publikationer i tidskrifter klassade som "Computer science - Artificial Intelligence" i Web-of-Science med publiceringsår fr.o.m. 2012 och registrerade i databas t.o.m. september 2017



Källa: KTH Bibliometrigrupp. Bearbetning av data från Web of Science

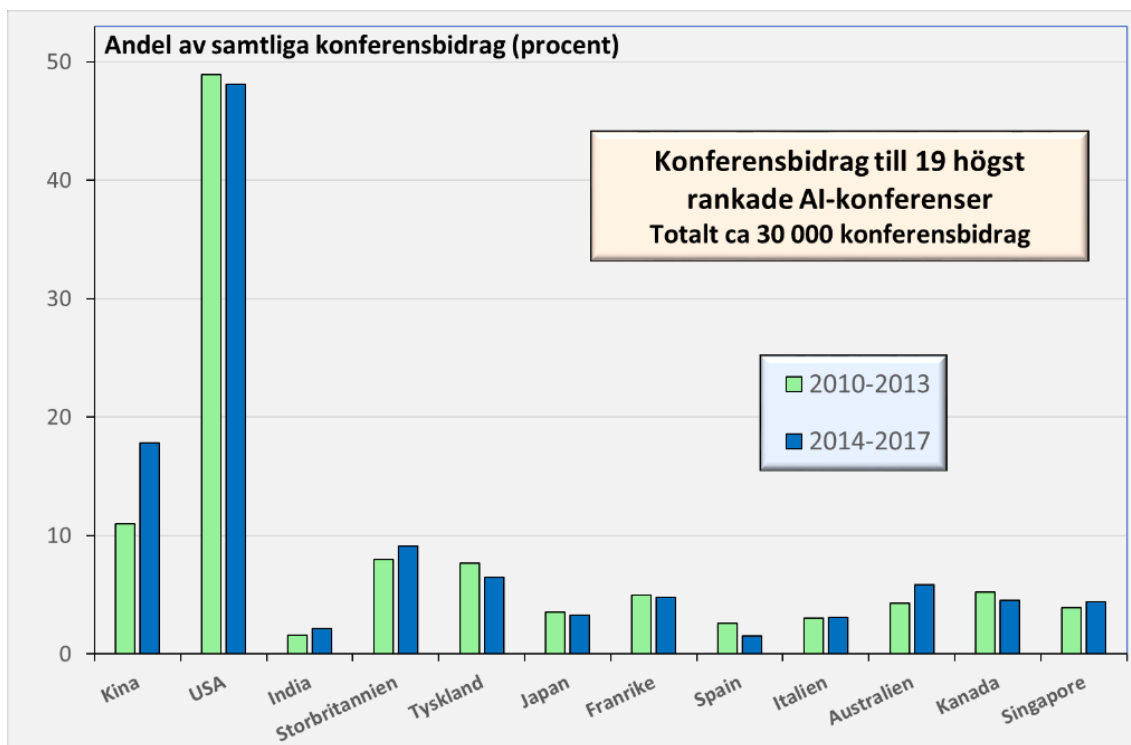
Figurer 31 och 32 medger en direkt jämförelse av länderfördelningen för konferensbidrag till de ledande AI-konferenserna och den bredare publiceringen i AI-tidskrifter. Kinas ökade närvaro vid de främsta AI-konferenserna är påtaglig. Indien har ökat sin publiceringsvolym kraftigt men låg närvaro vid de ledande AI-konferenserna. Efter USA och Kina återfinns inte överraskande större länder i Europa samt Japan. Mer oväntat är de starka positioner som Australien, Kanada och Singapore uppvisar. Kanada ligger på samma nivå som Frankrike med en befolkning som endast är hälften så stor. Australien ligger inte långt efter Tyskland i konferensbidrag med en fjärdedel av av Tysklands befolkning. Att Singapore med knappt sex miljoner invånare har nästan lika många konferensbidrag som Frankrike säger mycket om hur stark forskningen vuxit sig i Singapore. Betänks att forskningen inom AI liksom de flesta andra områden är starkt koncentrerad till endast två universitet så är det tydligt att Singapore har mycket starka forskningsmiljöer som dessutom har starka länkar till både USA och Kina.

Figur 31 Ledande länders andel av världproduktionen av publikationer i AI-tidskrifter i Web-of-Science



Källa: Vinnova. Bearbetning av data från Web of Science
Anm.: Data för 2017 är ofullständiga. Datauttag gjort 4 april 2018.

Figur 32 Ledande länders andel av konferensbidrag till 19 högst rankade konferensserier inom AI



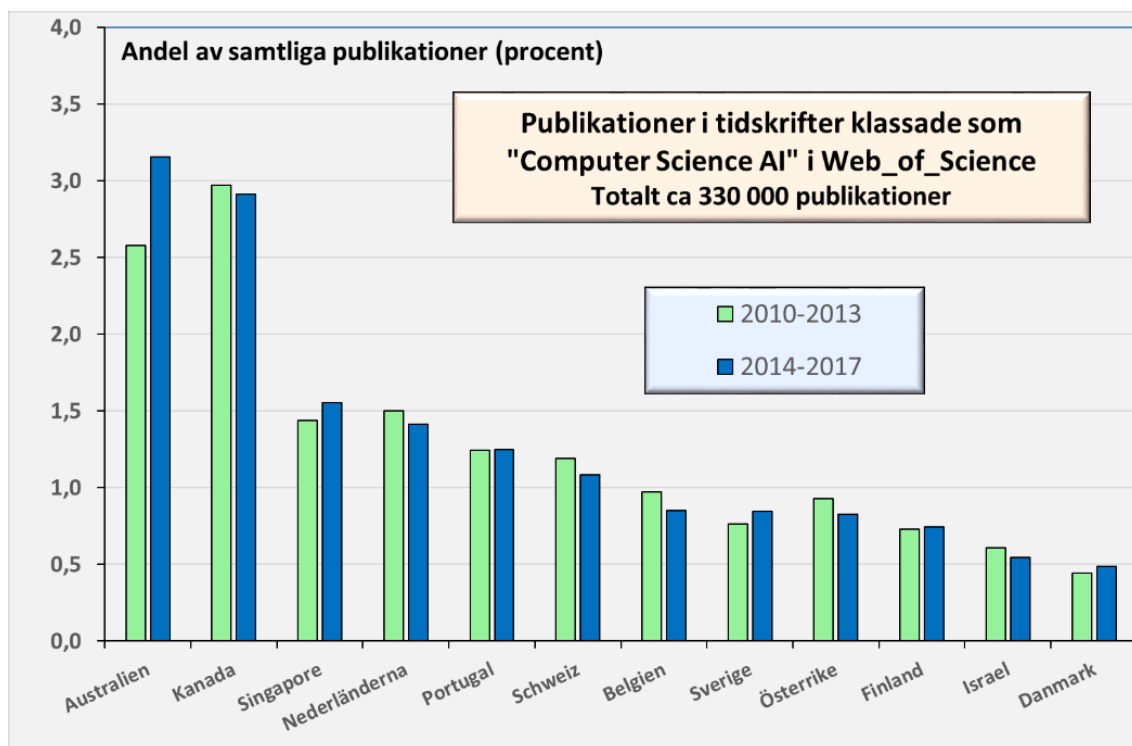
Källa: KTH Bibliometrigrupp och Vinnova. Bearbetning av data från Scopus

8.2 Inom AI-forskning som helhet är Sverige relativt svagt

I figurer 34 och 35 visas data motsvarande dem som just diskuterats för Sverige och för länder som är någorlunda jämförbara i utvecklingsnivå och befolkningsstorlek. Kanada, Australien och Nederländerna har cirka tre, två respektive 1,6 gånger så stor befolkning som Sverige medan Portugal, Belgien och Österrike har i stort sett samma antal invånare. Schweiz och Israel har ca 15 procent mindre befolkning och Singapore, Finland och Danmark ligger på strax över hälften.

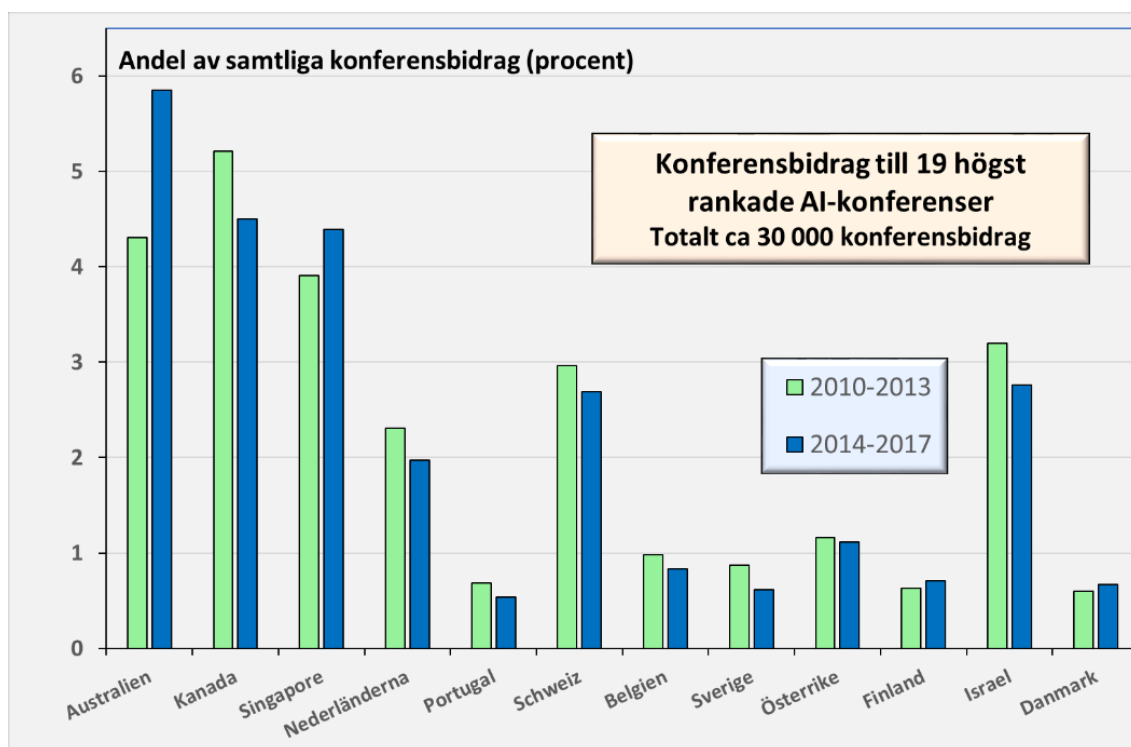
Med dessa skillnader i befolkningsstorlek i åtanke måste Sveriges position inom AI-forskning betraktas som svag. Detta gäller i synnerhet närvaro vid de ledande AI-konferenserna, där på per-capita basis endast Portugal bland de listade länderna är på samma låga nivå som Sverige. Det går heller inte att se någon positiv trend för Sverige. Efter Singapore uppvisar Israel och Schweiz, räknat per-capita, den starkaste konferensnärvaron med Australien strax efter.

Figur 33 Med Sverige jämförbara länders andel av världproduktionen av publikationer i AI-tidskrifter i Web-of-Science



Källa: Vinnova. Bearbetning av data från Web of Science
Anm.: Data för 2017 är ofullständiga. Datauttag gjort 4 april 2018.

Figur 34 Med Sverige jämförbara länders andel av konferensbidrag till 19 högst rankade konferensserier inom AI



Källa: KTH Bibliometrigrupp och Vinnova. Bearbetning av data från Scopus

Urvalet av de 19 högst rankade AI-konferenserna ger inte nödvändigtvis en i alla avseenden rättvisande bild av omfattningen av AI-forskning i frontlinjen i Sverige. Konferenserna täcker alla delområden av AI. Bland annat återfinns ingen konferens fokuserad på robotik, ett relativt starkt område i Sverige, bland de 19 konferenserna. Liknande anmärkningar kan antagligen göras när det gäller andra forskningsområden som har stort, och inte sällan växande, inslag av AI men där de främsta konferenserna har annat fokus än AI. Detta gäller förstås i särskilt hög grad mer tillämpningsorienterad AI-forskning inom exempelvis medicin och självkörande fordon.

Även med dessa förbehåll förefaller det ovedersägligt att AI-forskningen i Sverige har både alltför liten volym och alltför begränsad kontakt med frontforskningen inom området. Detta utesluter naturligtvis inte att enskilda forskningsgrupper bedriver högkvalitativ forskning men även de främsta miljöerna är i internationell jämförelse relativt små.

8.3 Forskningsmiljöer inom AI i Sverige

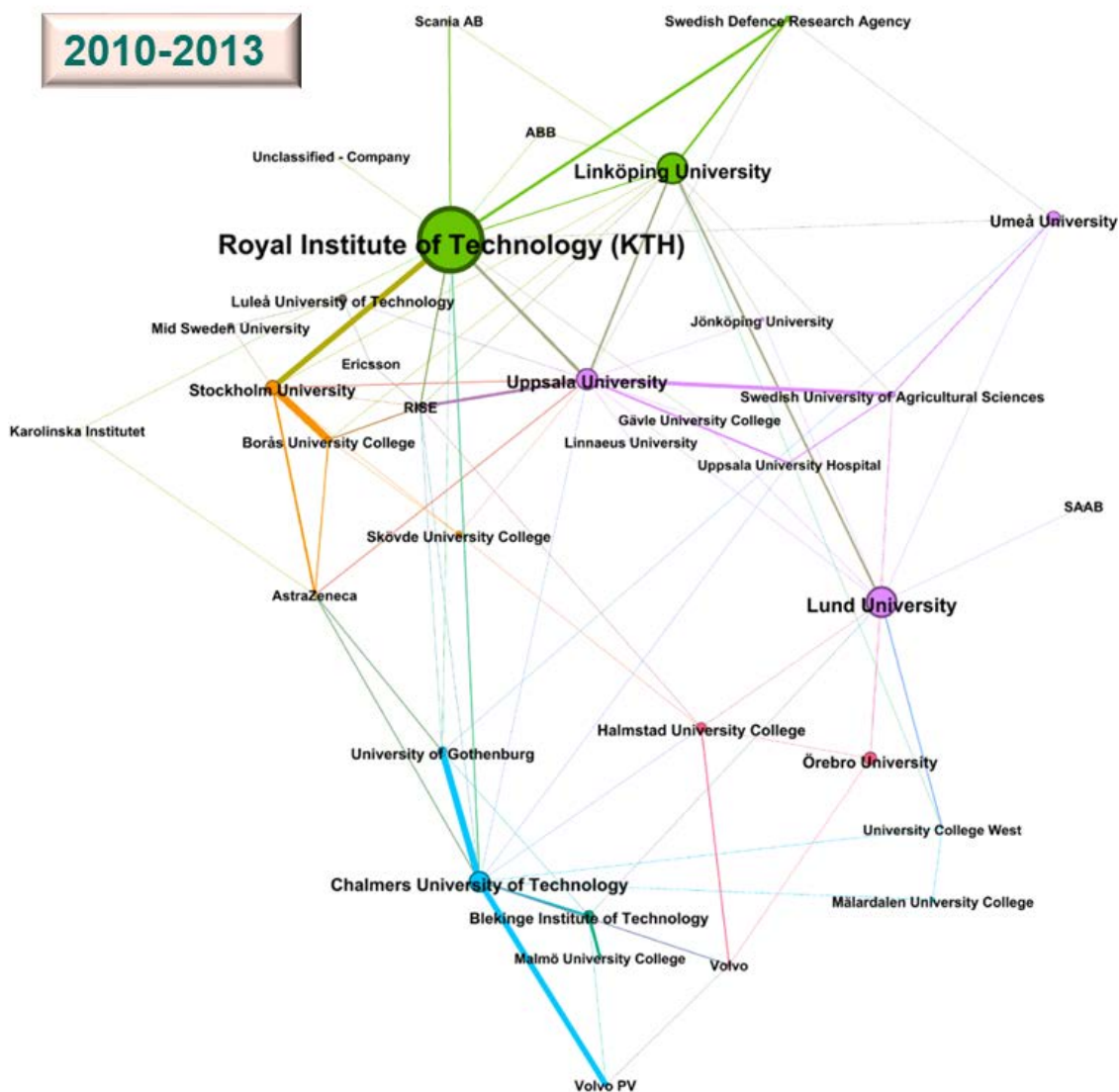
För att få en bild av strukturen i det svenska forskningssystemet inom AI-området har data över publicering i AI-tidskrifter även undersökts på nivå enskilda forskare, deras forskningsmiljöer och dessas koppling till varandra genom sampublicering. Figur 35-38 redovisar samma typ av data som hittills diskuterats på landnivå för enskilda universitet, institut och andra organisationer i Sverige.

Den mest omfattande AI-forskning i Sverige finns vid KTH följt av Linköpings universitet. Därefter kommer Chalmers, Lunds universitet och Uppsala universitet med ungefär samma

publiceringsvolym. AI-forskning bedrivs även vid de unga universiteten och KTH:s dominans har minskat i takt med att forskningen expanderat betydligt vid flera universitet och högskolor.

När det gäller deltagande i ledande AI-konferenser är detta ungefär jämt fördelat mellan de fem ovan nämnda universiteten samt RISE Swedish Institutet for Computer Science (SICS) medan bidraget från andra universitet och högskolor är marginellt. Eftersom inriktningen av AI-forskningen kan variera starkt mellan olika organisationer och den områdesvisa täckningen är ojämn bör inte alltför långtgående slutsatser dras av enskilda organisationers deltagande i de utvalda 19 konferenserna.

Figur 35 Organisationer i Sverige med minst två publikationer 2010-2013 inom "Computer Science – AI" i Web-of-Science databas samt kopplingar mellan organisationer genom samförfattande



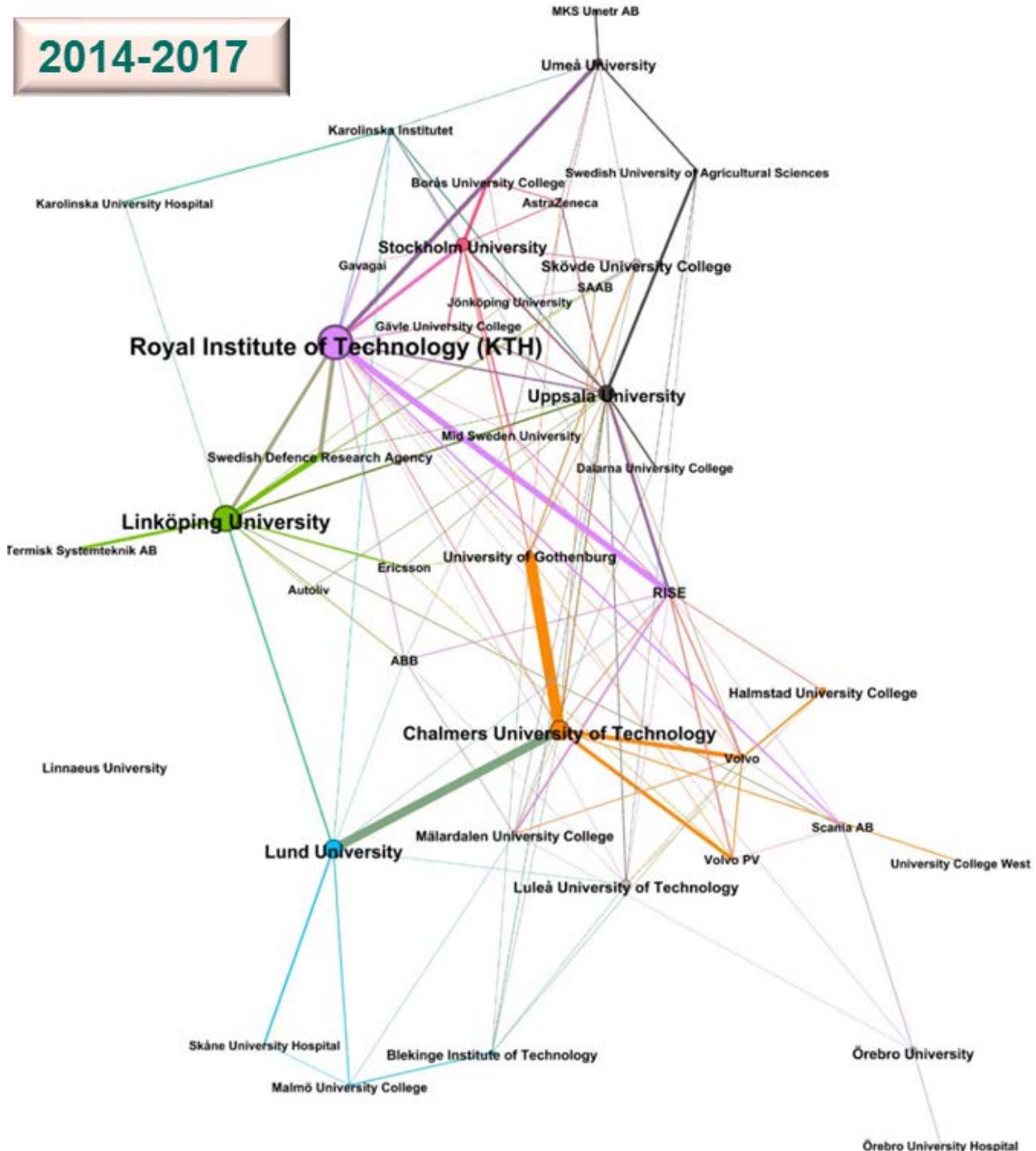
Källa: Vetenskapsrådet. Bearbetning av data från Web-of-Science

De större forskningsmiljöer som framträder är, figur 36:

- Avdelningen för Robotik, perception och lärande, KTH

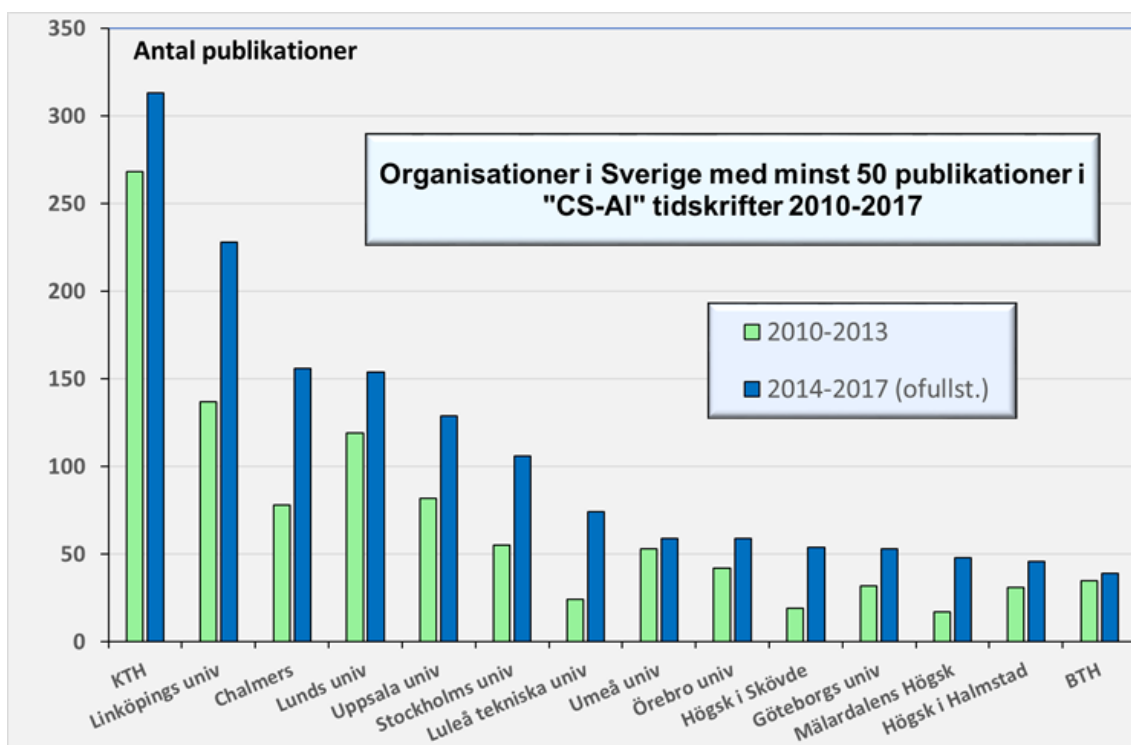
- Avdelningen för tal, musik och hörsel, KTH
- Mathematical Imaging Group, Lunds universitet
- Avdelningen för datorseende, Linköpings universitet
- Sektionen för informationsteknologi, Högskolan i Borås/Institutionen för data- och systemvetenskap, Stockholms universitet
- Center for Applied Autonomous Sensor Systems, Örebro universitet

Figur 36 Organisationer i Sverige med minst två publikationer 2014-2017 inom "Computer Science – AI" i Web-of-Science databas samt kopplingar mellan organisationer genom samförfattande



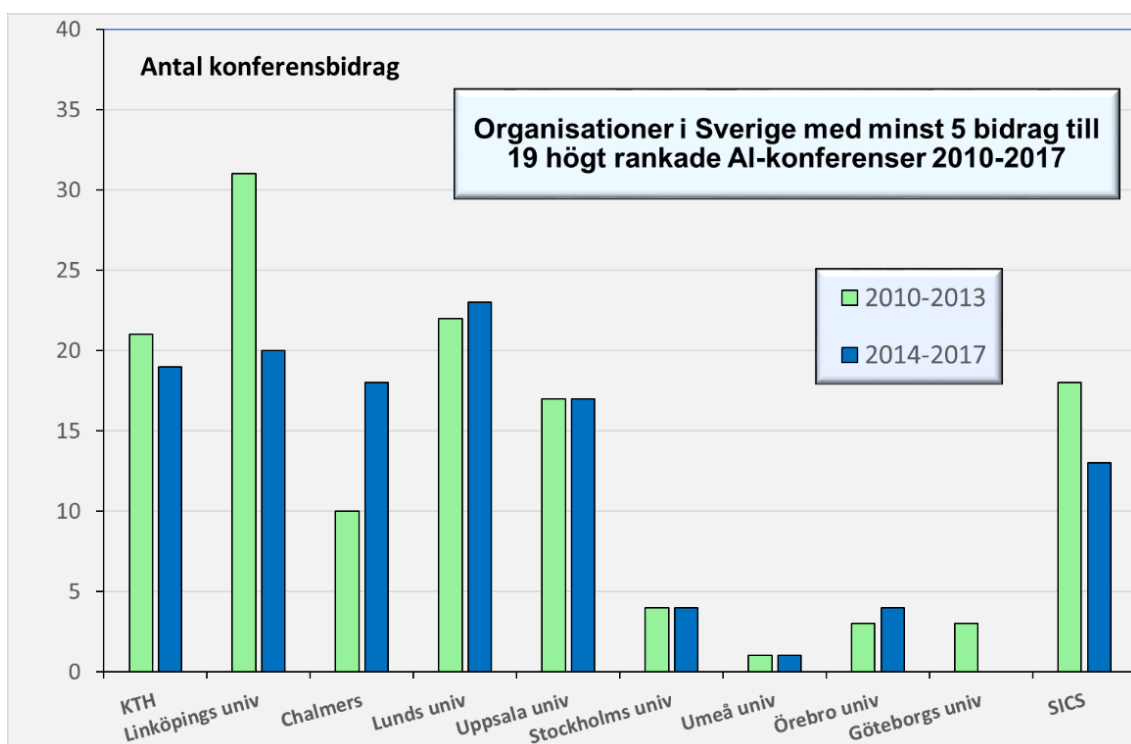
Källa: Vetenskapsrådet. Bearbetning av data från Web-of-Science
 Anm: Data för 2017 ofullständiga. Uttag från databas gjort i november 2017

Figur 37 Organisationer i Sverige med minst 50 publikationer i AI-tidskrifter i Web-of-Science 2010-2017



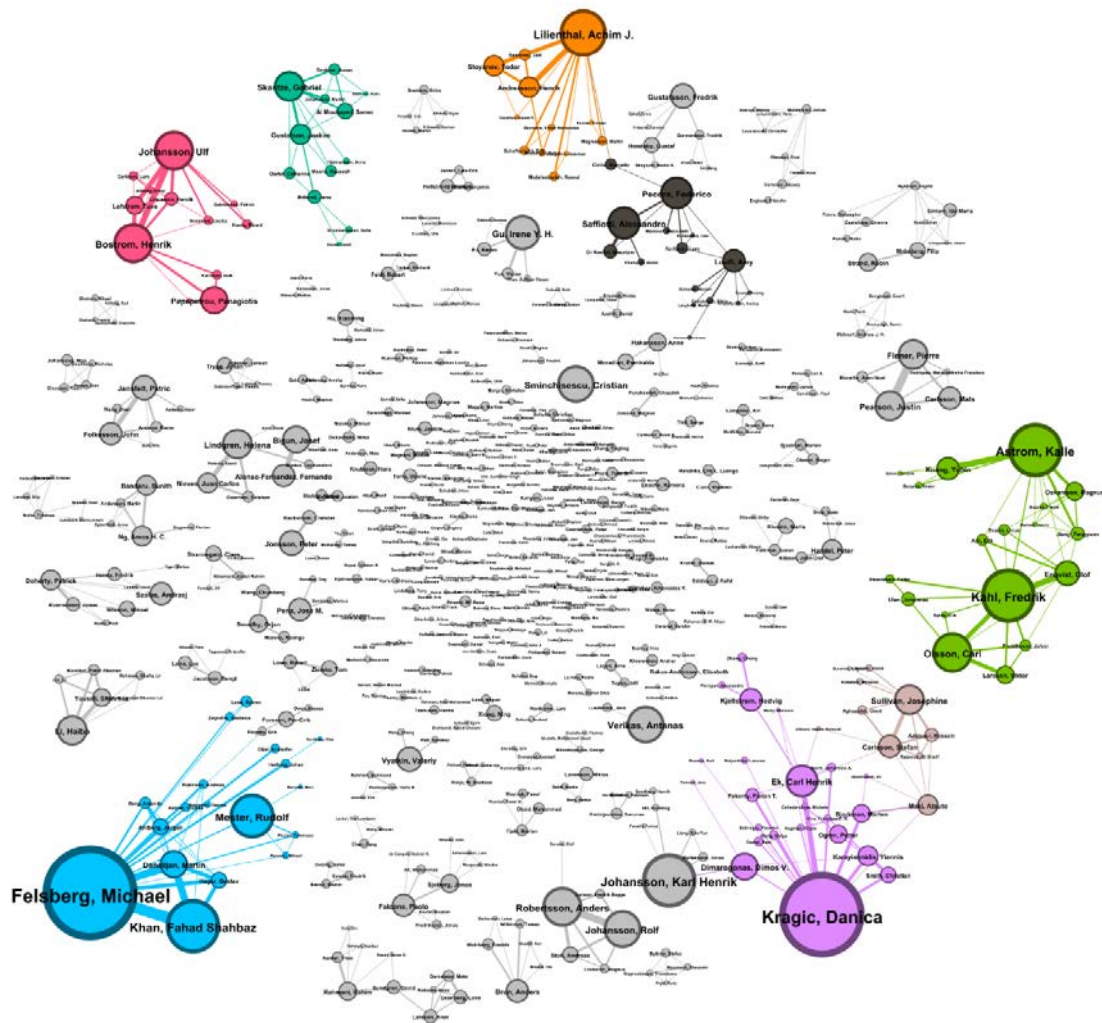
Källa: Vinnova. Bearbetning av data från Web of Science
Anm.: Data för 2017 är ofullständiga. Datauttag gjort 4 april 2018.

Figur 38 Organisationer i Sverige med minst 5 konferensbidrag till 19 högst rankade AI-konferenser 2010-2017



Källa: KTH Bibliometrigrupp och Vinnova. Bearbetning av data från Scopus

Figur 39 Forskare i Sverige med minst två publikationer inom "Computer Science – AI" 2012-2016 i Web-of-Science databas samt kopplingar genom samförfattande



Källa: Vetenskapsrådet. Bearbetning av data från Web-of-Science

8.4 En stor och växande del av AI-forskningen avser tillämpningar

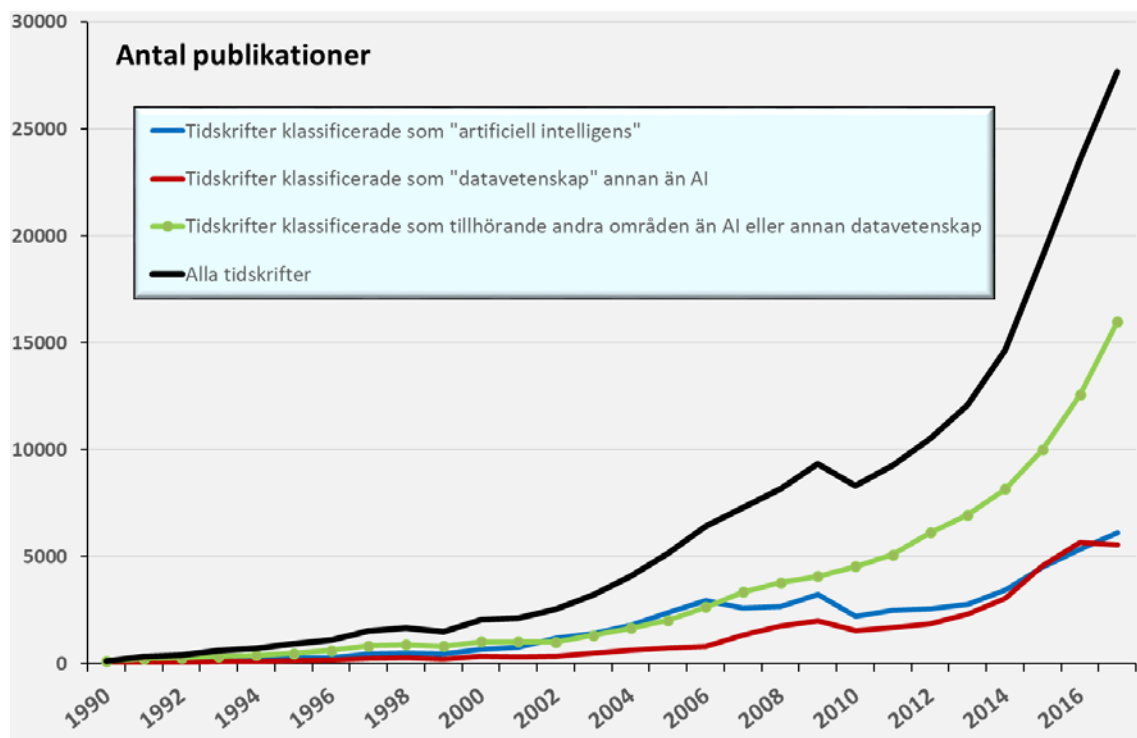
Den stora uppmärksamhet som globalt kommit att omge artificiell intelligens under de senaste åren har framför allt sin bakgrund i en ökad användning av maskininläring i olika tillämpningar. Så kallad djupinläring har uppvisat särskilt slående resultat. Den ökade användningen av AI återspeglas endast i liten utsträckning i konferenser och tidskrifter med AI-specialister som primär målgrupp. Analys baserad på nyckelord ("artificial neural net") med nära koppling till djupinläring ger intryck av att Sverige från ett relativt gynnsamt utgångsläge vid sekelskiftet när teknologin fortfarande befann sig i sin linda inte hakat på det växande experimenterande med teknologin som skett i en del andra länder och successivt tappat mark. Glädjande nog finns tecken på att ett positivt trendbrott skedde under 2017.

AI innefattar ett antal metoder med möjlighet till användning inom snart sagt alla områden. Detta gör det svårt att identifiera forskning som avser användning av AI. För att ändå, om än

mycket ofullständigt, belysa Sveriges position när det gäller användning av AI har en nyckelordsbaserad sökning gjord i Web-of-Science databas. De nyckelord som använts är: "machine learning", "artificial neural networks", "support vector machine", "deep learning", "convolutional neural networks".²⁶ Dessa täcker endast en del av de AI-metoder som finns att tillgå, men torde ge en någorlunda representativ bild av stora delar av AI.²⁷

För de publikationer som selekterats är det tydligt att huvuddelen publiceras i tidskrifter som inte primärt vänder sig till AI-experter. En del publiceras i tidskrifter med huvudfokus på andra delar av datavetenskap än AI. Den helt övervägande delen återfinns dock i tidskrifter som varken klassificeras i den snäva kategorin AI eller andra delområden av datavetenskap. Särskilt slående är att ökat publiceringen i AI-tidskrifter under de allra senaste åren följt en kontinuerlig expansion utanför AI-tidskrifter som endast tillfället bröts under ett par år kring den senaste finanskrisen. Detta ger stöd för uppfattningen att expansionen inom AI under senare år har drivits fram av tillämpningar av redan kända AI-metoder, en expansion som i sin tur stimulerat till intensifierad forskning kring utvecklingen av AI-metoderna som sådana, figur 40.

Figur 40 Publikationer i Web-of-Science som identifierats med hjälp av AI-relaterade nyckelord med fördelning efter områdesklassificering av de tidskrifter där publicering skett



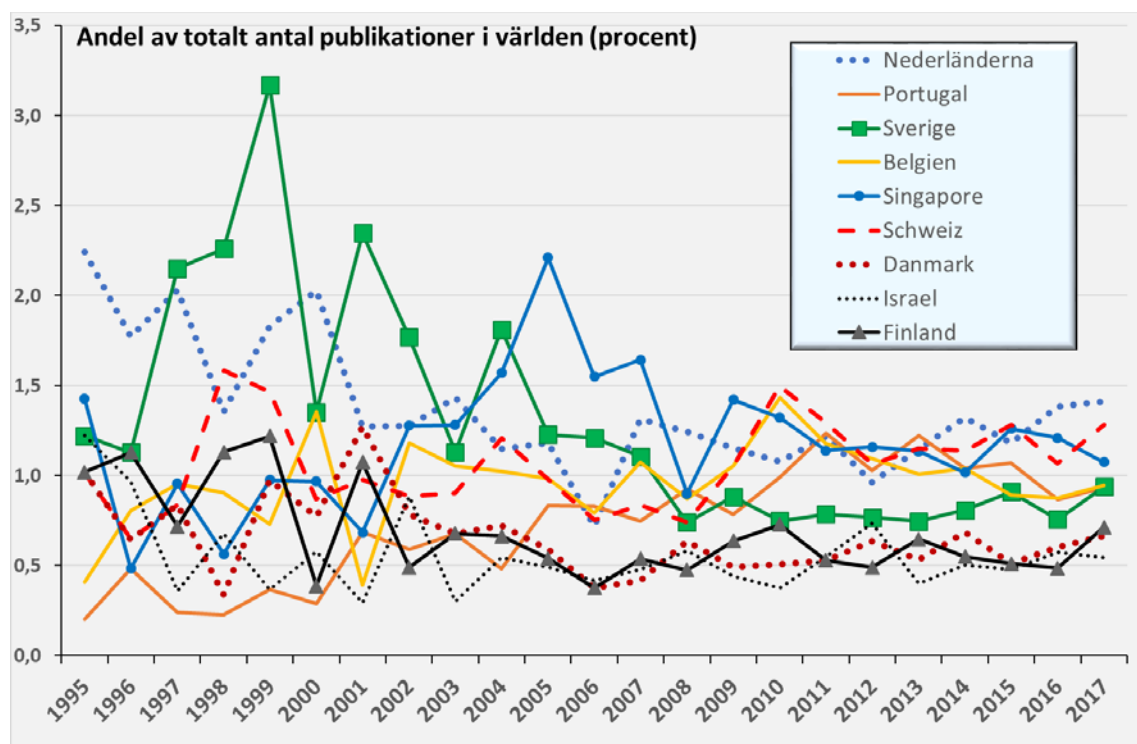
Källa: Vinnova; bearbetning av data från Web of Science
Anm.: Data för 2017 är ofullständiga. Datauttag gjort 27 april 2018.

²⁶ Mer exakt har följande söktermer använts: "machine learning" (61 578), "artificial neural net*" (69 089), "support vector machine" (63 099), "deep learning" utom artiklar i tidskrifter klassificerade som utbildningsforskning (9 248), "convolutional neural net*" (8 514). Siffrorna inom parentes anger antal publikationer globalt med publicering under perioden 1995-2018, baserat på datauttag 28 april 2018.

²⁷ Ett exempel på ett område med stark AI-koppling som sannolikt är underrepresenterat är datorseende.

I figur 41 jämförs Sverige med ett antal andra länder av jämförbar storlek när det gäller de publikationer som selekterats med den nyckelordsbaserade sökning som beskrivits ovan. Jämförelsen är begränsad till tidskrifter som varken är AI-tidskrifter eller tidskrifter som klassificerats inom något annat delområde av datavetenskap. Jämförelsen kan grovt sett anses avse publikationer som primärt beskriver användning av AI snarare än utveckling av AI-metoder som sådana. Under en tioårsperiod kring sekelskiftet utmärkte sig Sverige genom mer aktiv användning av AI än övriga länder i jämförelsen. Därefter har Sveriges relativa position successivt försvagats och ligger per capita idag efter flertalet jämförbara länder. Visserligen stabiliserades Sveriges andel av den globala publiceringsvolymen efter 2010, men länder som Schweiz och Singapore stärkte samtidigt sina positioner.

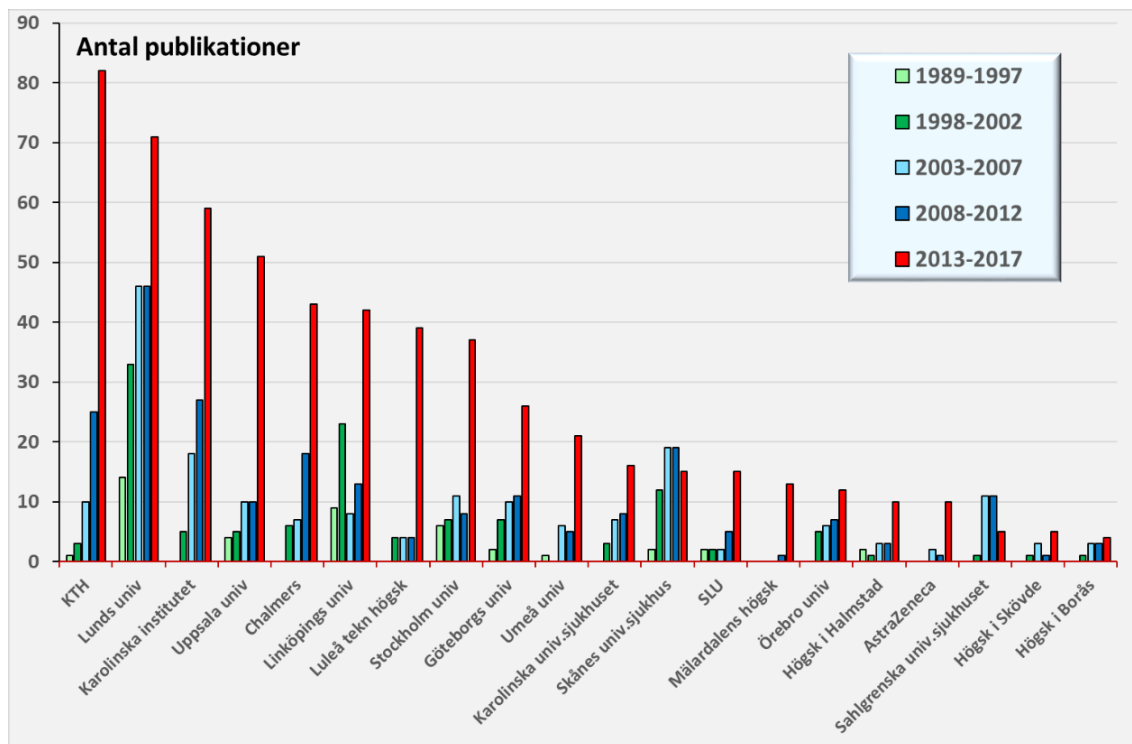
Figur 41 Publikationer i Web-of-Science som identifierats med hjälp av AI-relaterade i tidskrifter som klassificerats inom områden andra än "computer science" för utvalda länder



Källa: Vinnova; bearbetning av data från Web of Science
 Anm.: Data för 2017 är ofullständiga. Datauttag gjort 27 april 2018.

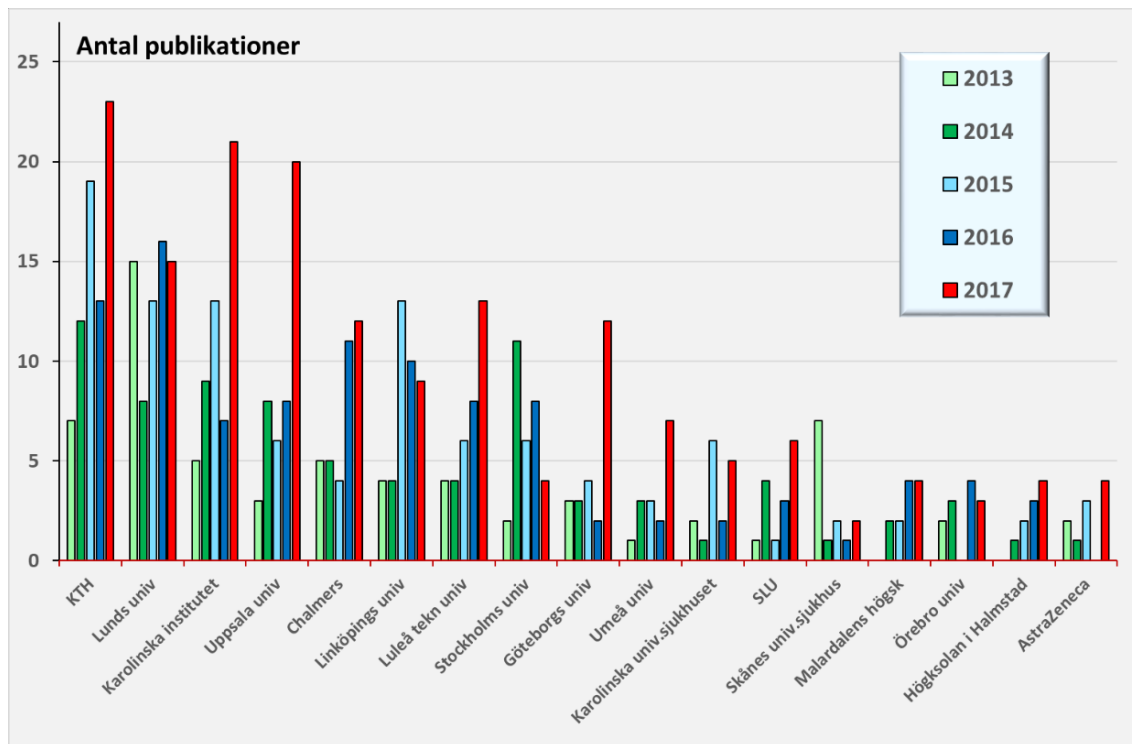
Utvecklingen har sett olika ut i olika organisationer i Sverige. Längre dominerade forskare vid Lunds universitet. En stor del av publikationerna från Lunds universitet avsåg tillämpningar inom medicin och inkluderade samarbete med Skånes universitetssjukhus, figur 42. Idag är fördelningen mellan de olika universiteterna mycket jämnare. För flera av universiteterna skedde en kraftig ökning 2017, figur 43.

Figur 42 Organisationer i Sverige med minst 10 publikationer 1989-2017 identifierade med AI-relaterade nyckelord i tidskrifter som klassificerats inom områden andra än "computer science"



Källa: Vinnova; bearbetning av data från Web of Science
Anm.: Data för 2017 är ofullständiga. Datauttag gjort 28 april 2018.

Figur 43 Organisationer i Sverige med minst 10 publikationer 2013-2017 identifierade med AI-relaterade nyckelord i tidskrifter som klassificerats inom områden andra än "computer science"



Källa: Vinnova; bearbetning av data från Web of Science
Anm.: Data för 2017 är ofullständiga. Datauttag gjort 28 april 2018.

8.5 Slutsatser

Baserat på de bibliometriska data som redovisats i detta kapitel måste Sveriges position inom AI-forskning anses som relativt svag jämfört med situationen i stort för svensk forskning.

Det faktum att en stor del och viktig del av den vetenskapliga kommunikationen inom AI sker vid konferenser gör emellertid bibliometrisk analys av AI-forskning problematisk. De resultat som presenterats måste därför betraktas som preliminära. I synnerhet finns ett behov av att med bredare täckning studera svenska forskares deltagande vid internationella konferenser. Den svenska närvaron vid de högst rankade AI-konferenserna ser dock ut att vara förvånansvärt lågt. Denna bild behöver emellertid kompletteras med data från konferenser med starkt inslag av AI, men med annat huvudfokus, exempelvis inom robotik och autonoma fordon.

Baserat på publiceringsvolym bedrivs den mest omfattande AI-forskningen i Sverige vid KTH och Linköpings universitet, där även några av de starkaste forskningsmiljöerna i Sverige finns. Andra forskningsmiljöer som utmärker sig i ett svenskt perspektiv återfinns vid Lunds universitet, Chalmers tekniska högskola, Örebro universitet och i ett samarbete mellan forskare vid Stockholms universitet och Högskolan i Borås. Jämfört med ledande forskningsmiljöer internationellt är dock även de främsta svenska forskningsmiljöerna små.

En mycket preliminär analys av forskning som avser användning av AI visar att Sveriges position idag även här är relativt svag. I linje med den utveckling som skett internationellt har dock en kraftig aktivitetsökning skett under de senaste åren och för flera universitet helt nyligen. Erfarenheter av AI-användande forskning finns därför idag väsentligt bredare representerad vid svenska universitet än för bara några år sedan.

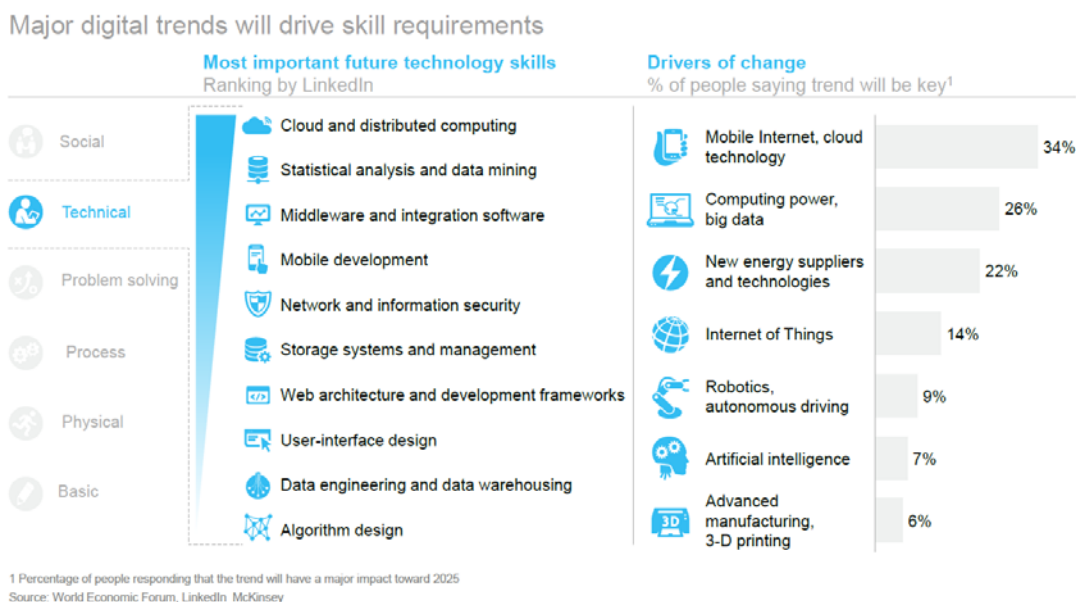
9 Sveriges AI-relaterade kompetens

I detta kapitel diskuteras scenarier för AI-relaterad kompetens, Sveriges kompetensförsörjning och kompetensbas ifråga om IKT-specialister.

9.1 Kompetensscenarier och kompetensefterfrågan

Digitaliseringen har redan kraftigt påverkat kompetensbehoven, rekryteringsmönstren och arbetsmarknaden i betydande utsträckning. Denna utveckling kommer att fortsätta och mycket talar för att kompetensbehov och arbetsmarknad kommer att förändras ännu snabbare framöver i takt med samhällets digitalisering. Sannolikt kommer en ökad användning av AI-tillämpningar i näringsliv och offentlig verksamhet att påtagligt förstärka kraven på kompetensförnyelse för individer och verksamheter, figur 44 och 45.

Figur 44 Scenario över kompetensbehov kopplat till digitalisering



Källa: McKinsey&Company, *Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe's digital front-runners*, October 2017

Kommentar: De nio länder scenarierna avser är: Belgien, Estland, Finland, Irland, Luxemburg, Nederländerna, Norge och Sverige.

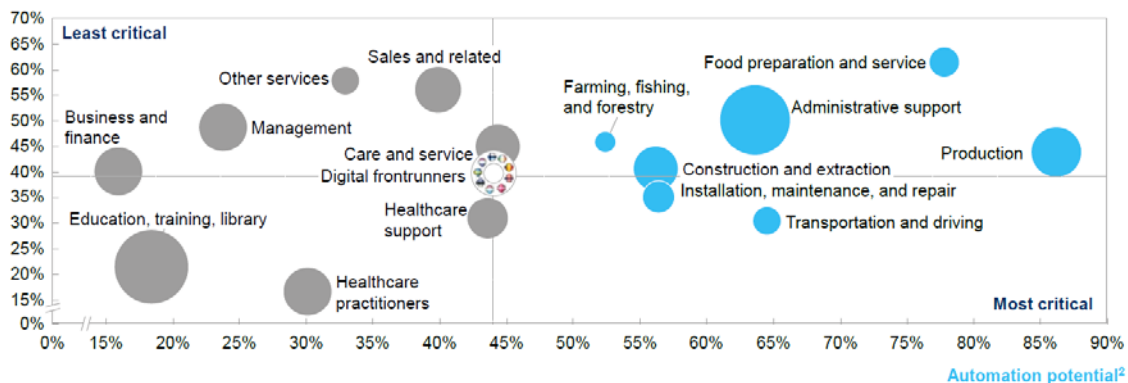
Figur 45 Scenario över behov av kompetensförnyelse kopplat till digitalisering

Opportunity to transition into other occupations vary by occupation group

% of employment in 2010

● Occupation groups with high automation potential
● Occupation groups with low automation potential

Current occupation mobility¹



¹Defined as people leaving the sector to another sector relative to employment in sector in 2010.

²Percentage of total working hours that can be automated, 2018.

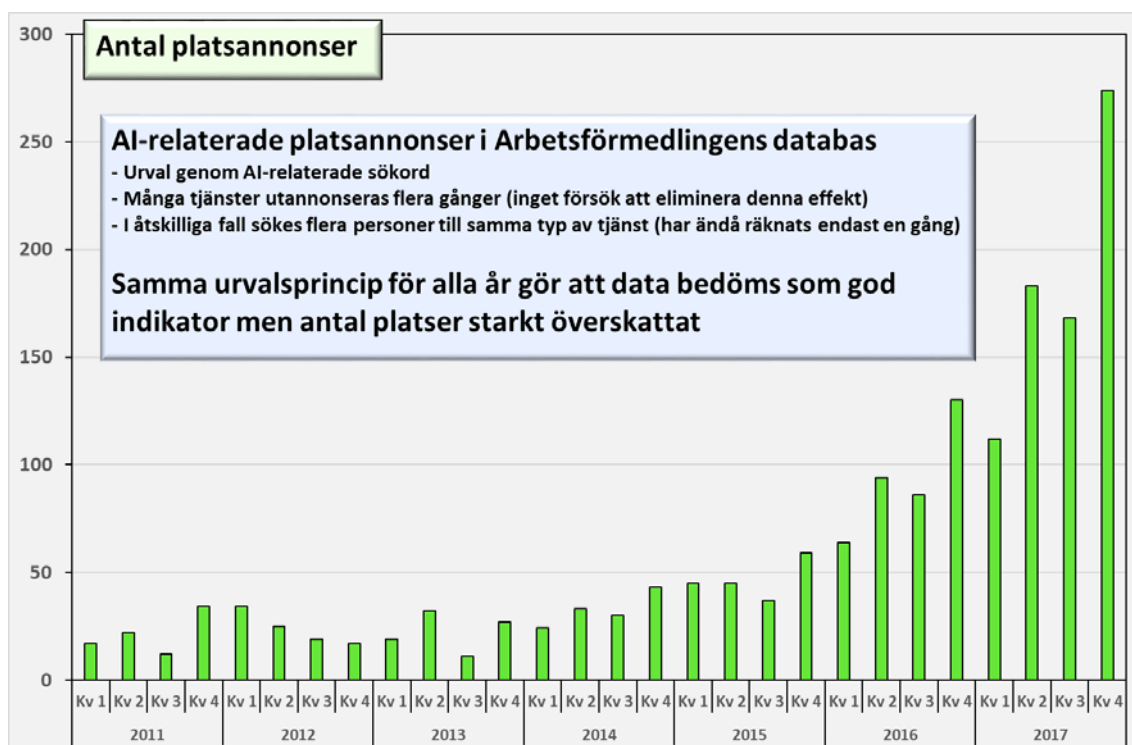
Source: Eurostat, Statistics Denmark, McKinsey analysis

Källa: McKinsey&Company, *Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe's digital front-runners*, October 2017

Kommentar: De nio länder scenarierna avser är: Belgien, Estland, Finland, Irland, Luxemburg, Nederländerna, Norge och Sverige.

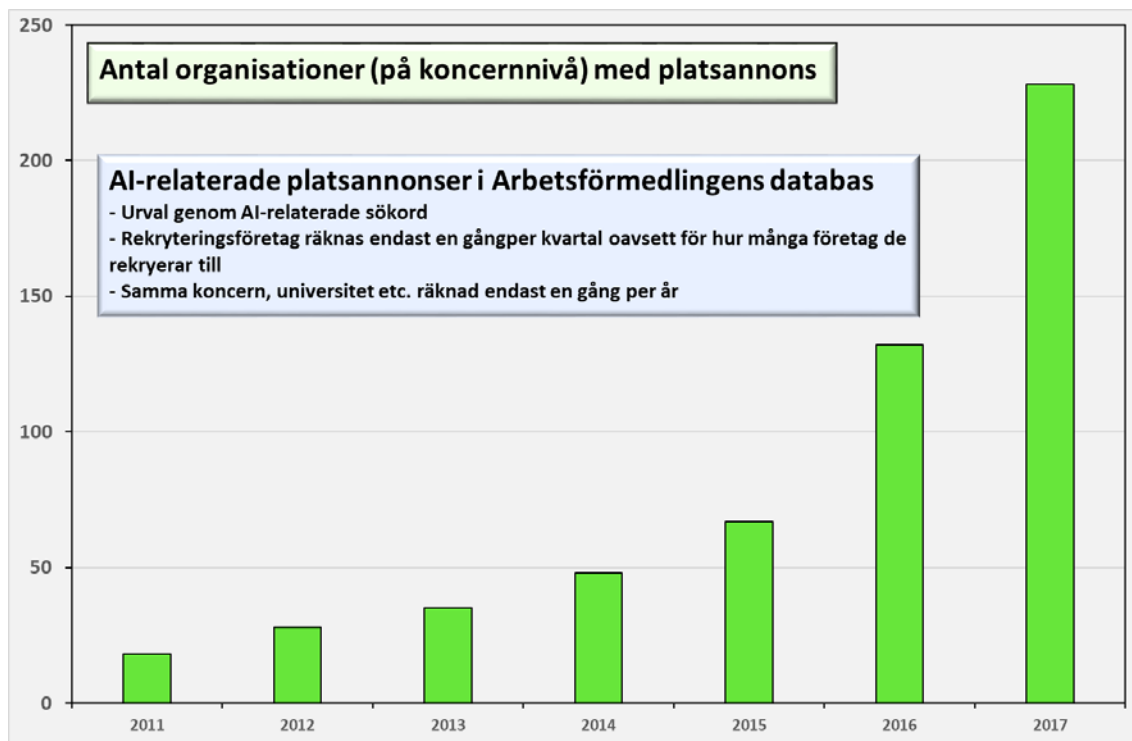
Efterfrågan på AI-kompetens ökar mycket snabbt globalt och den ökar också mycket snabbt i Sverige. Det har inte varit möjligt att uppskatta den totala efterfrågan, men en bearbetning av Arbetsförmedlingens data ger en tydlig bild av en mycket snabb efterfrågeökning under de senaste åren, figur 46. Arbetsförmedlingens data visar också en mycket snabb ökning av antalet olika organisationer som söker AI-kompetens, figur 47.

Figur 46 AI-relaterade platsannonser i Arbetsförmedlingens databas 2011-2017



Källa: Vinnova bearbetning av data från Arbetsförmedlingen

Figur 47 AI-relaterade platsannonser i Arbetsförmedlingens databas 2011-2017



Källa: Vinnova bearbetning av data från Arbetsförmedlingen

9.2 Internationell jämförelse av IKT-specialister

Internationell statistik möjliggör endast relativt grova jämförelser mellan länder och det finns inga nationella eller internationella data för AI-specialister. Det är därför inte möjligt att baserat på befintlig statistisk nomenklatur direkt identifiera tillgången på AI-kompetens i svensk ekonomi. Det är dock möjligt att identifiera arbetskraft med en utbildningsbakgrund som kan förväntas ha större förutsättningarna för kompetensutveckling inom AI-området än arbetskraft med annan utbildningsbakgrund. Exempel på sådana utbildningar är data, programmering, matematik och statistik. Detta innebär inte att vidareutbildning inom AI är oviktig för personer med andra utbildningar. Tvärtom så behöver AI-kompetensen sannolikt stärkas på nära nog alla områden, men behovet och förutsättningarna torde variera starkt.

Från Eurostat finns det statistik avseende antal förvärvsarbetade IKT-specialister²⁸, som bör vara en viktig kompetensbas för AI-kompetens. Dessa data kan också relateras till total sysselsättning. Viktigt att notera är att denna statistik inte säger något om AI-kompetens. Det går därför inte att på basis av dessa data säga något om hur stora behoven av utbildning och fortbildning är inom AI.

Förvärvsarbetande IKT-specialister

Antalet anställda IKT-specialister har i Sverige ökat från cirka 254 000 år 2007 till nära 311 000 år 2016. Andelen IKT-specialister av total sysselsättning har under perioden ökat från 5,6% till 6,3%, se figur 45. Sverige har i en internationell jämförelse en hög andel IKT-specialister. År 2016 var det endast Finland som hade en högre andel. Över tid uppvisar flera länder (dock inte alla) en mer positiv utveckling vad gäller andelen anställda IKT-specialister än Sverige. Det har inneburit att Sveriges försprång till dessa länder minskat under senaste 10-årsperioden, figur 48.

Data från Eurostat visar att en relativt liten andel företag i Sverige (18 procent år 2016) har IKT-specialister anställda. Motsvarande siffror för Danmark och Finland är 25 respektive 24 procent. Det är dock en stor skillnad mellan stora företag där 71 procent har IKT-specialister anställda medan endast 16 procent av de svenska små och medelstora företag (SMF) har IKT-specialister anställda.

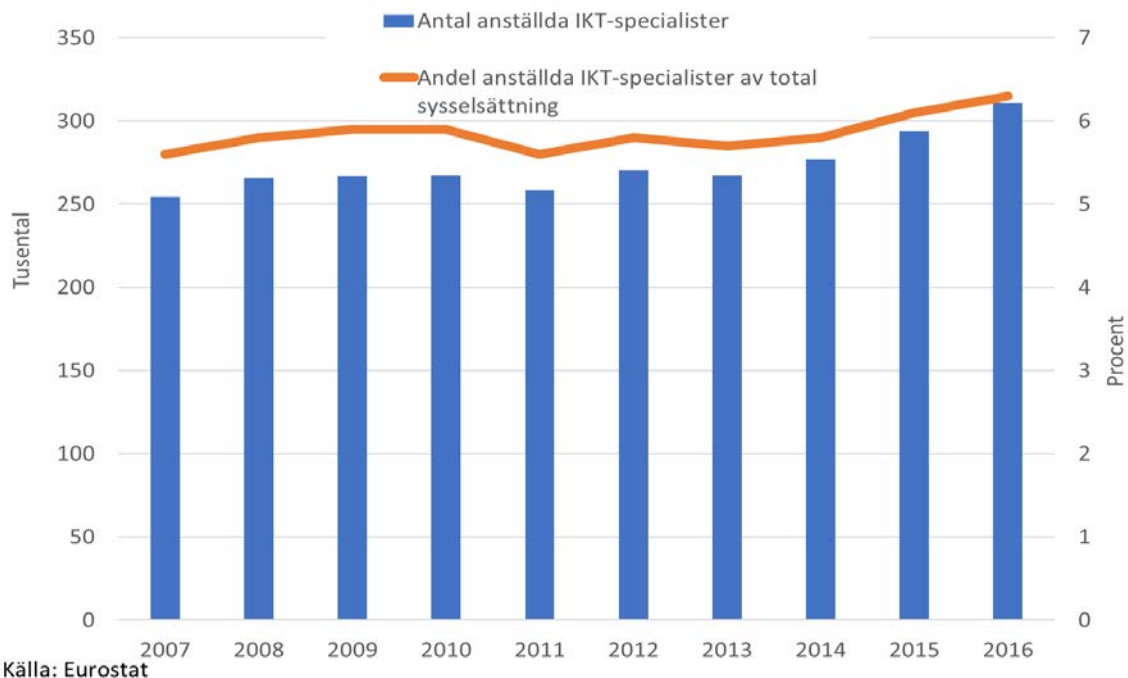
Även när det gäller rekrytering eller försök till rekrytering av IKT-specialister placerar sig Sverige förhållandevis lågt. 8 procent av de svenska företagen säger sig ha rekryterat eller försökt rekrytera IKT-specialister 2016. Detta kan jämföras med Danmark (11 procent) och Finland (9 procent). Återigen framträder en markant skillnad mellan stora företag där 43 procent rekryterat eller försökt rekrytera. Motsvarande siffra för SMF är 7 procent.

Av de företag som rekryterat/försökt rekrytera IKT-specialister har 50 procent av företagen i Sverige svårighet att fylla vakanserna. En något större andel av de stora företagen (55 procent) jämfört med SMF (50%) upplever svårighet att rekrytera IKT-specialister, och 25 procent av de

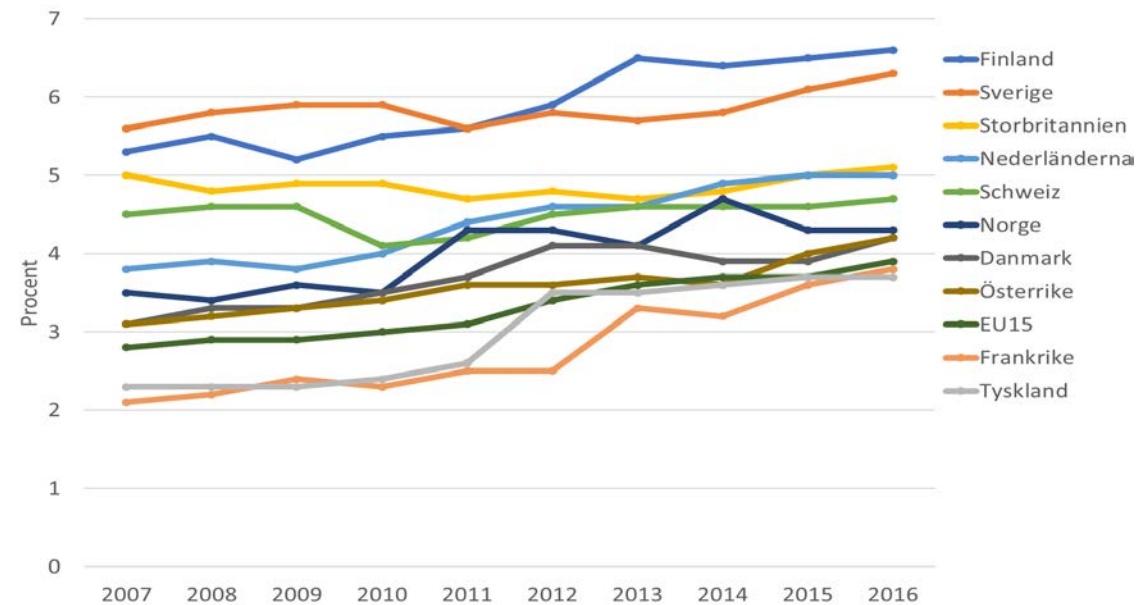
²⁸ Eurostat definierar IKT-specialister som "workers who have the ability to develop, operate and maintain ICT systems, and for whom ICT constitute the main part of their job". Definitionen av IKT-specialister utgår från yrkesklassificeringen, och utnyttjar utbildningsinriktningen som komplement. För mer information se http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc_skslf_esms.htm#meta_update1474465177387

svenska företagen har år 2016 vidareutbildat sin personal i syfte att uppgradera IKT-kompetensen. I Finland är motsvarande siffra 34 procent i Danmark 28 procent. Även här är det en stor skillnad mellan stora företag (74 procent) och SMF (23 procent), figur 49.

Figur 48 Antal anställda IKT-specialister i Sverige och dess andel av total sysselsättning 2007–2016



Figur 49 Andel IKT-specialister av total sysselsättning för ett urval av länder 2007–2016



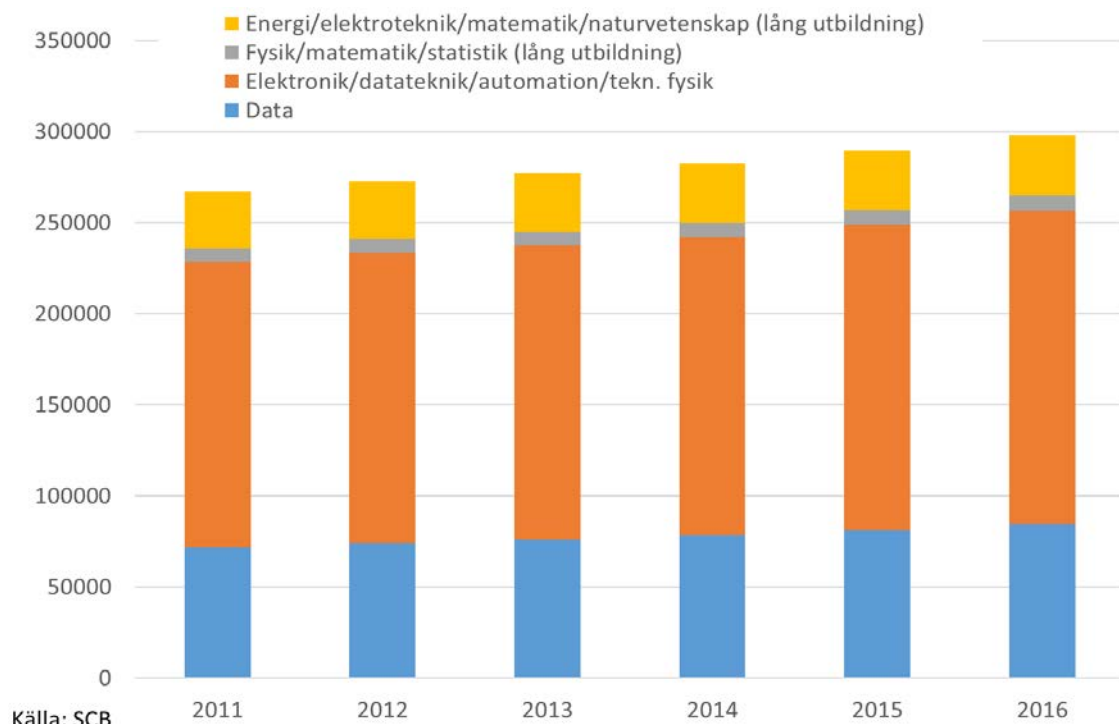
9.3 IKT-kompetens i den svenska arbetskraften

Med utgångspunkt i SCB:s Svensk UtbildningsNomenklatur (SUN) har utbildningsinriktningar identifierats där förutsättningarna för kompetensutveckling inom AI bedöms vara särskilt god. De utbildningsinriktningar som antagits ha särskilt goda sådana förutsättningar är:

- Data (utbildningsinriktning 48)
- Elektronik (utbildningsinriktning 523)
- Datateknik (utbildningsinriktning 523)
- Automation (utbildningsinriktning 523)
- Civilingenjör teknisk fysik (utbildningsinriktning 520a)
- Eftergymnasial utbildning (minst 3 år) inom fysik/matematik/statistik (utbildningsinriktning 441z, 461z och 462z)
- Eftergymnasial utbildning (minst 3 år) inom energiteknik, elektroteknik och matematik/naturvetenskap (utbildningsriktning 522a, 522x och 469x)

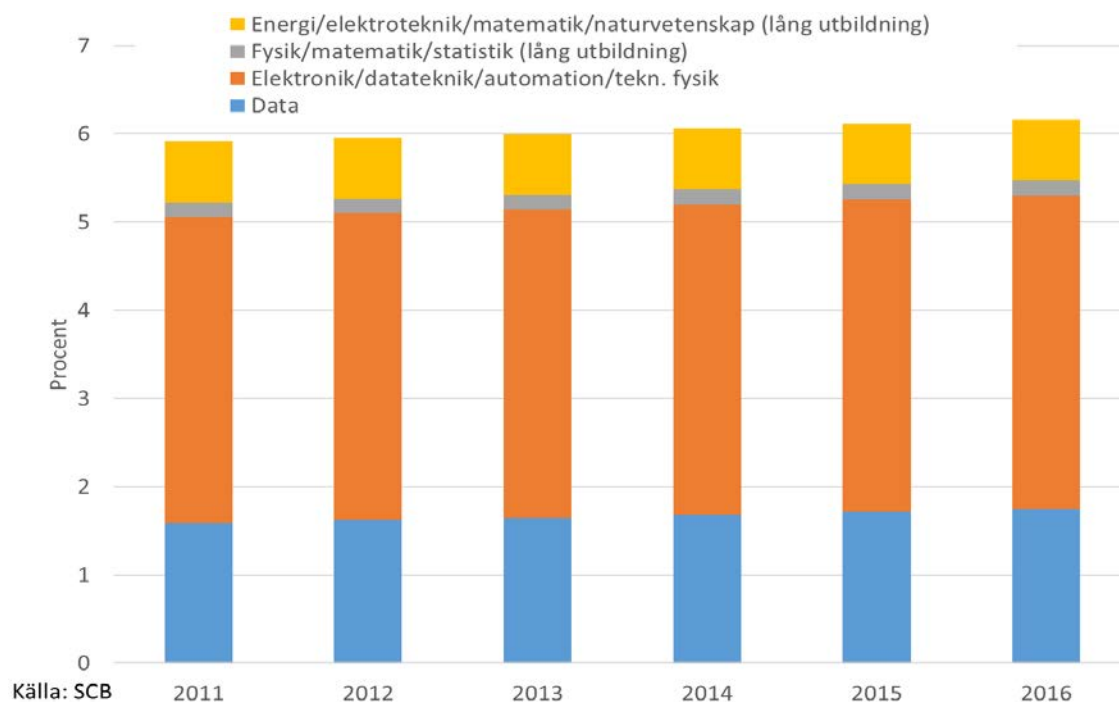
Statistik från SCB visar att det totala antalet förvärvsarbetande med någon av dessa utbildningar (hädanefter benämnda IKT-specialister²⁹) har ökat från knappt 267 000 år 2011 till nära 298 000 år 2016 se figur 50. Som andel av totalt antal förvärvsarbetande har deras andel ökat från 5,9 procent år 2011 till 6,2 procent år 2016, se figur 51.

Figur 50 Antal förvärvsarbetande med utbildning inom IKT/matematik i Sverige 2011–2016



²⁹ Observera att IKT-specialister här skiljer sig något från Eurostats definition (se tidigare fotnot). Här baserar sig urvalet på utbildningsinriktningar. Huvuddelen av de personer som här inkluderats (cirka 82 procent) har dock en utbildning som enligt SCB definieras som IT. Vi har därför valt att bibehålla beteckning IKT-specialister även för denna grupp.

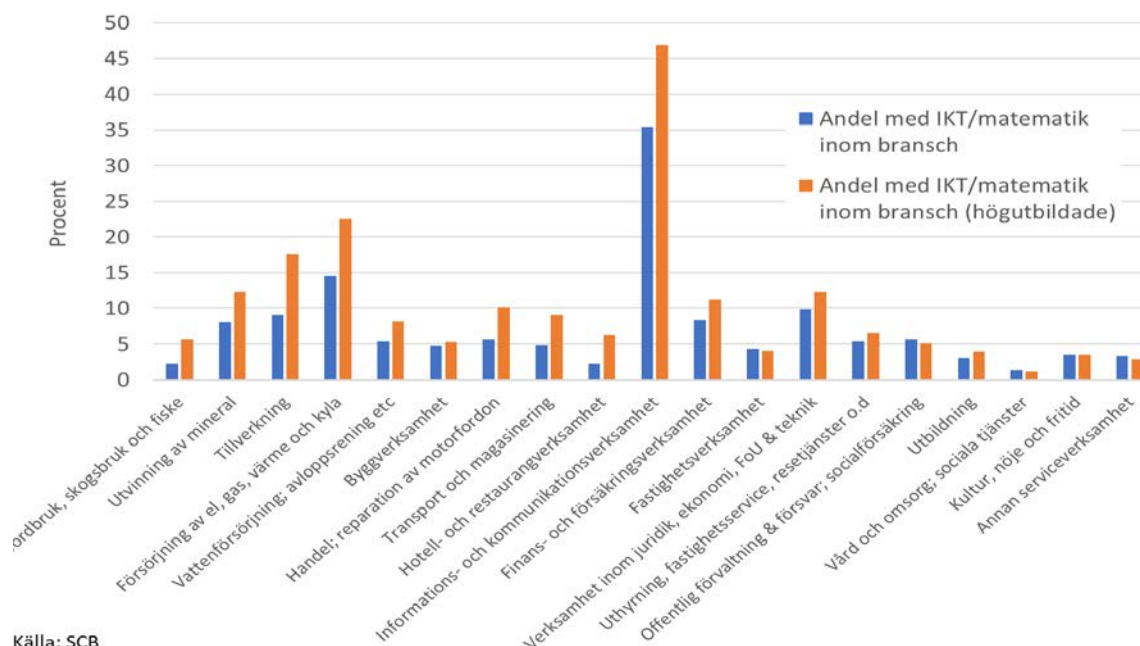
Figur 51 Andel förvärvsarbetande med utbildning inom IKT/matematik i Sverige 2011–2016



På uppdrag av Vinnova har SCB fördelat de förvärvsarbetande på den näringsgren där de är sysselsatta. Den bild som framträder är att andelen sysselsatta IKT-specialister av totalt antal sysselsatta varierar stort mellan olika näringsgrenar. Figur 45 visar dels andelen förvärvsarbetande IKT-specialister (oavsett utbildningsnivå) av samtliga förvärvsarbetande inom respektive näringsgren, och dels andelen högutbildade IKT-specialister (minst 3 år eftergymnasial utbildning och forskarutbildade) av samtliga med lång utbildning i respektive näringsgren.

För ekonomin i sin helhet uppgår andelen IKT-specialister till 6,2 procent och för de högutbildade IKT-specialisterna är andelen 9,1 procent av totalt anställda högutbildade i ekonomin. Intensiteten av IKT-specialister varierar stort mellan olika näringsgrenar. Informations- och kommunikationsverksamhet (SNI 58–63) har den klart högsta koncentrationen av IKT-specialister. Den är även hög inom exempelvis Försörjning av el, gas, värme och kyla (SNI 35) och Tillverkning (SNI 10–33), figur 52.

Figur 52 Andel förvärvsarbetande per bransch med utbildning inom IKT/matematik år 2016. För alla utbildningsnivåer och för de med lång utbildning



Källa: SCB

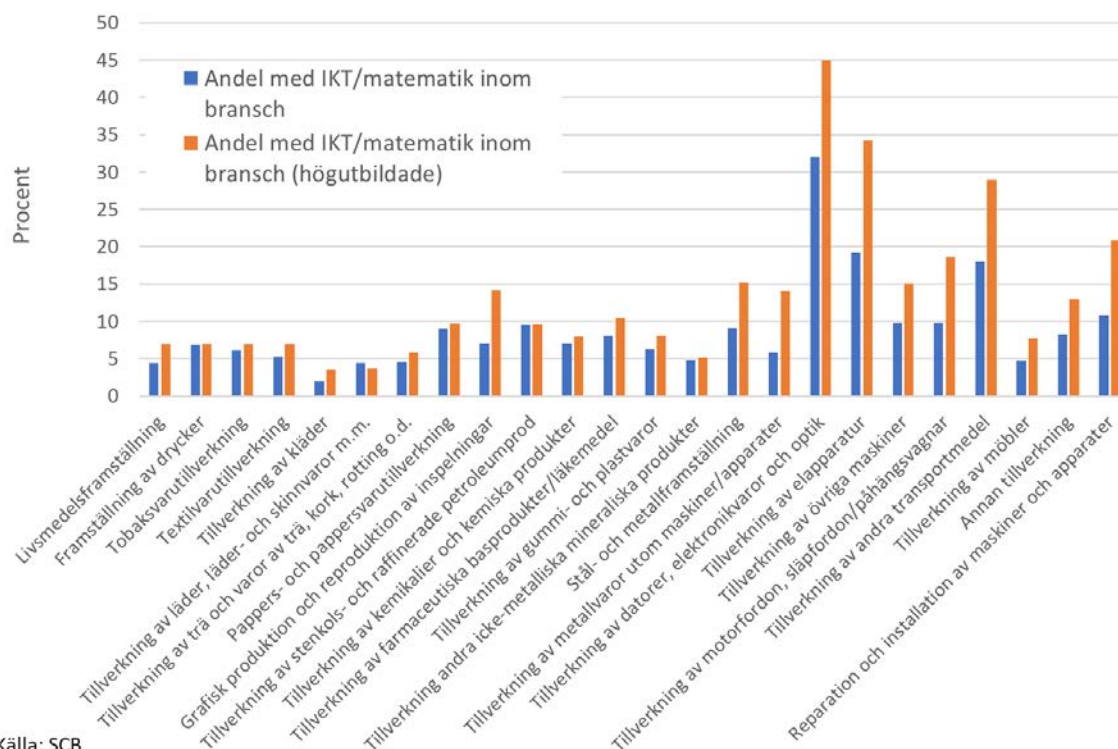
9.3.1 Förvärvsarbetande IKT-specialister i tillverkningsindustrin³⁰

År 2016 sysselsattes nära 540 000 personer i tillverkningssektorn, vilket motsvarar cirka 11,2 procent av Sveriges totala sysselsättning. Av dessa hade cirka 49 000 personer en utbildning inom utbildningsinriktningar som vi här betecknat som IKT-specialister.

Antalet högutbildade (minst 3 år eftergymnasial utbildning eller forskarutbildning) i tillverkningssektorn med IKT-utbildning uppgick till cirka 15 300 personer, vilket motsvarar nära 18 procent av tillverkningssektorns samtliga högutbildade. Det finns i tillverkningssektorn vissa branscher där den intensiteten av högutbildade inom IKT är väsentligt högre. Det gäller exempelvis för Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik (45 procent), Tillverkning av elapparatur (34 procent) och Tillverkning av andra transportmedel (29 procent), figur 53. Å andra sidan finns flera branscher där intensiteten av högutbildade inom IKT är betydligt lägre än genomsnittet. Tjänstefiering och statistiska omklassningar av hela eller delar av verksamheter gör det svårt att dra några slutsatser om eventuella förändringar över tiden.

³⁰ Tillverkningssektorn utgörs av SNI-koderna 10–33.

Figur 53 Andel förvärvsarbetande per bransch i tillverkningssektorn med utbildning inom IKT år 2016. För alla utbildningsnivåer och för de med lång utbildning



Källa: SCB

Förvärvsarbetande IKT-specialister i IKT-sektorn

Ett sätt att delvis kontrollera för omklassningar från tillverkningssektorn till tjänstesektorn är att aggregera näraliggande branscher från såväl tillverkningssektorn som tjänstesektorn.

IKT-sektorn definieras enligt OECD som:

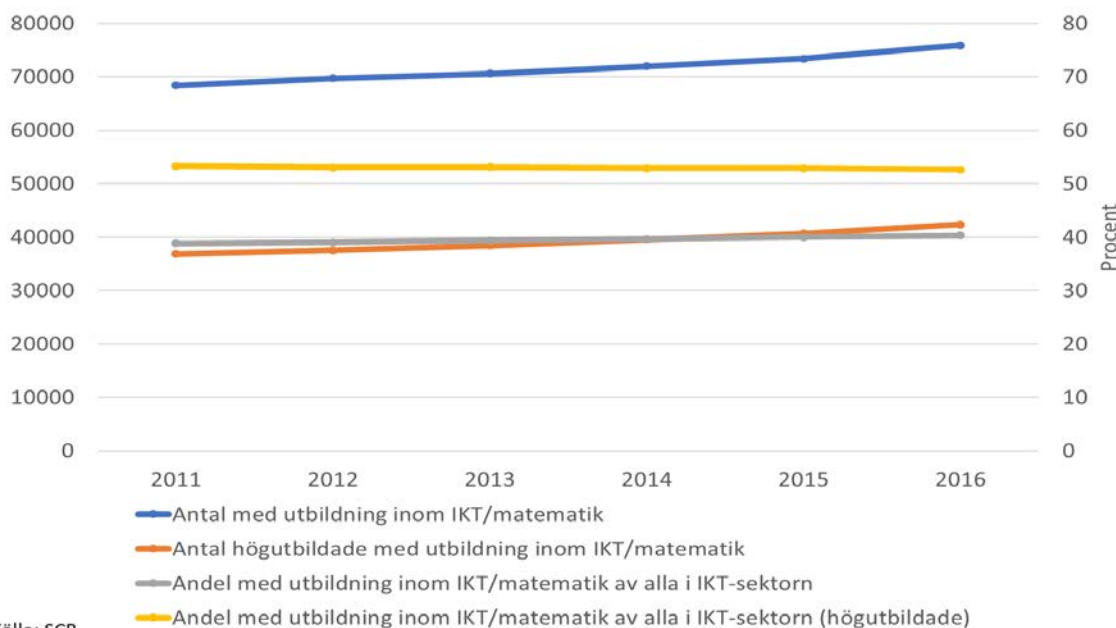
- SNI 261 Industri för elektroniska komponenter och kretskort
- SNI 262 Industri för datorer och kringutrustning
- SNI 263 Industri för kommunikationsutrustning
- SNI 264 Industri för hemelektronik
- SNI 268 Industri för magnetiska och optiska medier
- SNI 465 Partihandel med informations- och kommunikationsutrustning
- SNI 582 Programvaruutgivare
- SNI 61 Telekommunikation
- SNI 62 Dataprogrammering, datakonsultverksamhet o.d.
- SNI 631 Andra informationstjänstföretag
- SNI 951 Reparationsverkstäder för datorer och kommunikationsutrustning

IKT-sektorn sysselsatte år 2011 cirka 176 000 och 2016 188 000 personer, vilket motsvarar knappt 4 procent av Sveriges totala sysselsättning. I internationell jämförelse är andelen sysselsatta i IKT-sektorn relativt hög i Sverige, år 2015 placerade sig Sverige på en sjunde plats bland OECD-länderna³¹.

³¹ OECD (2017), OECD Digital Economy Outlook 2017, OECD Publishing, Paris

Cirka 25 procent av samtliga med IKT-utbildning och cirka 36 procent av samtliga högutbildade med en IKT-utbildning sysselsattes år 2016 i IKT-sektorn. År 2011 uppgick antalet sysselsatta med en IKT-utbildning inom IKT-sektorn till drygt 68 300. År 2016 hade antalet ökat till knappt 75 900 personer. Antalet högutbildade (dvs. minst 3 år eftergymnasial utbildning eller forskarutbildning) uppgick 2011 till 36 800 och 2016 till 42 300. Intensiteten, dvs. andelen med IKT-utbildning av totalt antal sysselsatta i IKT-sektorn är svagt ökande och uppgick till 40 procent år 2016. Motsvarande andel för de högutbildade är relativt konstant kring 53 procent, figur 54.

Figur 54 Antal och andel förvärsarbetande med utbildning inom IKT/matematik i IKT-sektorn 2011–2016



Källa: SCB

Förvärsarbetande IKT-specialister inom två koncerngrupperingar

Vinnova har även givit SCB i uppdrag att ta fram utbildningsprofiler för särskilt utpekade koncerner. Specifikt gäller detta för två grupper av koncerner, dels stora FoU-utförande företagsgrupperingar och dels internationella företagsgrupperingar med huvudsaklig verksamhet utanför tillverkningssektorn. I den första gruppen återfinns Ericsson, AstraZeneca, Volvo Cars/Cevt, Saab (försvar), AB Volvo, Scania, ABB, ÅF, Sandvik, Alten, Atlas Copco, Tieto, GKN Aerospace, GE Healthcare, Nevs, Bombardier, SonyMobile, TetraPak, Semcon, Autoliv, HIQ och Axis/Svensk Canon. I den andra gruppen återfinns Postnord, PEAB, Nordstjernan, IKEA, H&M, Vattenfall, Securitas, SEB, Nordea, Swedbank, Handelsbanken, Stena metall/Stena AB, Telia och Skanska. De förvärsarbetande i respektive koncerngrupp och de förvärsarbetande utanför koncerngrupperna har kategoriserat i 5 grova näringsgrensklasser³² som förenklat kan beskrivas som:

- Tillverkning
- Privata tjänster
- Offentliga tjänster

³² Tillverkning utgörs av Avdelning C, Privata tjänster utgörs av Avdelning G-N, R, S, T, Offentliga tjänster utgörs av O, P, Q, U, Övriga näringsgrenar utgörs av A, B, D, E, F och Okänd näringsgren omfattar de förvärsarbetande där näringsgrenen är okänd. För en mer detaljerad sammanställning över vilka näringsgrenar som ingår i respektive näringsgrenskategori se <https://www.scb.se/contentassets/d43b798da37140999abf883e206do545/struktur-sni2007.pdf>

- Övriga näringsgrenar
- Oklassad näringsgren

Det totala antalet förvärvsarbetande i den första gruppen, FoU-koncerner, uppgick år 2015 till cirka 148 700. Det totala antalet förvärvsarbetande i den andra gruppen, Internationella koncerner utanför tillverkningssektorn, uppgick år 2015 till cirka 170 200. Merparten av de förvärvsarbetande i FoU-koncernerna är sysselsatta i tillverkningssektorn, 115 800, och privata tjänster 32 700. I gruppen internationella koncerner är huvuddelen sysselsatta i privata tjänster 126 300, och övriga näringsgrenar 37 300.

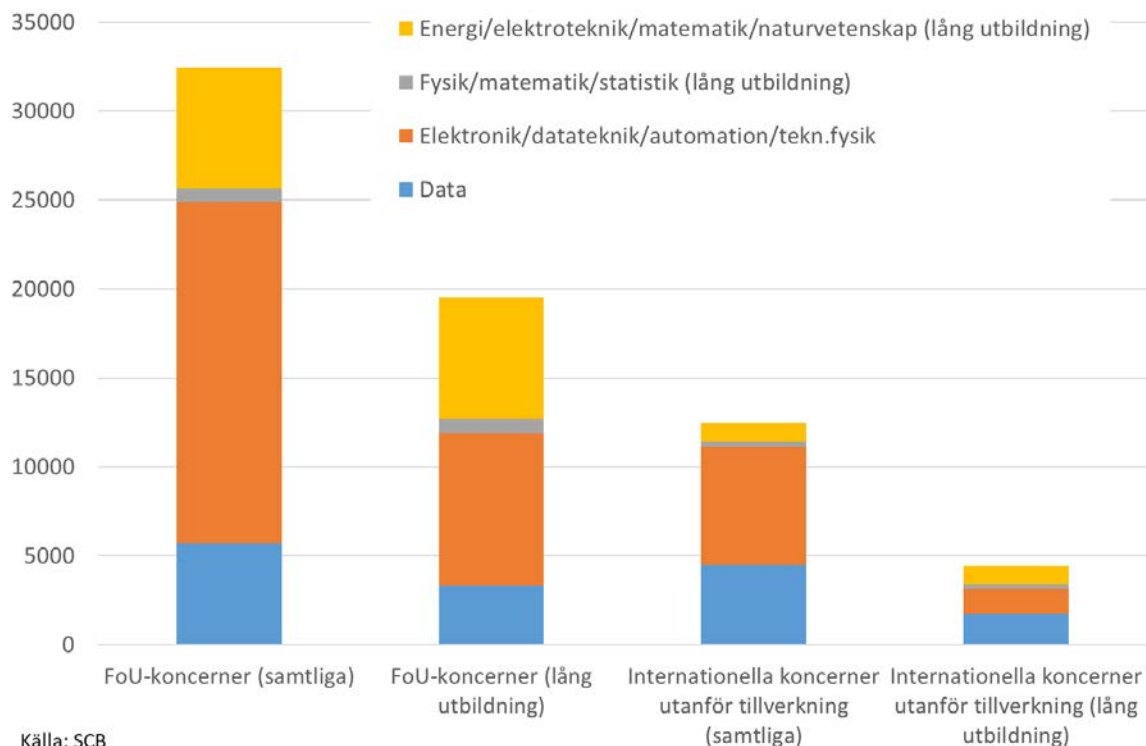
I FoU-koncernerna har cirka 32 500 en utbildning inom IKT, och av dessa har cirka 19 500 en lång utbildning (minst 3 år eftergymnasial utbildning eller forskarutbildning). I de internationella koncernerna utanför tillverkningssektorn har cirka 12 500 förvärvsarbetande en utbildning inom IKT, och av dessa har knappt 4 500 en lång utbildning, figur 55.

I relation till det totala antalet förvärvsarbetande i FoU-koncernerna så har nära 22 procent en utbildning inom IKT. Ser man till enbart de med lång utbildning så är andelen med utbildning inom IKT nära 35 procent. Motsvarande uppgifter för de förvärvsarbetande i de internationella koncernerna utanför tillverkningssektorn är 7,3 procent respektive 12 procent. Som jämförelse kan nämnas att andelen med IKT-utbildning bland de förvärvsarbetande i tillverkningssektorn som inte ingår i de båda koncerngrupperna uppgår till 7,6 procent och till 13,5 procent om man endast studerar de med lång utbildning, figur 56.

Huvuddelen (78 procent) av de förvärvsarbetande i FoU-koncernerna är sysselsatta i tillverkningssektorn. Intensiteten av utbildade inom IKT i dessa koncerner är väsentligt högre än vad den är för de resterande sysselsatta i tillverkningssektorn. 22 procent av FoU-koncernernas förvärvsarbetande arbetar inom privata tjänster. Även för denna grupp är andelen med utbildning inom IKT väsentligt högre än vad den är för de resterande sysselsatta i privata tjänster.

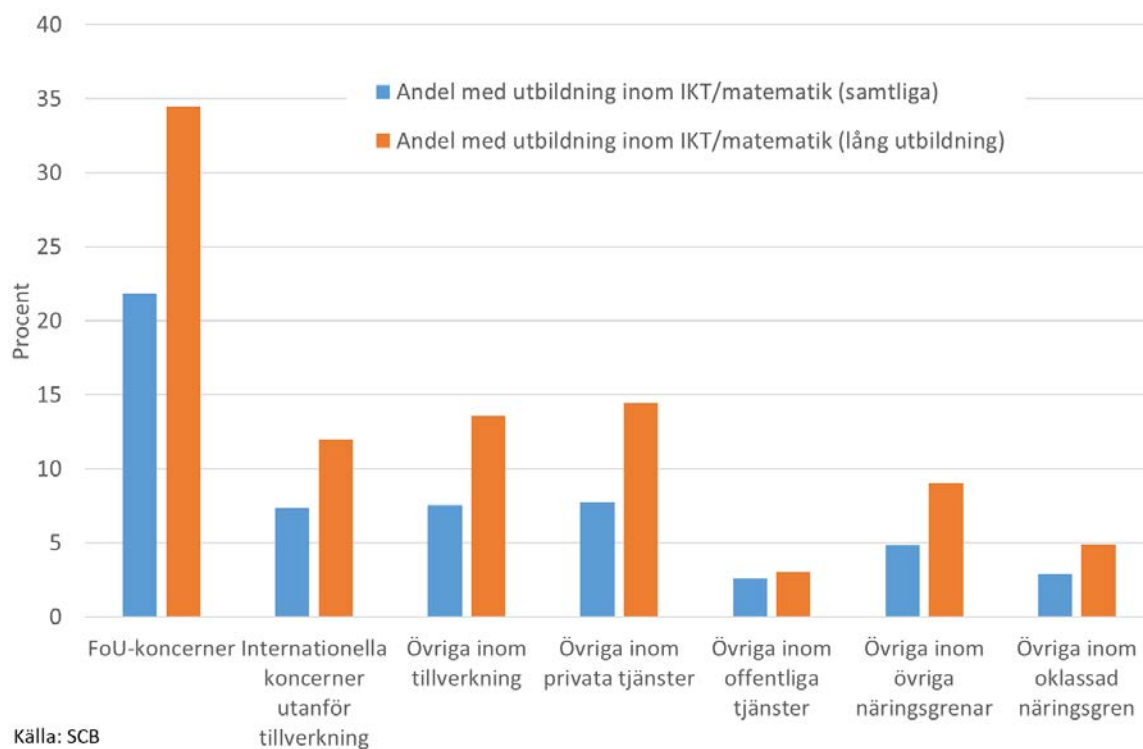
För de internationella koncernerna utanför tillverkningssektorn sysselsätts flertalet inom privata tjänster (74 procent) och inom övriga näringsgrenar (22 procent). Intensiteten av utbildade inom IKT i dessa koncerner är snarlik resterande sysselsatta inom dessa näringslivsgrupper.

Figur 55 Antal förvärsarbetande inom IKT/matematik i två koncerngrupperingarna. Dels för samtliga förvärsarbetande och dels för de med lång utbildning



Källa: SCB

Figur 56 Andel förvärsarbetande inom IKT/matematik i två koncerngrupperingarna och bland övriga förvärsarbetande. Dels för samtliga förvärsarbetande och dels för de med lång utbildning



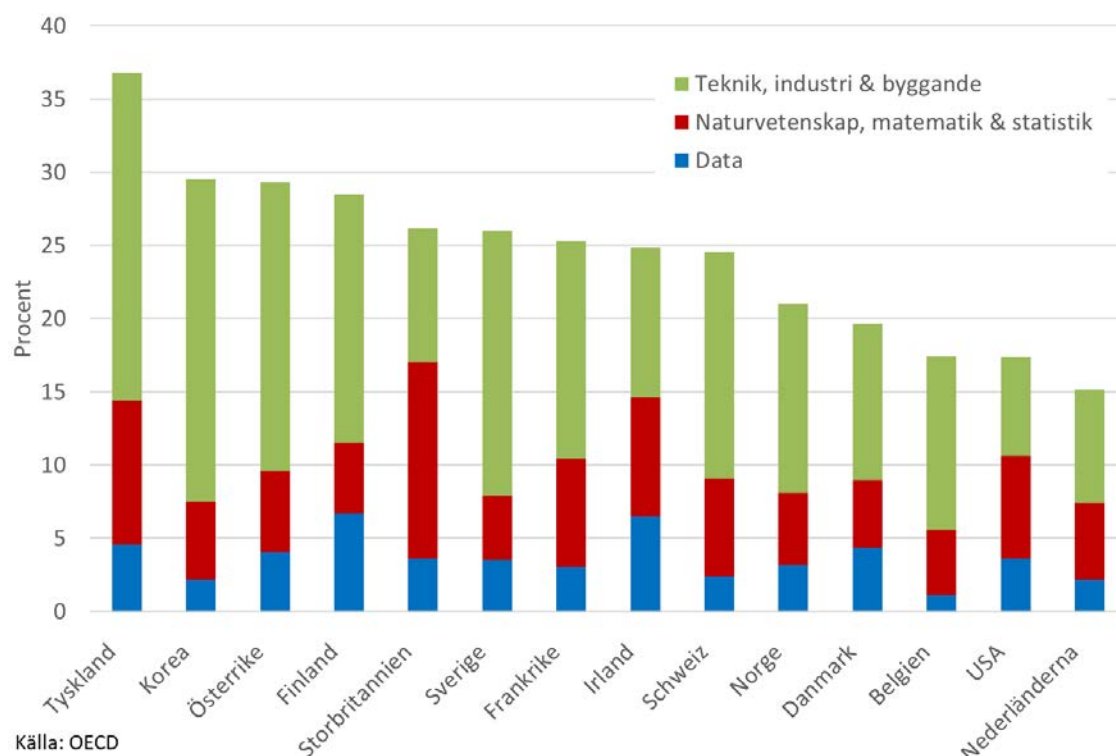
Källa: SCB

Examinering av IKT-specialister i internationell jämförelse

Brist på internationellt jämförbara data innebär att internationella jämförelser måste baseras på grövre utbildningskategorier. I Education at a Glance³³ redovisar OECD uppgifter avseende andelen examinerade från eftergymnasial (tertiär) STEM-utbildning (naturvetenskap, teknik, ingenjörsvetenskap och matematik), vilket är bredare än vad vi här definierat som IKT-specialister. Andelen examinerade inom STEM-utbildningar uppgår i Sverige till 26 procent, se figur 57. Sverige placerar sig här efter länder som Tyskland, Finland och Österrike, men före länder som Norge, Danmark, USA och Nederländerna.

I OECD:s utbildningsdatabas³⁴ redovisas uppgifter över antalet examinerade från eftergymnasial utbildning på en finare nivå, men nyckeln mellan svenska SUN-koder och den internationella nomenklaturen ISCED-F 2013 är inte entydig för alla utbildningsinriktningar. Det finns dock möjlighet att ta fram jämförbar statistik för utbildningsinriktningarna data, elektronik/datateknik/automation, matematik/statistik och fysik, se figur 58. För svensk del uppgick andelen som examinerades inom dessa områden till cirka 7 procent. Sverige placerar sig i det avseendet efter länder som Tyskland, Finland och Österrike, men före länder som Norge, Danmark, och Nederländerna.

Figur 57 Andel examinerade med eftergymnasial utbildning inom STEM-området år 2016



I OECD:s utbildningsdatabas³⁵ redovisas även antalet personer som examineras från forskarutbildning (inkluderar examen på licentiatnivå) inom utbildningsinriktningarna data, elektronik/datateknik/automation, matematik/statistik och fysik. För svensk del uppgick

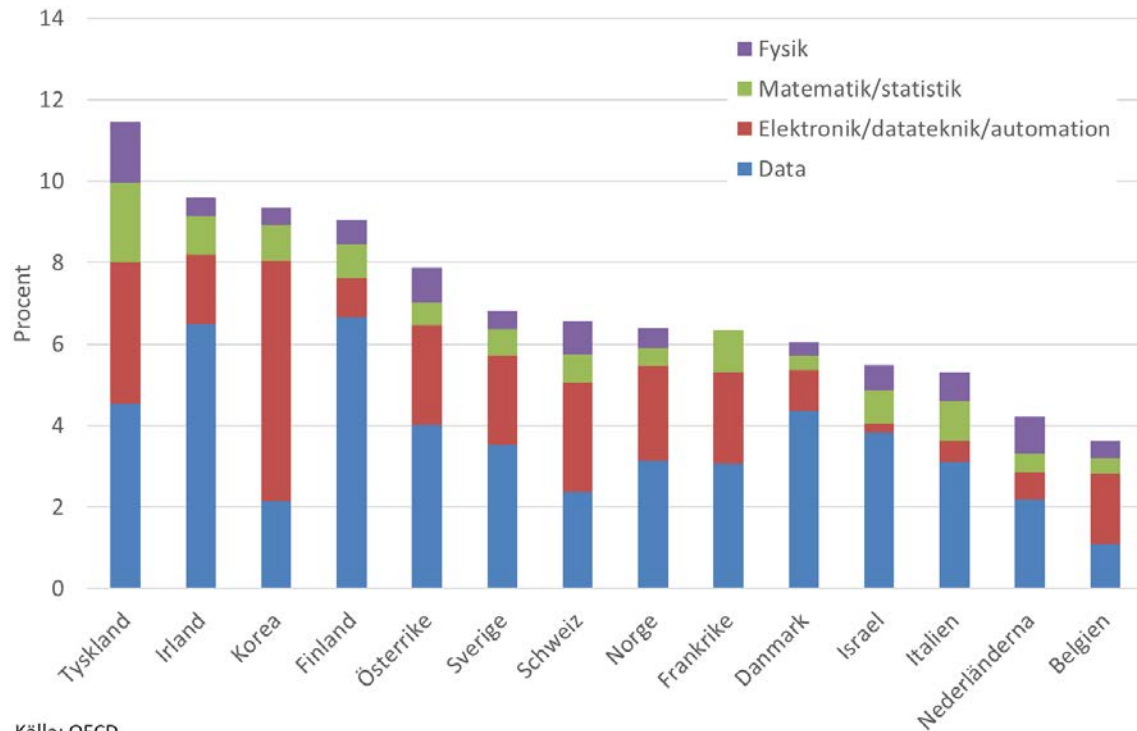
³³ OECD (2017), Education at a Glance 2017: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris.

³⁴ OECD, OECD.stat

³⁵ OECD, OECD.stat

andelen forskarexaminerande 2016 inom dessa områden till cirka 17,5 procent, vilket innebär att Sverige placerar i toppen av studerade länder, figur 59.

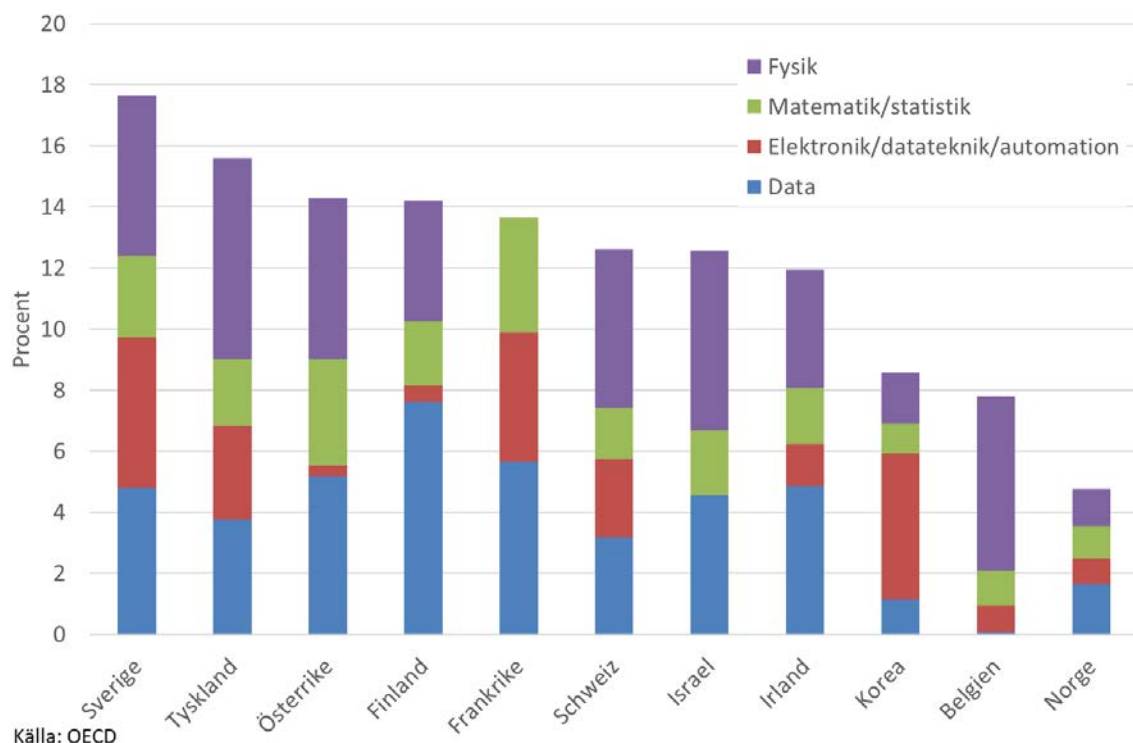
Figur 58 Andel examinerade med eftergymnasial (tertiär) utbildning inom IKT, elektronik/datateknik/automation, matematik/statistik och fysik år 2016



Källa: OECD

Not: För Frankrike saknas uppgift över examinerade inom fysik.

Figur 59 Andel examinerade med forskarutbildning inom IKT, elektronik/datateknik/automation, matematik/statistik och fysik år 2016



Not: För Frankrike saknas uppgift över examinerade inom fysik och för Israel saknas examinerade från elektronik/datateknik/automation.

10 Universitet och högskolor

Universitet och högskolor kommer att spela en nyckelroll i Sveriges AI-utveckling, eftersom AI-kompetens kommer att vara av avgörande betydelse för Sveriges möjligheter att realisera AI-potentialen. Utbildning, vidareutbildning och forskning inom AI kommer i det sammanhanget att vara centrala, både ifråga om att generera grundläggande AI-kompetens och spetskompetens inom AI.

I detta kapitel diskuteras universitet och högskolors förutsättningar och drivkrafter för att hantera de utmaningar som finns ifråga om prioriteringar och kontinuerlig förnyelse som kommer att krävas för Sveriges kompetensförsörjning och internationella attraktionskraft inom AI.

10.1 Globaliserat kunskapslandskap

Ett globalt kunskapslandskap håller på att växa fram i snabb takt. De tidigare relativt slutna nationella systemen öppnar gränserna för kunskap, talang och resurser. Både individer och kunskaper har blivit mer rörliga över gränserna.

Det globaliserade kunskapslandskapet har också ökat möjligheter till och nödvändigheten av internationella samarbeten, men har också gett upphov till ökad konkurrens om studenter och lärare³⁶. Finansieringsströmmarna blir också alltmer internationella, till exempel som en följd av ökande finansiering via EU, men också genom att företagen i större utsträckning utvecklar globala forskningsnätverk³⁷. Universiteten kan betraktas som alltmer konkurrensutsatta och inte längre naturliga eller automatiska delar av staten eller det nationella samhället. Denna internationella konkurrens kommer i hög grad att karakterisera AI-området.

Sveriges AI-utveckling och universitet och högskolors attraktionskraft och roller för kompetensförsörjning inom AI kommer att ställa stora krav på universitet och högskolor. Å ena sidan kommer det att ställa stora krav på deras förmåga att kontinuerligt utveckla, anpassa och dimensionera utbildningar och vidareutbildningar till samhällets behov av AI-utbildningar för olika områden och för människor med olika baskompetenser. Å andra sidan kommer det att ställa stora krav på förmågan att prioritera forskning för att kunna ligga vid den internationella forskningsfronten inom AI.

Antalet studenter som läser utomlands har ökat markant de senaste åren och förväntas fortsätta att öka de kommande 10 åren. Mellan 2001 och 2012 mer än fördubblades antalet globalt rörliga studenter, dvs. studenter som läser utanför sitt hemland³⁸. Mellan 2005 och 2015

³⁶ OECD (2015), Scoping paper for CSTP/TIP project on higher education institutions in the knowledge triangle. DSTI/STP(2015)6, OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development.

³⁷ Jacob, M. (2015), Draft RIO Country Report 2014: Sweden. Nilsson, R. (2015), Statlig FoU-finansiering i Sverige 1981-2014, arbetsdokument, VINNOVA

³⁸ OECD (2014), Education at a Glance 2014: OECD Indicators, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2014-en>

har antalet utländska studenter ökat med 85 % i USA³⁹ medan antalet utländska studenter vid toppuniversiteten i Storbritannien nästan fördubblats under samma tidsperiod⁴⁰. I Australien har antalet internationella studenter på universiteten ökat med 50 % mellan 2004 och 2014.⁴¹ I Danmark, Nederländerna och Österrike har antalet internationella studenter mer än fördubblats på 10 år⁴².

Med denna ökade rörlighet är det viktigt att svenska universitet och högskolor stärker sin globala profil och blir attraktiva miljöer för kunskapsutveckling. Detta kan dels attrahera individer och forskningsresurser, dels stärka den regionala omgivningen⁴³. Ett internationellt perspektiv stärker också de kvalitativa drivkrafterna för enskilda lärare och forskare⁴⁴.

I Sverige minskade antalet utländska studenter till följd av introduktionen av studieavgifter för studenter från utanför EU/EES 2011⁴⁵. 2013/2014 var antalet studenter som kom från andra länder än EU/EES 62% lägre än innan införandet av studieavgifter⁴⁶. Det är framförallt ”free mover” studenter från Afrika och Asien som minskat. Numera består majoriteten av de utländska studenterna av europeiska utbytesstudenter som bara stannar en eller två terminer⁴⁷.

En annan förändring som skapar nya utmaningar och möjligheter för det globala universitetssystemet är den digitala utvecklingen. Trots att konsekvenserna av detta är svåra att förutse är det tydligt att utbildning och forskning nu kan bedrivas i former som inte längre är knutna till en särskild tid eller plats. Detta ökar ytterligare kampen om studenter, forskare och resurser, vilket sätter extra press på lärosätena att definiera sina styrkeområden och profiler, och hitta vägar att koppla dessa till det utbud och de kanaler som utvecklas via den nätbaserade kunskapen. Framväxten av Massive Open Online Courses (MOOCs) är ett tydligt exempel på detta. Dessa erbjuder möjligheter att nå nya och större målgrupper och nyskapande sätt att mäta och följa lärande. De har potential att bli en radikal innovation inom utbildningsvärlden, men konsekvenserna är fortfarande svåra att överskåda.

Ytterligare en internationell utveckling med viktiga implikationer för universitet och högskolor i många delar av världen är ökande tecken på ett matchningsproblem mellan efterfrågan på färdigheter och kompetenser på arbetsmarknaden å ena sidan och hög strukturell arbetslöshet å andra sidan. Denna utveckling noteras i ett stort antal länder och inkluderar i många fall även grupper av individer med högre utbildning. Situationen har lett till en mer grundläggande diskussion om den högre utbildningens innehåll och inriktning, t.ex. om det krävs fler människor med spetskompetens inom olika områden eller om unga människor i högre utsträckning

³⁹ Wall Street Journal (2015), International students stream into US colleges, M. Jordan, 24 mars. <http://www.wsj.com/articles/international-students-stream-into-u-s-colleges-1427248801>

⁴⁰ The Telegraph (2015), Number of foreign students at top universities doubled in less than a decade, research finds. J. Espinoza, 29 maj <http://www.telegraph.co.uk/education/educationnews/11639807/Number-of-foreign-students-at-top-universities-doubled-in-less-than-a-decade-research-finds.html>

⁴¹ <https://internationaleducation.gov.au/research/International-Student-Data/Pages/InternationalStudentData2014.aspx>

⁴² UNESCO Institute for Statistics database

⁴³ Bienenstock m.fl., (2014), Utbildning, forskning, samverkan. Vad kan svenska universitet lära av Stanford och Berkeley? SNS förlag.; Jacob, 2015.

⁴⁴ Jacob, 2015 Bienenstock et al 2014

⁴⁵ Universitetskanslersämbetet, UKÅ (2015), Universitet och högskolor, ÅRSRAPPORT 2015. Universitetskanslersämbetet, Sveriges officiella statistik.

⁴⁶ Universitetskanslersämbetet, UKÅ (2014), Universitet och högskolor, Internationell studentmobilitet i högskolan 2013/2014, Universitetskanslersämbetet, Sveriges officiella statistik, Statistiska meddelanden UF SM 1402.

⁴⁷ Ibid

bör förses med övergripande och breda färdigheter som tillåter dem att snabbt anpassa sig till varierande arbetsuppgifter och karriärer⁴⁸.

Globaliseringen, digitaliseringen och matchningsutmaningar har gjort att frågor om kunskaps-systemets framtid står högt på den politiska dagordningen världen över.

10.2 Utveckling av universitet och högskolor i Sverige

I linje med den internationella utvecklingen har svenska universitet och högskolor (UoH) gått från att vara elituniversitet för de få till att bli massuniversitet. Det är en följd av flera olika faktorer, men främst ambitionen att höja samhällets generella utbildningsnivå.

Lärosätena har stor frihet att själva besluta om dimensioneringen av sitt utbildningsutbud och utbildningarnas innehåll. Enligt deras regleringsbrev ska dock utbildningsutbudet vid universitet och högskolor svara mot studenternas efterfrågan och arbetsmarknadens behov. Studenternas efterfrågan har stor betydelse för dimensioneringen av utbildning, eftersom de statliga anslagen för utbildning på grundnivå och avancerad nivå baseras på antalet registrerade studenter och deras poängproduktion.⁴⁹

Samtidigt växer förväntan på UoH att bidra aktivt och målmedvetet till samhällsutvecklingen i bred mening⁵⁰. UoH har därför rört sig mot att bli centrala aktörer i olika typer av innovationsprocesser. Det ger dem ett mer sammansatt uppdrag där många olika roller och förväntningar ska samspela – nyfikenhetsdriven och tillämpningsnära forskning, samverkan och utbildning⁵¹. Detta sammansatta uppdrag ställer krav på en uttalad idé eller vision om hur olika roller och uppdrag ska förhålla sig till varandra.

Universitet och högskolor i Sverige, liksom i många andra länder, har idag en historiskt unik grad av självbestämmande över resursfördelning, organisation och arbetsformer. Deras uppgifter och mandat har vuxit kraftigt. Detta ställer krav på att universitetens organisation och ledning förändras för att kunna – själva och i samarbete med andra intressenter och finansierare – identifiera hållbara arbetssätt, mål och ambitioner⁵².

Det finns stora skillnader i hur olika UoH hanterat sina olika roller och förväntningar. Skillnaderna kan inte enbart förklaras med strategiska val utan handlar också om förutsättningar och grundläggande villkor. En viss variation i hur universiteten arbetar är därför oundviklig,

⁴⁸ Institute for the Future (2011), Future Work Skills 2020. http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_future_work_skills_sm.pdf

⁴⁹ UKÄ, Samverkan om dimensionering av utbildning - En kartläggning - rapportering av ett regeringsuppdrag, Rapport 2018:4, s.6.

⁵⁰ Berggren, H. (2012), Den akademiska frågan - en ESO-rapport om frihet i den högre skolan, Rapport till Expertgruppen för studier i offentlig ekonomi 2012:3, Finansdepartementet.; Ejermo, O. (2012), Universitet som drivkraft för tillväxt och utveckling, reprocentralen Örebro universitet, Forskning Nätverk Debatt, Entreprenörskapsforum; Carlsson m.fl., (2014), Research Quality and the Role of the University Leadership; Eriksson, L. och Heyman, U. (2014), Resurser för utbildning och forskning. Dnr 14/014 SUHF april 2014; Perez Vico m.fl. (2015), Universitets och högskolors samverkansmönster och dess effekter, VINNOVA analys.

⁵¹ Berggren, 2012

⁵² Se t.ex. Dijstelbloem m.fl., (2013), Why Science Does Not Work as It Should And What To Do about It, Science in Transition POSITION PAPER, October 17, 2013; OECD (2013), Science, Technology and Industry Scoreboard 2013, chapter 5; European Commission (2014), Background document - Public Consultation, 'SCIENCE 2.0': Science in transition, DIRECTORATES-GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION (RTD) AND COMMUNICATIONS NETWORKS, CONTENT AND TECHNOLOGY (CONNECT).

men flera undersökningar visar att finns ett behov av ett mer aktivt förhållningssätt till hur uppgifterna ska samspara⁵³.

En stor förändring som utmanar det akademiska ledarskapet är högskolesektorns expansion. Idag utgör högskolesektorn en av de största arbetsgivarna då UoH-personal utgör 30 procent av de statsanställda i Sverige⁵⁴. Under 00-talet ökade antalet anställda på UoH med 31,4 %. Antalet studenter gick från 12 000 år 1950 till 400 000 läsåret 2008/2009⁵⁵.

Inte bara volymen, utan även ansvarsområdet har ökat. UoH har utvecklats till massinstitutioner med breda uppgifter och blandade mandat⁵⁶. Inom svenska UoH samlas grundforskning, tillämpad forskning och undervisning under samma tak⁵⁷. Dessa olika typer av aktiviteter har många olika typer av mål och intresser, och har ofta tämligen olika förutsättningar⁵⁸. Sveriges satsningar på UoH är stora i ett internationellt perspektiv, och har ökat avsevärt de senaste decennierna – särskilt sedan 2005⁵⁹. De samhälleliga förväntningarna har ökat parallellt med att statliga resurser till UoH ökat.

De stora satsningarna, utvecklingen mot massuniversitet, samt en ökande betydelse för forskningen inom samhällsutveckling i stort, har sammantaget ökat statens intresse och behov av att styra UoH⁶⁰. Genom autonomireformen har staten gått från en direktstyrning till målstyrning genom uppföljning av kvantitativa och kvalitativa resultat. Denna målstyrning uppfattas ibland som störande för verksamheten⁶¹, medan andra hävdar att större autonomi behöver balanseras med uppföljning⁶². Internationellt sett har autonomi nästan alltid följts av mer robust kvalitetsstyrning⁶³.

Den allt mer centrala roll som UoH tilldelas speglas i den stora mängden mål som verksamheten relateras till. De inkluderar regional tillväxt och konkurrenskraft, arbetsmarknadens behov, kunskapsutveckling och akademisk kvalitet, samt olika sociala och ekonomiska samhällsutmaningar⁶⁴. Forskningsfinansieringen kopplas till de mångfacetterade målen och har därmed blivit alltmer komplex och heterogen⁶⁵.

Denna mångfald av mål – tillsammans med den relativt svaga och reaktiva ledningen inom svenska UoH – har skapat osäkerhet om riktningen för svensk forskningspolitik och dess effekter på de långsiktiga villkoren för UoH⁶⁶. Det saknas också en övergripande politisk samstämmighet kring synen på organisation och ledarskap, resursfördelningsmodeller samt relationen mellan olika typer av lärosäten⁶⁷. Det saknas därutöver ett forskningspolitiskt

⁵³ Berggren, 2012; Öquist G. och Benner, M. (2012), *Fostering breakthrough research: a comparative study*. Kungliga vetenskapsakademien. Halmstad: Print One; OECD, 2015.

⁵⁴ Jacob, 2015

⁵⁵ Bienenstock m. fl., 2014

⁵⁶ Berggren, 2012; Bienenstock et al, 2014

⁵⁷ Öquist och Benner, 2012; Carlsson, 2014

⁵⁸ Öquist och Benner, 2012

⁵⁹ UKÄ, 2015

⁶⁰ Berggren 2012; Lidhard och Petrusson, 2012

⁶¹ Berggren, 2012

⁶² Lidhard och Petrusson, 2012

⁶³ OECD, 2015

⁶⁴ Berggren, 2012; Ejermo, 2012; Carlsson m. fl., 2014; Eriksson och Heyman, 2014; Perez Vico, 2015

⁶⁵ Öqvist och Benner, 2012; Eriksson och Heyman, 2014; Jacob, 2015

⁶⁶ Öquist och Benner, 2012

⁶⁷ Jacob, 2015, UKÄ, 2015

helhetsgrepp och kunskapsunderlaget om det svenska forskningssystemets ställning är bräckligt⁶⁸.

Komplexiteten i verksamheten, den ökade autonomin, komplexa finansieringsströmmar och ökat tryck från omvärlden, ställer sammantaget högre krav på ett medvetet, aktivt och ansvarstagande ledarskap⁶⁹. Det är därför av största betydelse för det svenska UoH-systemets framtid att ett sådant ledarskap utvecklas⁷⁰.

Trots att behovet av ett strategiskt ledarskap varit tydligt har UoH-ledningar i Sverige främst ägnat sig åt administrativ styrning⁷¹. Därför har den akademiska legitimiteten hos UoH-ledningar generellt varit begränsad⁷². Akademisk trovärdighet är viktigt för akademiska ledare, men det måste kombineras med tydliga visioner, ambitioner och integritet om ledarskapet ska bli starkt och välfungerande⁷³.

Styrningen försvåras även av finansieringssystemet, som kommit att riktas mot enskilda grupper och individer, medan universitetens egen styrkraft försvagats⁷⁴. Resurserna och därmed makten ligger i huvudsak hos forskargrupper och fakultet som verkar relativt oberoende av UoH-ledningarna. Konsekvensen är att utrymmet för UoH att som organisation agera kraftfullt, är påfallande litet. UoH-ledningar har svaga ambitioner att organisera och styra verksamheten annat än på en mycket övergripande nivå. Förändringar sker primärt via specifika program och specifika mottagargrupper, vilket ger effekt på grupp- eller ämnesnivå men inte i det större sammanhanget av UoH:s verksamhet. Förändringar i organisationens agerande sker alltså genom att enskilda forskare och grupper agerar på omgivningens impulser⁷⁵.

Brister i strategiskt ledarskap kan delvis relateras till att UoH är komplexa och svårstyrda organisationer⁷⁶. Svårigheterna kan förklaras med den sammansatta mixen av kulturer som finns inom UoH, som rymmer element som är såväl byråkratiska, akademiska, ekonomiska och civila⁷⁷. Dessutom är forskare och lärares verksamhet utpräglad individualistisk - engagemang för den egna uppgiften är stark medan lojaliteten med de gemensamma strukturerna är svag (ibid). En förklaring till den relativa svaga ledningen av UoH:s verksamhet handlar således om stelheter i organisationsformer⁷⁸. Om UoH ska ta på sig en bredare samhällsroll behöver deras administrativa ramverk mjukas upp⁷⁹.

⁶⁸ Eriksson och Heyman, 2014

⁶⁹ Berggren, 2012; Carlsson m. fl., 2014; Öquist och Benner, 2014; Heckscher S. m.fl. (2014), Ökad handlingsfrihet för statliga lärosäten, rapport till Stockholm - Uppsala universitetsnätverk, april 2015.

⁷⁰ Bienenstock, m. fl., 2014

⁷¹ Carlsson m. fl., 2014; Öquist och Benner, 2012, Jacob, 2015, Bienenstock, 2014

⁷² Öquist och Benner, 2012

⁷³ Carlsson m. fl., 2014

⁷⁴ Jacob, 2015

⁷⁵ Benner, M. (2013), Nordiska universitet i jakt på världsklass - en jämförelse mellan två universitet i Danmark och Sverige, Tillväxtanalys, Working paper/PM 2013:20.

⁷⁶ Öquist och Benner, 2012, Berggren, 2012; Lidhard Petrusson, 2012

⁷⁷ Berggren, 2012

⁷⁸ Heckscher m. fl., 2014; Jacob, 2015

⁷⁹ Heckscher m. fl., 2014

10.3 Utmaningar för forskning

Sverige tillhör de länderna som investerar mest offentliga medel i forskning och utveckling som andel av BNP, bara Österrike och Sydkorea har en högre andel. När man jämför totala forskningsintäkter vid universitet och högskolor som andel av BNP bland OECD-länder så är det bara Danmark som ligger högre än Sverige. Det betyder att svenska universitet och högskolor – som helhet – får förhållandevis mycket finansiering och mycket offentlig finansiering för forskning.

Trots stora resursökningar finns tecken på att svensk forskning förlorat sin ledande internationella roll, särskilt när det gäller den allra mest citerade forskningen. Svensk forskning håller dock fortsatt en hög internationell position och både citeringar och publiceringar ökar, men Sverige är inte längre ledande och pådrivande inom centrala områden. Länder som Danmark, Schweiz, Nederländerna och Singapore har en väsentligt bättre internationell ställning än Sverige när det gäller högt citerade publikationer, och länder som Tyskland och Österrike verkar vara på god väg att gå om Sverige inom kort⁸⁰.

Sveriges forskning har alltså inte nödvändigtvis försämrats, men kvaliteten i forskningen i andra länder förbättras snabbare, trots massiva ökningar av finansiering i Sverige. Detta syns till exempel i utfallet i den senaste Leidenrankingen (2015). Externa och konkurrensutsatta forskningsmedel har ökat snabbare än direkta statsanslag. Andelen behovsmotiverad samverkansforskning representerad av finansiering från exempelvis Vinnova, Energimyndigheten och Rymdstyrelsen har emellertid minskat sin andel över tiden, medan rådets andel (i synnerhet Vetenskapsrådets, men även Fortes och Formas) ökat⁸¹.

Utvecklingen kräver en samlad bild av och strategi för hur svensk forskning leds, organiseras och förhåller sig till nya kunskapshorisonter. En viktig del i skapandet av vetenskapliga framsteg ligger i anknytningen till samhällsproblem, att tidigt vara med och forma kunskapsutvecklingen inom snabbväxande problemområden och i hur forskningen relateras till utbildning och samverkan. I synnerhet finns tydliga hinder i forskningssystemet att utveckla nya ämnesövergripande, tvärvetenskapliga, forskningsspår samt att på eget initiativ göra strategiska prioriteringar och kraftsamlingar. Sådan förnyelse av forskningsspåren och förmågan att göra strategiska kraftsamlingar kommer att vara av stor betydelse för Sveriges AI-utveckling.

10.4 Utmaningar för utbildning

Svensk högre utbildning anses generellt sett hålla hög och god kvalitet, men det finns tecken på dalande kvalitet och sviktande anknytning till samhällsproblem. Det nuvarande systemet med utbildningsplanering gör att nya arbetssätt och nya arbetsformer blockeras. Därutöver har utbildningen mött stora utmaningar på grund av den större fokuseringen på forskningen, i synnerhet gällande finansiella resurser, samt på grund av missriktade incitament i den statliga styrningen.

En stor utmaning för universiteten ligger i anknytningen av forskning till utbildning, där studenter för kunskaper och erfarenheter vidare in i samhället och skapar nätverk och

⁸⁰ Öquist och Benner, 2012

⁸¹ Nilsson, 2015

relationer kring kunskapen⁸². Utbildningen i Sverige har präglats starkt av sektorns kraftiga expansion. Mellan åren 1990 och 2004 mer än fördubblades antalet helårsstudenter i Sverige⁸³ vilket är en väsentligt snabbare ökning än i andra länder⁸⁴, sannolikt till priset av kvalitetsförsämringar⁸⁵, och en tung arbetsbörda⁸⁶.

Den ökade volymen av studenter har emellertid inte matchats av tillförda resurser. Under flera år har det funnits fler studenter än anslagen är tänkta att finansiera⁸⁷. Den stora resursökningen till forskningen har inte matchats inom utbildningen⁸⁸. Sedan 2007 har FoU-intäkterna ökat betydligt mer än utbildningsintäkterna med konsekvens att andelen av UoHs intäkter som går till FoU har ökat från 53 till 58 procent mellan åren 1997 och 2014⁸⁹. Svenska UoH har idag större kostnader för forskning än för utbildning, vilket är unikt för Sverige och Schweiz⁹⁰. Den ökade volymen och bristfälliga finansieringen av utbildning har även bidragit till att öka klyftan mellan utbildning och forskning⁹¹.

Utbildningens förnyelse, kvalitet och innehåll har emellertid försvunnit ur det politiska blickfånget. Den tydliga fokuseringen på forskning har skapat en kraftig snedvridning i resursfördelningen mellan utbildning och forskning det senaste decenniet⁹². En viktig orsak till detta är att forskning ges högre status än utbildning. Akademisk kompetens likställs ofta med forskningskompetens, vilket tyder på en underskattning av undervisningens nyckelroll för samhällsutveckling och kompetensförsörjning⁹³. Forskningsframgångar lyfts ofta fram, men det är svårare att uppnå samma erkännande med excellent undervisning⁹⁴.

Forskningskvalitet granskas och utvärderas betydligt mer noggrant än kvaliteten i undervisningen, vilket ger forskningen högre prioritet hos individer⁹⁵. Således belönas forskningsframgångar av systemet, men inte utbildning i samma utsträckning⁹⁶. Detta syns tydligt i de omfattande forskningsutvärderingarna som UoH genomfört (t.ex. Uppsala, Lund, KTH, Göteborg), som sällan har inkluderat kopplingen mellan forskning och utbildning. Ett annat exempel är att stödet till lärare för att utveckla sin undervisningsskicklighet eller för att utveckla undervisningsmaterial är bristfälligt⁹⁷.

Detta ger avtryck även på individnivå. För den enskilde läraren och forskaren ses utbildning ofta som en belastning, något man tvingas göra om man inte får finansiering, och som man är

⁸² Bengtsson, L. (2013), Utbildningssamverkan för jobb, innovation och företagande, *Almega*, https://www.almega.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=e67be621-8331-4fea-afae-8d0b27776b34&FileName=Utbildningssamverkan_f%c3%b6r_jobb_A.pdf, access 06-06-14.

⁸³ Eriksson och Heyman, 2014

⁸⁴ Ejermo, 2012

⁸⁵ Björnsson m.fl., (2015), UNIVERSITETSREFORM! Så kan vi rädda och lyfta den högre utbildningen, *Samhällsförbundet*.

⁸⁶ Björnsson m. fl., 2015; Ehn Knoblock, I. (2014), Disputerad och sen då? En intervjustudie om forskarutbildades arbetslivserfarenheter utanför högskolan, *Fackförbundet ST*.

⁸⁷ UKÄ, 2015

⁸⁸ Jacob, 2015

⁸⁹ UKÄ, 2015

⁹⁰ UKÄ, 2015

⁹¹ Berggren, 2012; Öquist och Benner, 2012

⁹² UKÄ, 2015

⁹³ Bienenstock m. fl., 2014

⁹⁴ Dijstelbloem m. fl., 2013

⁹⁵ Geschwind, L., och Broström A. (2014), Managing the teaching–research nexus: ideals and practice in research-oriented universities, *Higher Education Research & Development*, DOI: 10.1080/07294360.2014.934332; *VINNOVA* (2011), *Kunskapstriangeln. Redovisning av regeringsuppdrag*, Dnr 2010-02061.

⁹⁶ Carlsson m. fl., 2014; OECD, 2015

⁹⁷ Bienenstock m. fl., 2014

likgiltig eller negativt inställd till⁹⁸. Karriärvägarna inom akademien är främst inriktade mot forskningsframgångar⁹⁹.

Universiteten har fått ett stort *eget* ansvar för att dimensionera och organisera utbildningen, och att hitta vägar för att förnya och utveckla innehåll och inriktning på utbildning. Staten kommer in sent i processen och följer upp kvaliteten i genomförande och utfall och gör endast en grov fördelning av resurser ("takbelopp"). Det borde ha stimulerat till innovation och förnyelse, men mycket tyder på att utbildningen i Sverige är ganska traditionellt upplagd med få exempel på genuin förändring och anpassning.

I samband med högskolereformen 1993 blev kursen basenhet i utbildningen. Högskoleförordningen stadgar att:

all utbildning på grundnivå och avancerad nivå ska bedrivas i form av kurser med tillägget att kurser får sammanföras till utbildningsprogram.

Det svenska utbildningssystemet präglas av tämligen homogena utbildningsprogram, med tydliga uppdelningar mellan områden: teknik, ekonomi, humaniora, medicin etc.¹⁰⁰ Utbildningsprogrammen är också tämligen lika mellan UoH¹⁰¹. Därtill har det visat sig svårt att föra in nya ämnen i programmen och svenska utbildningar karakteriseras av en tidig specialisering. Det finns därför ett behov av att föra in nya kunskaper som fokuserar på att stärka det kritiska och tvärvetenskapliga tänkandet och att utbilda hela studenten¹⁰².

Utbildningars kvalitet, inriktning och relevans behöver anpassas till förändringar på arbetsmarknaden och i omvärlden i stort, men också föras närmare forskningen, på samma sätt som forskningen behöver kopplas närmare till utbildningen. Nya kunskaper, nya förväntningar och nya sociala och tekniska förhållanden speglas dock inte i dagens ofta traditionella utbildningslandskap, och helt nya former för anknytning mellan forskning, samhällsbehov och pedagogiska former behövs.

Utredningen om utbildningsutbudet som kom 2015 konstaterade att anknytningen till arbetsmarknadens nuvarande och framtida behov varit svag och att påfallande lite genuint förändringsarbete har initierats, den stora omläggningen av utbildningspolitiken till trots¹⁰³. Dessutom har kursutvärderingar svagt genomslag på utbildningens utveckling¹⁰⁴. Den kraftiga snedvridningen i resursfördelningen mellan utbildning och forskning det senaste decenniet¹⁰⁵ har ytterligare förstärkt utbildningens traditionella karaktär där den nära kontakten mellan forskning/forskare och utbildningen bryts. UKÄ konstaterar:

"På senare år har lärosätena prioriterat programutbildningar på bekostnad av fristående kurser, bland annat som ett svar på den utbildningspolitik som den dåvarande regeringen bedrev under mandatperioden 2006 – 2014. Utbildningen har

⁹⁸ Bienenstock m. fl., 2014; Jacob, 2014

⁹⁹ Bienenstock m. fl., 2014; Ehn Knoblock, 2014

¹⁰⁰ Berggren, 2012; Bienenstock m. fl., 2014

¹⁰¹ Eriksson och Heyman, 2014; Statens offentliga utredningar (2015), Högre utbildning under tjugo år, SOU 2015:70.

¹⁰² Berggren, 2012; Bienenstock m. fl., 2014

¹⁰³ SOU, 2015

¹⁰⁴ Bienenstock m. fl., 2014

¹⁰⁵ UKÄ, 2015

därmed i större utsträckning fått karaktär av första utbildning inför arbetslivet. På senare år har den regering som tillträdde 2014 visserligen betonat vikten av att utbildningsutbudet möjliggör även fort- och vidareutbildning, men de pågående utbyggnaderna omfattar huvudsakligen programutbildningar. När det gäller att lärosätena skulle ha ansvar för fort- och vidareutbildning har den statliga styrningen alltså inte gett något tydligt stöd. UKÄ kan konstatera att det inte är okomplicerat för lärosätena att öka utbudet av vidareutbildning för yrkesverksamma och att det inte är självklart i vilken utsträckning det är deras ansvar.”¹⁰⁶

Högskoloutbildningar är således i huvudsak organiserad för examensinriktade programutbildningar och cyklerna för dessa utbildningar är långa, ibland uppåt 10 år.

Resursfördelningssystemet för högre utbildning i Sverige belönar volym av utbildningsplatser och prestationer, det vill säga genomströmning. Möjligheter att avsätta medel för utveckling av utbildningar är därför starkt begränsat.

”För att kurserna ska vara ekonomiskt bärkraftiga har lärosätet intresse av att tillräckligt många studenter deltar. Det innebär att utbildningarna inte bör vara alltför smala eller nischade, vilket kan strida mot att ett intresse av att utbildningen tillgodoser ett specifikt behov”¹⁰⁷

Det svenska utbildningssystemet bygger således till stor del på studenternas val och efterfrågan och med de antagnings- och urvalsregler som finns idag har UoH svårt att styra vilka som söker och kommer in på kurser. Fristående kurser som tas fram i samverkan med arbetslivet kan också läsas av studenter av andra skäl.

”Samtidigt finns det idag större möjligheter att sätta upp krav och kriterier för antagning och urval till utbildning, t.ex. arbetslivserfarenhet än vad vi idag kanske utnyttjar. Specialistsjuksköterskeexamen ställer t.ex. krav på både examen och arbetslivserfarenhet.”¹⁰⁸

Vidareutbildningar och fortbildningar kommer att bli allt viktigare i framtiden, i takt med ökade behov av livslångt lärande för en alltmer föränderlig arbetsmarknad.

”Det [finns emellertid] inte.... någon samlad bild av efterfrågan på vidareutbildning för yrkesverksamma, även om arbetsgivarorganisationerna genomför undersökningar om kompetensutvecklingsbehovet bland sina medlemmar. För lärosätena finns det också ett antal begränsningar som försvårar möjligheterna att erbjuda sådan utbildning. För att kurserna ska vara ekonomiskt bärkraftiga har lärosätena ett intresse av att tillräckligt många studenter deltar. Det innebär att utbildningarna inte bör vara alltför smala eller nischade, vilket kan strida mot ett intresse av att utbildningen tillgodoser ett specifikt behov. Genomströmningen är dessutom lägre på fristående kurser än på program, vilket gör att den ekonomiska ersättningen är lägre. Om den låga genomströmningen beror på att det är alltför svårt att förena studier och yrkesverksamhet, räcker det inte att företrädare för arbetsmarknaden framför önskemål om fristående kurser. Arbetsgivare kan också behöva underlätta för de anställda att delta i vidareutbildningen.”¹⁰⁹

¹⁰⁶ UKÄ, 2018, s.82-83

¹⁰⁷ UKÄ, 2018, s.82

¹⁰⁸ En ledande universitetsföreträdare för ett av Sveriges största universitet.

¹⁰⁹ UKÄ, 2018, s.81.

I grunden ger det kursbaserade systemet fördelar framför programbaserade utbildningssystem när det gäller att möta utbildningsbehov i form av fort- och vidareutbildning. Samtidigt innebär den avreglerade arbetsmarknaden möjligheter till flexibla utformningar av fort- och vidareutbildningar.¹¹⁰

"Antalet fort- och vidareutbildningskurser, inom det totala utbudet av fristående kurser, har ökat under en tjuugoårsperiod (1993–2014) från att utgöra 18 procent till 27 procent.

- *Fort- och vidareutbildningskurser består mest av korta kurser (<30 hp)*
- *Andelen fort- och vidareutbildningskurser på avancerad nivå är liten men stabil*
- *Fort- och vidareutbildningskurser finns i lika stor utsträckning på campus som på distans*
- *De flesta fort- och vidareutbildningskurserna finns inom humaniora, lärarutbildning och hälso- och sjukvårdsutbildningar – men alla har minskat under senare år."¹¹¹*

Fristående kurser har dock ofta en lägre genomströmning. Även nätkurser, MOOCar och distanskurser har ofta en låg genomströmning. I grunden har således lärosätena svaga incitament att utveckla fristående kurser och distansutbildningar. Uppdragsutbildning, där företag eller offentliga verksamheter betalar för kurser, kopplade till sina kompetensutvecklingsbehov är en annan möjlighet att få drivkrafter att utveckla och genomföra fort- och vidareutbildningar i form av fristående kurser. Det är dock viktigt att se över lärosätenas incitamentssystem och utforma ett resursfördelningssystem som stimulerar lärosäten att utveckla och genomföra fort- och vidareutbildningar för arbetsmarknadens alltmer varierande och snabbt föränderliga behov.

¹¹⁰ Statens offentliga utredningar (2016), Digitaliseringens effekter på individ och samhälle – fyra temarapporter, SOU 2016:85. Haikola, L., Högskola och livslångt lärande – vilken roll bör högskolan spela för att svara mot kunskapssamhällets behov av kompetensutveckling?

¹¹¹ SOU 2016:85, s 287

11 FoU-satsningar på AI i Sverige

FoU-satsningar som stimulerar forskning, utveckling och innovativa tillämpningar av AI kommer att vara av mycket stor betydelse för Sveriges AI-utveckling. Knappt hälften av statens FoU-finansiering på totalt 37 miljarder kronor gick 2017 direkt till universitet och högskolor. Knappt en tredjedel gick till forskningsfinansierande myndigheter och en femtedel till andra civila myndigheter.

Huvuddelen av den AI-forskning som bedrivs i Sverige torde således finansieras via basanslag till universitet och högskolor. Hur denna finansiering via basanslag allokeras till AI-forskning har dock inte närmare studerats i denna analys. I detta kapitel diskuteras översiktligt större FoU-satsningar på AI från myndigheter respektive från offentliga och privata forskningsstiftelser.

11.1 Vetenskapsrådet

Vetenskapsrådet (VR) är en myndighet under Utbildningsdepartementet och har en ledande roll att utveckla svensk forskning av högsta vetenskapliga kvalitet och därmed bidra till samhällets utveckling. VR betalade år 2017 ut sammanlagt 6,4 miljarder kronor i stöd till framförallt grundforskning inom samtliga vetenskapsområden och till forskningsinfrastruktur. Utöver finansiering av forskning är myndigheten rådgivare till regeringen i forskningsrelaterade frågor.

VR har undersökt hur mycket forskningsmedel som gått till AI-relaterad forskning senare år, mer exakt de anslag som beviljats under åren 2013-2017. De konstaterar att det inte finns någon enkel definition och avgränsning av AI-forskning.

"Forskningen inom området befinner sig i ett stadie av kraftig expansion. Nya metoder och idéer utvecklas fortfarande och det är inte ovanligt att åsikter skiljer sig åt forskare emellan i fråga om vad som egentligen bör definieras som Artificiell Intelligens."

VR valde därför att utgå från en generös definition av AI-relaterad forskning. Följande tillvägagångssätt användes:

"För att identifiera relevanta projekt genomfördes sökningar i Vetenskapsrådets databas med ett stort antal för området relevanta nyckelord. (Sökord som använts: AI, artificial intelligence, neural networks, type theory, brain simulation, neuromorphic computing, computational neuroscience, approximate reasoning, representational learning, symbolic relations, machine learning, probabilistic programming, computational statistics, functional programming, Monte-Carlo, Bayesian, uncertainty model, human-robot interaction, computer vision, object recognition, feature detection, image analysis).

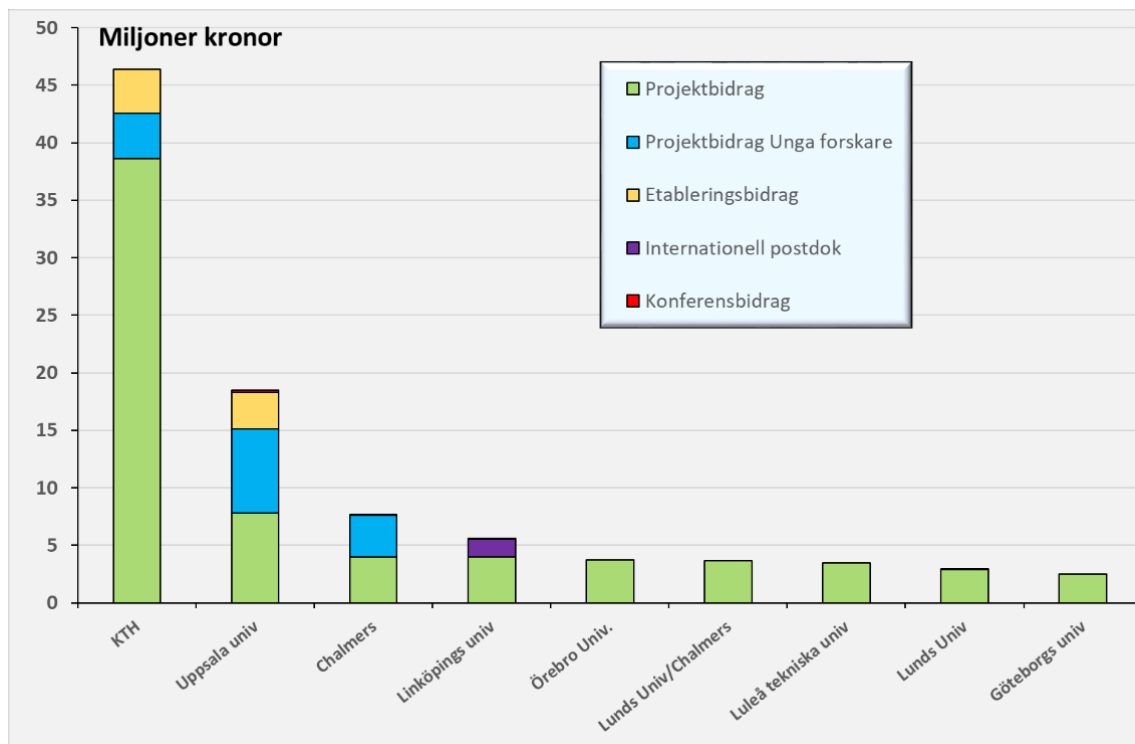
För att säkerställa att relevant forskning inte exkluderades på grund av saknade sökord genomfördes även en manuell genomläsning av samtliga abstrakt för de ansökningar

som beviljats från beredningsgrupper NT-2 (datavetenskap) samt NT-14 (signaler och system) under perioden.

All forskning som syftar till att utveckla ny, eller vidareutveckla rådande förståelse inom området har inkluderats. Däremot har projekt som tillämpar redan existerade metoder i syfte att nå resultat inom sitt eget område exkluderats. (Exempelvis forskning som använder sig av maskininlärning för att utveckla bättre sjukdomsdiagnostik eller analys av vävnadsprover).”

Baserat på data framtagna av VR enligt det ovan beskrivna tillvägagångssättet har Vinnova gjort en sammanställning som redovisas i figurerna 60-62 nedan. Totalt har VR identifierat 33 AI-relaterade projekt till en total bidragsvolym på ca 95 miljoner kronor som beslutats under något av åren 2013-2017. Av dessa är 20 ”vanliga” projektbidrag, fyra projektbidrag till unga forskare, två etableringsbidrag, ett anslag till postdoktortjänstgöring utomlands och sex mindre bidrag till deltagande i konferenser. Genomsnittlig storlek för de tre förstnämnda typerna av bidrag är ca 3,5 miljoner kronor. Anslagen är resultatet av öppna utlysningar som inte specifikt avsett AI utan konkurrerat med ansökningar inom andra områden.

Figur 60 Anslag till AI-relaterade projekt från VR beslutade 2013-2017 (exkl. ”miljöanslag”) med fördelning på lärosäten och typ av anslag¹¹²



Källa: Vetenskapsrådet. Data bearbetad av Vinnova.

Forskare vid KTH dominerar som anslagsmottagare och står för cirka hälften av de fördelade medlen, figur 60. Knappt en femtedel av anslagen har gått till forskare vid Uppsala universitet.¹¹³ I flertalet fall rör det sig för varje forskningsmiljö om enstaka anslag. En forskningsmiljö

¹¹² Forskare vid Högskolan i Skövde och Stockholms universitet har dessutom erhållit konferensbidrag. Dessa är så små att det inte skulle kunna registreras i figuren och har därför inte tagits med.

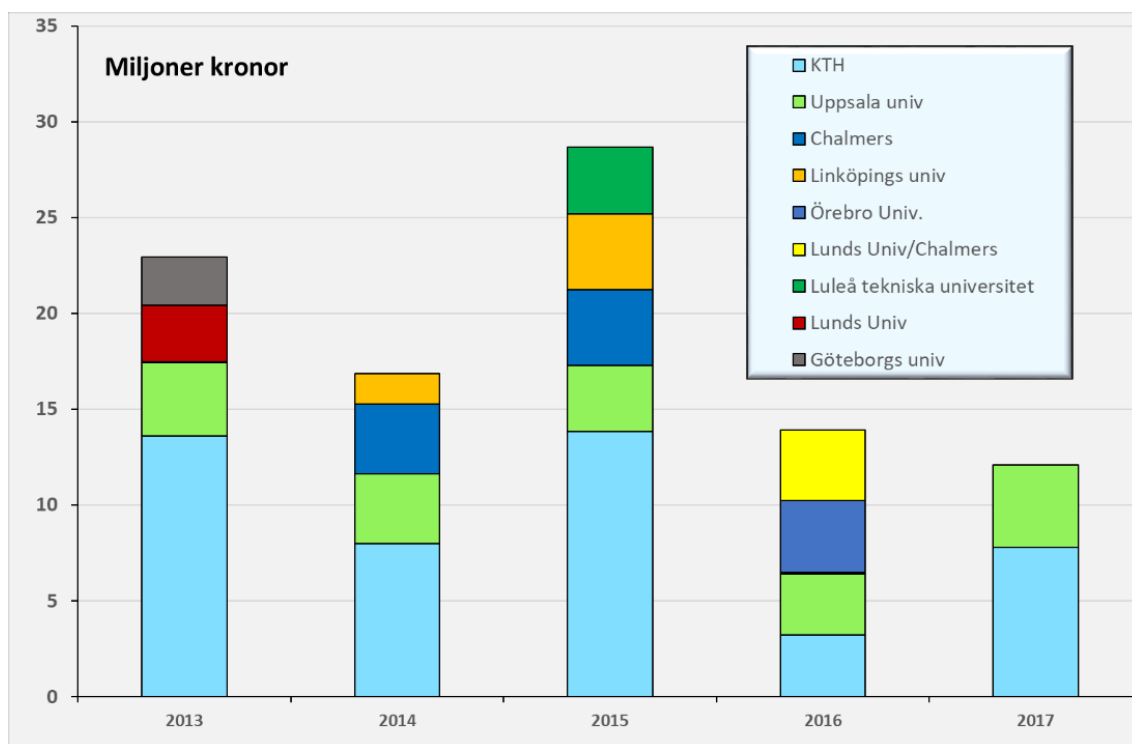
¹¹³ En forskare har haft anknytning till såväl Lunds universitet som Chalmers.

som utmärker sig särskilt är Avdelningen för robotik, perception och lärande vid KTH med inte mindre än fyra av projektanslagen (konferensbidragen exkluderade). Forskningsmiljöer med två projektanslag är: Avdelningen för tal, musik och hörsel, KTH; Avdelningen för reglerteknik, Uppsala universitet; Mathematical Imaging Group, Lunds universitet.

VR har dessutom delat ut ytterligare två stora s.k. ”miljöanslag” med stort inslag av AI identifierats. Det ena, ”NewLEADS - Nya ansatser för modellbaserad inläring av dynamiska system”, är ett samarbete mellan forskare vid KTH och Uppsala universitet.¹¹⁴ Det andra miljöanslaget, ”Spinnströmsbaserade mikrovågsoscillatorer, sensorer, och neurala nätverk”, avser ett samarbete mellan Göteborgs universitet och KTH.¹¹⁵ Anslagen uppgår till 24 respektive 23 miljoner kronor under perioden 2017-2022. Dessa två anslag ingår inte i figurerna.

Givet det starkt ökade intresset i samhälle, näringsliv och forskarvärld för AI är det något överraskande att det inte går att se någon uppåtgående trend i finansieringen av AI-projekt i VR:s projektportfölj. Trenden har snarast varit nedgående efter en påtaglig topp 2015, figur 61. Eftersom det totala antalet anslag är så pass litet - mellan tre och åtta anslag per år om konferensbidrag exkluderas - bör kanske inga långtgående slutsatser dras av två års fallande trend. Skulle denna låga nivå under de senaste åren hålla i sig finns dock anledning till oro.

Figur 61 Anslag till AI-relaterade projekt från VR beslutade 2013-2017 (exkl. ”miljöanslag”) med fördelning på lärosäten och år för beslut



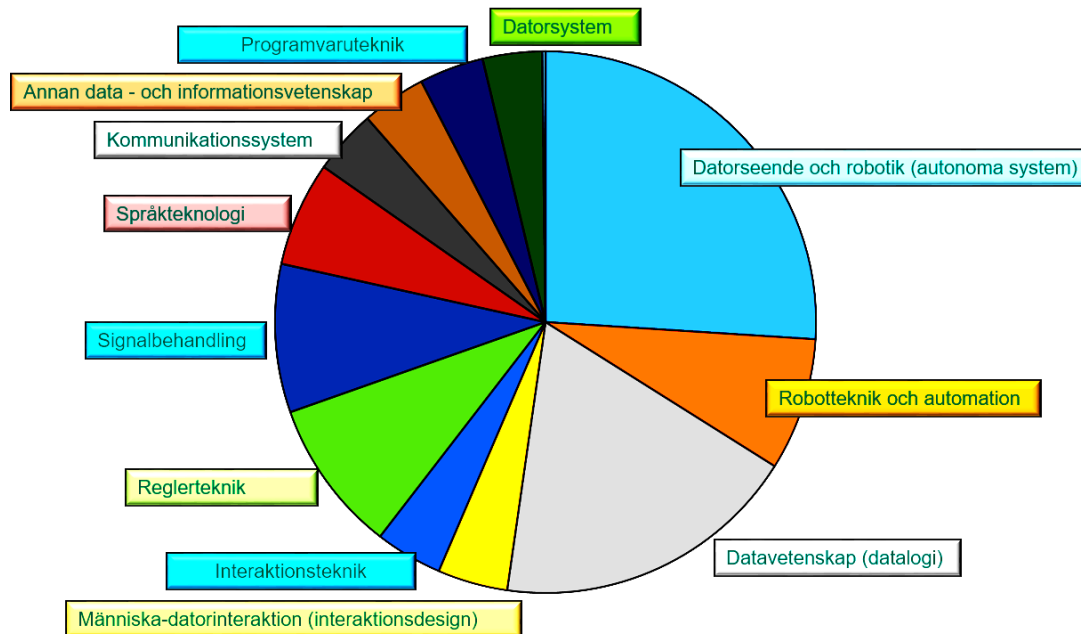
Källa: Vetenskapsrådet. Data bearbetad av Vinnova.

¹¹⁴ <http://www.uu.se/nyheter-press/nyheter/artikel?id=9990&typ=artikel>

¹¹⁵ <https://science.gu.se/aktuellt/nyheter/Nyheter+Detalj/stort-anslag-till-forskning-i-fysik.cid1428539>

Figur 62 visar hur de 33 VR-finansierade AI-relaterade projekt beloppsmässigt fördelar sig mellan SCB:s forskningsämnen. En stark koppling till datorseende och robotik är tydlig.

Figur 62 Anslag till AI-relaterade projekt från VR beslutade 2013-2017: Fördelning av anslagsbeloppet på SCB:s forskningsämnen



Källa: Vetenskapsrådet. Data bearbetad av Vinnova.

Som beskrivits inledningsvis avser VR:s kartläggning av AI-relaterade projekt som ”syftar till att utveckla ny, eller vidareutveckla rådande förståelse inom [AI]-området. Däremot har projekt som tillämpar redan existerade metoder i syfte att nå resultat inom sitt eget område exkludrats”. Detta innebär att ytterligare forskningsprojekt som primärt tillämpar, snarare än utvecklar, AI-metoder mycket väl kan ha fått anslag från VR.

11.2 Vinnova

Vinnova är Sveriges innovationsmyndighet. Uppgiften är att bidra till hållbar tillväxt genom att förbättra förutsättningarna för innovation. Det sker främst genom finansiering av innovationsprojekt och forskning för att utveckla nya lösningar. Totalt satsar Vinnova ungefär tre miljarder kronor för att främja innovation. Vinnova stimulerar samverkan nationellt och internationellt mellan företag, universitet och högskolor, offentlig verksamhet, civilsamhället och andra aktörer. En viktig del är att bidra till långsiktigt starka forsknings- och innovationsmiljöer.

Vinnova gör kontinuerligt portföljanalyser över sin verksamhet inom ramen för det strategiska arbetet. För detta ändamål har Vinnova utvecklat ett analysverktyg kopplat till sitt datalager. Datalagret används även för budgetprognoser, daglig projektuppföljning och verksamhetsuppföljning. Datalagret har för närvarande aktuell information om samtliga pågående och avslutade projekt på Vinnova sedan 2011. Data kan analyseras utifrån fördefinierade kategorier och taxonomier, såsom aktörer, sektorer, storlek, forskningsområde etc., men också genom textanalys baserad på nyckelord i projektbeskrivningar eller annan projektinformation.

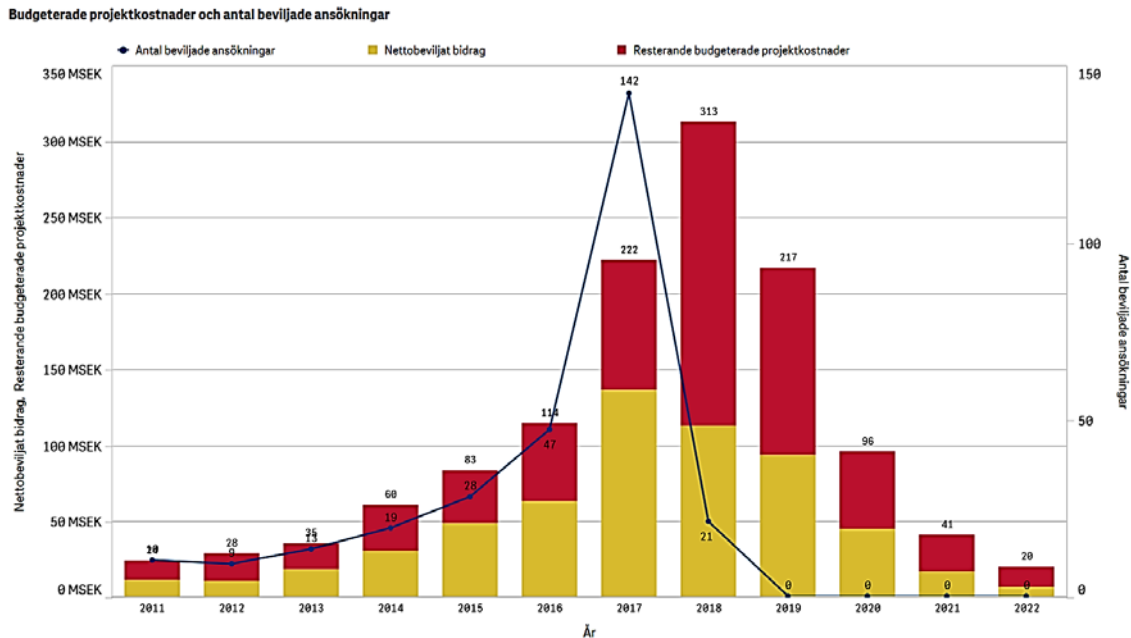
För denna rapport har en textanalys gjorts för nyckelord kopplad till AI.¹¹⁶ AI-projekten har iden-tifierats med sökord i fälten projektbeskrivning, projekttitle, projektmål och projektreferat. Vi utgår således från att projekten själva beskriver sig som AI-relaterade. Vi har fokuserat på termer som är nära besläktade med centrala koncept inom AI och maskininläring, men har exkluderat begrepp som hör till nära relaterade men väsentligt bredare tillämpningsområden, som till exempel självstyrande bilar och smarta expertsystem. Detta har resulterat i ungefär 40 sökord.

Vinnova har gjort kvalitetskontroller av utfallet, men det finns många gråzoner kopplat till AI. Bedömningen är att den regelbaserade metod som använts är restriktiv. En fördjupad analys av kopplingar till viktiga tillämpningsområden och kopplingar till andra teknikområden är angelägen att göra, men har inte kunnat göras inom ramen för denna studie.

Totalt hade Vinnova den 28 mars 2018 beviljat 288 AI-projekt sedan 2011. Analysen av AI-projekt i Vinnovas projektportfölj visar att AI-projekt ökat dramatiskt i projektportföljen under 2017 och 2018, figur 63.

Den totala finansieringsvolymen från Vinnova till dessa 288 projekt är 578 miljoner kronor. Eftersom nästan alla dessa projekt förutsätter samverkan och alla projekt kräver aktörsfinansiering så uppgår den totala omsättningen i dessa 285 projekt till sammanlagt över 1,2 miljarder kronor. Det genomsnittliga antalet projektparter är 2,6. Genusbalansen är skev. I endast 16 procent av projekten är projektledaren kvinna.

Figur 63 AI-projekt i Vinnovas projektportfölj 2011-2018



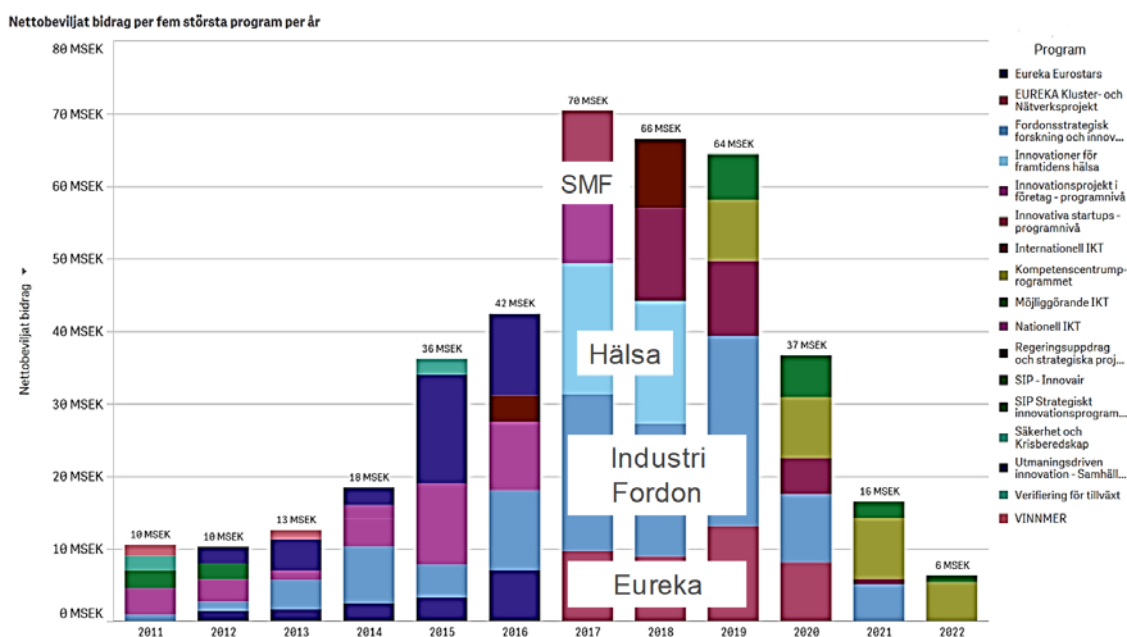
¹¹⁶ Nyckelord som använts är: AI, (AI), AI-, artificiell intelligens, artificial intelligence, neuralt nätverk, neural network, neurala nätverk, bayes, markov model, djupinlär, djup inlär, djupt lärande, deep learning, deep-learning, maskininlär, machine learning, självlärande, självinlär, unsupervised learning, learning algorithm, automatiserade algoritmer, klusteralgorithm, clustering algorithm, classification engine, random forest, self-organizing map, self-organizing feature map, stödvektormaskin, support vektor ma, support vector ma, bildigenkänning, digital patologi, beslutstödssystem, (SOM), (SOFM).

Merparten av AI-projekten i Vinnovas projektportfölj har kommit fram inom ramen för utlysningar utan särskilt fokus på AI. Undantag är två utlysningar under 2017 avseende AI inom hälsa, vård och omsorg respektive en utlysning avseende ”Machine learning – FFI” under 2017 inom programmet Fordonsstrategisk forskning och innovation.

De 285 AI-projekten är fördelade på ett flertal av Vinnovas olika program, figur 64. En stor del av projekten återfinns inom:

- Programmet för Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI)
- Programutlysningar för ”Beslutsstöd för hälsa, vård och omsorg med hjälp av artificiell intelligens” samt ”Artificiell intelligens för bättre hälsa”
- Olika Strategiska innovationsprogram (SIP)
- Internationella program (Eureka Eurostars, två Eureka-kluster, Ecsel Joint Undertaking samt Active and Assisted Living Programme (AAL))
- Generella program som ger stöd till små och medelstora företag
- Pilot- och spjutspetsprojekt avseende digitalisering inom ramen för regeringsuppdrag till Vinnova.

Figur 64 AI-projekt i Vinnovas projektportfölj 2011-2018 i de fem program med störst volym av AI-projekt



Inslaget av AI i projekten varierar. Inte minst i de allra största projekten utgör AI en av flera inslag i komplexa projekt där bearbetning av stora data med AI-metodik är ett viktigt men inte ensamt dominerande inslag. Den enskilt största projektet är kompetenscentrumet Digital Cellulose Center (DCC). Inslaget av AI beskrivs på följande sätt:

”Forskningen inom DCC kommer att fokuseras på de grundläggande utmaningar som finns relaterade till att skapa nya hållbara, elektroaktiva kompositmaterial och strukturer, men också ta fram mjukvara (t.ex. ’Deep learning’) som kan utnyttja den

stora mängd nya data som kommer att genereras av Digital cellulosa för att skapa värdefulla nya tjänster och lärdomar.”¹¹⁷

Totalt medverkar drygt 200 enskilda företag i AI-projekten. Av dessa deltar huvuddelen endast i ett projekt. Små och medelstora företags (SMF) deltagande fördelar sig ungefär jämnt mellan de särskilda SMF-programmen (exkl. Eureka Eurostars som redovisas under rubriken ”Internationella samarbeten”) och övriga program.

Företag andra än SMF återfinns framför allt inom programmet Fordonsstrategisk forskning och innovation, Internationella samarbeten och Strategiska Innovationsprogram. En handfull koncerner med omfattande FoU i Sverige (AB Volvo, Volvo Cars, Scania, SAAB och Ericsson) svarar tillsammans för nära 60 procent av det totala engagemanget bland företag andra än SMF. Relativt stort engagemang av andra företag återfinns dels i internationella projekt (Telia, SE Banken, Sigma och Bombardier), dels av medlemsföretagen i Digital Cellulose Center, varav flertalet skogsindustriföretag.

Bland forskningsorganisationer uppvisar Linköpings universitet, RISE ICT, Luleå tekniska universitet, KTH, Chalmers, Mälardalens högskola, Innventia, Fraunhofer-Chalmers centrum för Industrimatematik och Karolinska Institutet störst deltagande i nämnd ordning. Den totala finansieringen för respektive organisation påverkas dock starkt av medverkan i Digital Cellulose Center (med finansiering över sex år) och ett fåtal stora internationella projekt. Inom programmet Fordonsstrategisk forskning och innovation och de Strategiska innovationsprogrammen dominerar Linköpings universitet och Chalmers bland forskningsorganisationerna.

Offentlig sektors medverkan är koncentrerad till landsting/universitetssjukhus. Stockholms läns landsting/Karolinska universitetssjukhuset deltar i flera projekt varav det största, ett så kallat verklighetslabb, syftar till att

”Accelerera användande av ’AI’ (artificiell intelligens) inom vården, genom att driva utveckling och implementering av bilddiagnostiska AI-lösningar utifrån patientens och verksamhetens behov.”

Jönköpings läns landsting medverkar tillsammans med Telia, Linnéuniversitetet och tre företag i Sverige i ett stort Eureka CelticPlus projekt ”From empowering to Viable Living”. Projektet som leds av Telia och har en total budget på 9,6 miljoner euro syftar till att med hjälp av avancerade IKT-lösningar underlätta för äldre att bo kvar hemma:

“This supports the analysis and interpretation of data of individuals and also on a big scale. The use of state-of-the-art machine learning and big data analysis methodologies, together with a profound IoT based data acquisition, will allow the development of sophisticated predictive health related services. FRONT-VL will ensure highest standards of privacy and data ownership of the individual.”

¹¹⁷ Ett liknande exempel är projektet Productive4.0 inom ramen för Programmet ”Ecsel Joint Undertaking”. I detta mycket stora projekt, som syftar till att utveckla integrerade och ”sömlösa” automations- och nätverkslösningar och engagerar över 100 partnerorganisationer deltar sex svenska organisationer (redovisade som separata delprojekt av de data som redovisas) med en total finansiering på ca 68 miljoner kronor. Kopplingen till AI beskrivs på följande sätt: ”I processen, kommer referensimplementationer såsom 3D printerfarm, kundanpassad produktion eller självinlärande robotsystem dra nytta av särskilda tekniska och konceptuella förhållningssätt i områden som tjänsteorienterad arkitektur (SOA), IOT komponenter och infrastrukturer samt process virtualisering och standardisering.”

Tillsammans svarar Karolinska universitetssjukhuset och Jönköpings läns landsting för 60 procent av offentlig sektors engagemang i de AI-relaterade projekten.

11.3 Stiftelsen för Strategisk forskning

Stiftelsen för Strategisk Forskning (SSF) finansierar forskning inom naturvetenskap, teknik och medicin med ungefär 600 miljoner kronor om året. Stiftelsen främjar utvecklingen av starka forskningsmiljöer av högsta internationella klass av betydelse för utvecklingen av Sveriges framtida konkurrenskraft. Stiftelsen har två huvudkriterier för sin finansiering:

- Relevans och förväntat genomslag i samhället
- Vetenskaplig kvalitet.

Inom ramen för den tematiska satsningen *Informationsintensiva system* har SSF under perioden 2012-2017 finansierat AI-forskning med ca 100 miljoner kronor. Under 2015 allokerades ytterligare 300 miljoner kronor till 10 projekt för AI-forskning för åren 2016-2021 inom ramen för en tematisk satsning på *Smarta system*. Detta följdes 2016 av ytterligare satsningar i vilka totalt 200 miljoner kronor allokerades till 7 AI-forskningsprojekt för åren 2017-2022. För perioden 2018-2023 har ytterligare 300 miljoner kronor allokerats till 10 AI-forskningsprojekt. Därutöver har under de senaste åren knappt 150 miljoner kronor allokerats för projekt med inslag av maskininlärning.

Sammantaget har SSF allokerat ca 1 miljarder kronor till AI-projekt sedan 2012. Huvuddelen av dessa medel kommer att utbetalas under de kommande 3-5 åren.

11.4 Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling

KK-stiftelsens (Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling) uppdrag är att stärka Sveriges konkurrenskraft, genom att finansiera forskning och kompetensutveckling vid Sveriges högskolor och nya universitet i samverkan med näringslivet. KK-stiftelsen utlyser inte forskningsområden utan de väljs av lärosäten och forskare tillsammans med näringslivet. KK-stiftelsens finansiering matchas av näringslivet till ett värde motsvarande stiftelsens.

Uppskattningsvis har KK-stiftelsen finansierat AI-relaterad forskning och kompetensutveckling med omkring 1 miljarder kronor de senaste 10 åren. Den totala volymen är emellertid osäker och beroende på vad som räknas in som AI-relaterat. Ett antal av KK-stiftelsens viktigare AI-relaterade satsningar redovisas nedan. Några forskningsprofiler som KK-stiftelsen finansierar är relaterade till AI-området, bl.a.:

- Semantiska Robotar, Örebro Universitet, 36 miljoner kronor (total omslutning: 83 miljoner kronor), 2014-2020.
- Big Data - Skalbara resurseffektiva system för analys av stora datamängder, Blekinge Tekniska Högskola, 36 miljoner kronor (total omslutning: 87 miljoner kronor), 2014-2022.
- CAISR – Centrum för tillämpade intelligenta system, Högskolan i Halmstad, 36 miljoner kronor, (total omslutning: 133 miljoner kronor), 2012-2020.
- Infusion – Informationsfusion från databaser, sensorer och simuleringar (avslutad), Högskolan i Skövde, 30 miljoner kronor (total omslutning: 60 miljoner kronor), 2005-2011.

Utöver satsningar på forskningsprofiler finansierar KK-stiftelsen finns ett antal andra större projekt inom AI, bl.a.:

- AIR – Interaktion med autonoma system, 27 miljoner kronor, 2015-2019, Samarbete mellan: Högskolan i Skövde, Högskolan i Halmstad, Örebro Universitet.
- BISON – Fusion av Big Data, Högskolan i Skövde, 14,8 miljoner kronor (total omslutning: 27 miljoner kronor), 2015-2019.
- KDDS – Kunskapsdrivet beslutsstöd via optimering, Högskolan i Skövde, 14,8 miljoner kronor (total omslutning: 27 miljoner kronor), 2015-2019.
- Smarter (steg 1) – Korta kurser på avancerad nivå för yrkesverksamma. Smart Industri med Autonoma och Intelligent System. Örebro Universitet, 3,7 miljoner kronor, 2017-2019 (fortsättning i steg 2, 4 år).
- MAISTR (steg 1) – Korta kurser på avancerad nivå för yrkesverksamma. Dataanalys och digital tjänsteinnovation baserat på AI-teknik. Högskolan i Halmstad i samarbete med Högskolan i Skövde och RISE (SICS), 3.7 miljoner kronor, 2018-2020 (med möjlig fortsättning i steg 2, 4 år).

Ytterligare initiativ från KK-stiftelsen kopplat till AI pågår och kommer att initieras under 2018.

11.5 Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse

Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse (KAW) tillkännagav den 14 november 2017 att stiftelsen satsar 1 miljard kronor under 10 år, dvs. 100 miljoner kronor per år, på forskning och forskarutbildning för att ”bygga kompetens inom olika delar av AI; Maskininlärning, djupinlärning, och matematik”. Satsningen genomförs som en förstärkning av stiftelsens tidigare satsning på Wallenberg Autonomous Systems and Software Program (WASP) som lanserades 2015 med Linköpings universitet som värduniversitet. Ett visst inslag av AI finns redan i några av de projekt som drivs inom ramen för det initiala anslaget till WASP. Från om med 2017 står WASP för Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program.

“WASP is a major national initiative for basic research, education and faculty recruitment. The total budget for the program is more than 3.5 billion SEK, and major goals are more than 50 new professors and more than 300 new PhDs within AI, Autonomous Systems and Software. The ambition is to advance Sweden into an internationally recognized and leading position in these areas, and WASP is now taking a step by launching a first broad investment in Artificial Intelligence. The offering includes several different positions to build and strengthen AI in Sweden.”¹¹⁸

De ingående universiteten, Linköpings universitet, Chalmers, KTH, Umeå och Lunds universitet förväntas bidra tillsammans med svenska företag med ytterligare resurser till satsningen, de senare bland annat genom industridoktorander. Professor Danica Kragic, KTH kommer att leda forskningen om maskininlärning samt djupinlärning och professor Johan Håstad, KTH, den matematikforskning som är relevant för AI.

WASP:s strategiska instrument är:

- “An international recruitment program, providing the brain-gain to establish new research areas, and to reinforce existing strengths in Sweden. The recruitment program aim for both outstanding younger

¹¹⁸ <http://wasp-sweden.org/>

researchers as well as established experts. This is achieved by offering recruitment packages that are attractive by international standards.”

- “A national graduate school with close interaction with Swedish industry with the aim to raise the knowledge level in Sweden. The graduate school is dimensioned to produce at least 300 new PhDs, with at least 80 of those being industrial PhD students.”
- “Platforms for research and demonstration in collaboration with other parties. The participating universities have substantial existing infrastructures that can be leveraged for this purpose. Further reinforcement will be achieved by including industrial demonstrators, or even by aiming for new larger highly visible initiatives on an international scale.”

Hela WASP-satsningen är relevant för och kommer att stärka AI-utvecklingen i Sverige även om det är omkring en tredjedel som är specifikt inriktad på AI.

12 AI-satsningar i andra länder

Diskussionen om AI:s potential och påverkan på samhällsutvecklingen är intensiv i alla OECD-länder, Kina, inom EU och i många länder utanför OECD. Nationella strategier för AI-utveckling har utformats i ett antal länder i syfte att lägga grunden till policyutveckling och kraftsamlingar för att utnyttja AI för innovation, konkurrenskraft och välfärd. I detta kapitel sammanfattas policydiskussioner och policyinitiativ från några länder som bedöms ha relevans för utformningen av framtida strategier och åtgärder i Sverige.¹¹⁹

12.1 USA

Samtidigt som den amerikanska valrörelsen kulminerade i oktober 2016 publicerade Obama-administrationen, som en av de första regeringarna, en studie som grund för nationell policy för AI. Denna bestod av två sektorsövergripande policydokument som angav huvudinriktningen för civila federala insatser för att möta utvecklingen inom AI.

Det var framförallt inom tre frågeställningar som stod i fokus:

- 1 Hur kan regeringen stödja utvecklingen av AI och dess positiva effekter?
- 2 Vilken betydelse kommer AI att ha på arbetsplatser och hur kan den amerikanska befolkningen få utbildning för framtidens arbeten?
- 3 Hur kan regeringen stödja människor under denna förändring och samtidigt skapa ekonomisk tillväxt som kommer alla till del under denna revolution?

Den ena rapporten, ”Preparing for the Future of Artificial Intelligence”¹²⁰, innehåller en bred genomgång av aktuell utvecklingsstatus och potentiell användning för AI samt rekommendationer om de insatser som bör äga rum på federal nivå. Den andra rapporten, ”The National Artificial Intelligence R&D Strategic Plan”¹²¹, anger områden för forsknings- och utvecklings-satsningar som bör göras på federal nivå. Ansatsen är i bägge dokumenten mycket bred och stor vikt läggs vid etiska och samhällsliga aspekter av ökat utnyttjande av AI och de kunskapsbehov som dessa föranleder.

FoU-planen är en del i den omfattande koordinering av den federala regeringens samlade FoU-satsningar som sker i regi av National Science and Technology Council och detta råds olika kommittéer och underkommittéer. Processen med att ta fram FoU-planen var bland annat baserad på flera öppna möten där några av de främsta amerikanska analytikerna, forskarna och

¹¹⁹ Förutom de länder som diskuteras i detta kapitel bör även AI-strategierna i Japan och Nederländerna vara av stort intresse för Sverige: Japan (mars 2017): Artificial Intelligence Technology Strategy. <http://www.nedo.go.jp/content/100865202.pdf>; Report on Artificial Intelligence and Human Society (http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/ai/summary/aisociety_en.pdf. Nederländerna (november 2017): Digital Society Research Agenda.

<http://www.vsnul.nl/files/documenten/Domeinen/Onderzoek/DigitaleSamenleving/VSNU%20Digital%20Society%20Research%20Agenda.pdf>

¹²⁰ https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf; 1 december 2016 publicerades en uppföljande rapport, ”Artificial Intelligence, Automation, and the Economy”: <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/4625/text/?format=xml>

¹²¹ https://www.nitrd.gov/PUBS/national_ai_rd_strategic_plan.pdf

företagen var representerade. Huvudansvarig för processen var the Networking and Information Technology Research and Development Subcommittee (NITRID).

FoU-planen är knappast en plan i ordets egentliga mening utan är i första hand ett ramverk för specifika initiativ och åtgärder av olika federala myndigheter där den konkreta planeringen överläts till de senare. För svensk del har dokumenten sitt största värde dels i den ingående diskussion av AI:s möjliga bidrag till utvecklingen inom en rad samhällssektorer, dels i identifieringen av områden där det finns ett behov av offentliga insatser.

I generella termer konstateras i FoU-planen att den federala regeringens insatser framför allt bör avse sådant som ligger utanför konsumentmarknader¹²². Sju olika insatsområden identifieras och utvecklas i rapporten:

- 1 Make long-term investments in AI research.¹²³
- 2 Develop effective methods for human-AI collaboration.¹²⁴
- 3 Understand and address the ethical, legal, and societal implications of AI.
- 4 Ensure the safety and security of AI systems.
- 5 Develop shared public datasets and environments for AI training and testing.
- 6 Measure and evaluate AI technologies through standards and benchmarks.
- 7 Better understand the national AI R&D workforce need

Värt att notera är att samspelet mellan människa och AI-baserade system betraktas som så centralt att detta redovisas som ett separat insatsområde. Intressant är också att försörjningen med data tillmäts avgörande betydelse och att det bedöms som önskvärt att data för träning av algoritmer kan göras öppet och allmänt tillgängliga.

I rapporten påpekas att implementeringen av insatser under insatsområdena 1-6 ovan kan komma att kräva nya sätt att arbeta och samarbeta för de FoU-finansierande myndigheterna. Behovet av nära samverkan med andra federala FoU-koordinerande organ (bl.a. inom cyberssecurity, privacy, robotics, software design, cyber physical systems, high-performance computing) betonas. I relation till insatsområde 7 rekommenderas att en systematisk kartläggning av kompetensbehoven för AI-utveckling och förutsättningarna för att tillgodose dessa genomförs.

Processen resulterade i följande rekommendationer:

- Myndigheter bör undersöka möjligheterna att dra nytta av AI.
- Myndigheter som inte har egen kompetens inom avancerad dataanalys eller AI rekommenderas att samarbeta med företag och forskare som har sådan kompetens. Även myndighetsledning bör ha tillräcklig AI-kompetens.
- Öppna data för att användas i AI-syfte bör prioriteras.

¹²² "The Federal government should therefore emphasize AI investments in areas of strong societal importance that are not aimed at consumer markets—areas such as AI for public health, urban systems and smart communities, social welfare, criminal justice, environmental sustainability, and national security, as well as long-term research that accelerates the production of AI knowledge and technologies."

¹²³ Följande delområden beskrivs i planen: Dataanalys; Perception; Teoretiska begränsningar för AI; Generell AI; Skalbar AI; Människoliknande AI; Robotik; AI-Hårdvara

¹²⁴ Delområden: Människokommunikativ AI; Förstärkning av mänsklig förmåga; Naturlig språkbehandling; Gränssnitt och visualisering.

- Regeringen själv bör särskilt stödja nyckelmyndigheter att engagera sig i AI-projekt med hög potential även då dessa har en hög risk.
- Myndigheter bör samarbeta inom kompetensuppbyggnad samt för att utveckla AI-standarder och finna de bästa metoderna.
- När regleringar av AI diskuteras ska tillräcklig teknisk AI-kompetens finnas representerad.
- Myndigheter bör ha tillgång till personal som representerar en mångfald av teknisk bakgrund. Det kan t.ex. ske genom utbytesprogram med delstater.
- Regeringen bör nära följa utvecklingen av AI inte enbart i USA utan också i andra länder.
- Regeringen bör på olika sätt säkerställa tillgången på AI-specialister i USA. Såväl specialister som användare behöver öka i antal, kompetens och mångfald.
- Regeringen bör nära följa AI:s påverkan på arbetsmarknaden.
- Myndigheter som använder AI som beslutsstöd där individer påverkas bör vara extra försiktiga för att säkerställa att dessa är effektiva och rättssäkra genom att använda evidensbaserade metoder.
- Skolor och universitet som undervisar i AI bör inkludera olika närliggande aspekter på etik, säkerhet och integritet i undervisningen.
- Regeringen bör ta fram en strategi för internationella AI-engagemang. Regeringen bör också fördjupa sina samarbeten kring AI med viktiga internationella intressenter såsom andra regeringar, internationella organisationer, industri och akademien.

Totalt uppskattas federala myndigheter ha finansierat icke sekretessbelagd FoU inom AI-området för ca 1,1 miljarder dollar under 2015. USA har också många och stora AI-initiativ inom försvar och försvarsindustri. Till detta skall de civila federala FoU-satsningarna ska därför läggas, en sannolikt omfattande, federal finansiering av sekretessbelagd AI-relaterad FoU.

Även efter att den nya administrationen tog över i januari 2017 pågår aktiviteter inom flera av dessa områden, bl.a. genom partiöverskridande samarbeten i senaten och representanthuset. Samtidigt ser många forskare och företagare i USA en fara i att bl.a. ny migrationspolitik (svårare att anställa utländsk expertis) och skattepolitik kan leda till att USA:s ledande roll inom AI kommer att minska. Under andra halvan av 2017 tillkom tre nya lagar på federal nivå som adresserar användandet av AI. Två av dessa reglerar användningen av självkörande bilar för att öka säkerheten och den tredje var instiftandet av en partiöverskridande rådgivande kommitté för att hantera AI-frågor.

En av många aktiva diskussioner kring AI bland federala myndigheter är vad varje myndighet bör göra själv och vad man bör samarbeta kring. Ett område som visat sig lämpligt för samarbete är möjligheten för medborgare och företag att interagera med myndigheter via röststyrda produkter som bl.a. Alexa, Cortana, Google Home och Siri. Den centrala administrationen General Service Administration har ett pågående program där ett trettiotal myndigheter deltar för att skapa detta generella gränssnitt till myndigheterna. Liknande aktiviteter finns på delstatsnivå och i flera städer.

Det är dock fortfarande oklart hur och i vilken grad de förslag och rekommendationer som presenterades i FoU-planen har implementerats under Trump-administrationen.¹²⁵ En indikation på att det finns ett politiskt engagemang i Kongressen är det partiövergripande

¹²⁵ Ett initiativ i linje med rekommendationerna från de två rapporterna är "The NIST Machine Learning & AI Initiative" (<https://www.youtube.com/watch?v=UAKkicQ8gM>) som bl.a. syftar till att bygga upp en testbädd för maskininlärning, inklusive en databank med s.k. träningsdata.

förslag som lades fram i Kongressen 12 december 2017 att inrätta en federal rådgivande kommitté för utveckling och implementering av artificiell intelligens ("FUTURE of Artificial Intelligence Act of 2017")¹²⁶ och de hearings som hållits i detta ärende.

Förutom den policydiskussion som pågår på federal nivå så finns motsvarande aktiviteter i många delstater. Dessutom sker ett omfattande utbyte av kompetens, data och forskning inom olika geografiska kluster i USA. Det är de stora AI-baserade företagen som Google, Facebook, Microsoft, Amazon, IBM och Apple som samarbetar med startups och universitet i framförallt Silicon Valley, Seattle och Bostonområdet.

12.2 Kina

Den kinesiska regeringen har långtgående planer för användningen av AI. Kinas nuvarande AI-plan för 2018–2020 har tolkats som en vision för hela Kinas ekonomi. Några av de områden som Kina satsar allra mest på är hårdvara för AI, robotar för personer med funktionsnedsättning, AI i sjukvård, tillverkning och AI för energieffektivitet. Kina har som mål att bli världens främsta AI-nation 2030. Detta mål är nedbrutet i olika femårsplaner. Inom Departementet för Vetenskap och Teknik finns ett särskilt kontor för främjande av AI.

Förutom regeringens åtagande i form av till exempel en ny forskarpark för motsvarande 18 miljarder kronor i Beijing så investerar många företag som Baidu, Alibaba, Tencent och Xiaomi stort i AI. Många av de ledande amerikanska AI-företagen har etablerat sig i Kina, samtidigt som flera kinesiska AI-företag finns på plats i de stora AI-klustren i USA.

En av de allra viktigaste resurserna för att kunna utveckla bra AI-tillämpningar är tillgången till stora datamängder för att träna systemen. Kina har bland annat genom sin stora befolkning ofta en god tillgång till denna resurs.

Förutom att den centrala regeringen i Kina gör stora satsningar i AI så sker även satsningar i flera stora städer. Fler än 300 städer satsar på användning av AI i sina program för smarta städer. I juli 2017 lanserade Kina en särskild AI-strategi "A Next Generation Artificial Intelligence Development Plan".¹²⁷

Enligt Andrew Ng, som är en ledande forskare och entreprenör inom AI i både Kina och USA, finns en stor kunskap i Kina om AI-aktiviteter i Nordamerika och Europa, men motsvarande kunskap åt andra hållet är låg. En orsak är troligen brist på språkkunskaper.

12.3 Storbritannien

I oktober 2017 publicerade den brittiska regeringen en rapport om AI, "Growing the artificial intelligence industry in the UK"¹²⁸, med rekommendationer avseende kompetensförsörjning, datatillgång, forskning och ökat utnyttjande av AI. Rapporten, som beställts av närings- och kulturministrarna¹²⁹ tillsammans, var författad av en universitetsprofessor (Wendy Hall,

¹²⁶ <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/4625/text/?format=xml>

¹²⁷ <https://chinacopyrightandmedia.wordpress.com/2017/07/20/a-next-generation-artificial-intelligence-development-plan/>

¹²⁸ https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652097/Growing_the_artificial_intelligence_industry_in_the_UK.pdf

¹²⁹ Secretary of State for Business, Energy and Industrial Strategy och Secretary of State for Digital, Culture, Media and Sport.

University of Southampton) och en entreprenör (Jérôme Pesenti, CEO, BenevolentTech) och hade som huvudsyfte att identifiera åtgärder för att främja tillväxten av AI-industrin i Storbritannien.

I den industristrategi¹³⁰ som den brittiska regeringen presenterade i form av ett vitpapper den 27 november 2017 återfinns merparten av de insatser som rekommenderas i AI-rapporten från oktober. ”AI & Data Economy” anges som en av fyra stora utmaningar (grand challenges):

- **Growing the AI & Data-Driven Economy:** putting the UK at the forefront of the artificial intelligence and data revolution
- **Clean Growth:** maximising the advantages for UK industry from the global shift to clean growth
- **The Future of Mobility:** being a world leader in shaping the future of mobility
- **Ageing Society:** harnessing the power of innovation to help meet the needs of an ageing society

Grundtanken bakom utmaningarna har en hel del gemensamt med den svenska regeringens strategiska samverkansprogram.¹³¹ För var och en av utmaningarna redovisas redan planerade insatser med öppning för ytterligare framtida insatser. Även om den första utmaningen är formulerad bredare än AI är de åtgärder som presenteras i strategidokumentet huvudsakligen hämtade från AI-rapporten. I den statsbudget som lades fram i november 2017 återfanns 75 miljoner brittiska pund öronmärkta för insatser inom AI-området, dock oklart för vilken period.

Ett av förslagen i AI-rapporten som återfinns i industristrategin är att ge The Alan Turing Institute status av ett nationellt institut för AI (utöver sitt ursprungliga uppdrag). Institutet har en intressant konstruktion och arbetsformer som det finns stor anledning i Sverige att studera närmare. Efter en (i princip) öppen konkurrens grundades institutet som en oberoende stiftelse (charity) 2015 av fem universitet¹³² och forskningsrådet EPSRC med syfte att tjäna som ett nationellt institut för data science med huvudkontor vid British Library. I november 2017 accepterades ytterligare fyra universitet som partners i institutet.¹³³

Institutet är fortfarande under uppbyggnad och stora ansträngningar har ägnats åt att definiera institutets verksamhetsinriktning mer specifikt. För detta ändamål genomfördes en synnerligen bred men ingående genomlysning av potentiella forskningsområden genom ca 100 workshoppar och andra konsultationer som involverade omkring 1000 personer.¹³⁴ Baserat på detta arbete presenterades i juni 2016 en strategi för institutet¹³⁵ som strukturerar

¹³⁰ “Industrial Strategy White Paper - Building a Britain fit for the future” (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/664563/industrial-strategy-white-paper-web-ready-version.pdf)

¹³¹ Utmaningarna sägs ha karaktären av “developments in technology that are set to transform industries and societies around the world, and in which the UK – if we muster our forces across sectors – has the opportunity to play a leading global role” och vara “an invitation to business, academia and civil society to work together to innovate and develop new technologies and industries in areas of strategic importance to our country”.

¹³² Cambridge, Edinburgh, Oxford, UCL och Warwick

¹³³ Leeds, Manchester, Newcastle och Queen Mary University of London

¹³⁴ Resultatet finns sammanfattat i en rapport: The Alan Turing Institute Scoping Programme (<https://aticdn.s3-eu-west-1.amazonaws.com/2015/06/The-Alan-Turing-Institute-Scoping-Programme.pdf>)

¹³⁵ <https://aticdn.s3-eu-west-1.amazonaws.com/2016/06/Shaping-our-Strategy-The-Alan-Turing-Institute-1.pdf>

verksamheten i dels ett antal grundläggande forskningsdomäner¹³⁶, dels ett antal breda tillämpningsområden.¹³⁷

Som basfinansiering har EPSRC avsatt 42 miljoner brittiska pund och de fem grundar universiteten tillsammans 25 miljoner brittiska pund för de första sex respektive fem åren. Inom några av tillämpningsområdena bedrivs en stor del av verksamheten tillsammans med strategiska partners som bidrar med resurser.¹³⁸ En betydande del av verksamheten bedrivs av forskare från partneruniversiteten som knyts till institutet på deltid.

Kompetensförsörjning är ett viktigt inslag i de planerade insatserna för att utveckla AI och en tredjedel av de 18 rekommendationerna i AI-rapporten faller inom denna kategori och återfinns även i industristrategin:

- Industrifinansierade masterprogram med initialt intag av 300 elever.
- Ettåriga tilläggsutbildningar i AI på masternivå för personer som redan genomgått utbildningar inom andra områden än data science. För att dimensionera dessa utbildningar behövs ytterligare undersökningar av potentiell efterfrågan.
- 200 nya utbildningsplatser för doktorander med rekrytering även från utlandet.¹³⁹
- Online kurser för yrkesmässig fort- och vidareutbildning som kan tillgodoräknas för Master-examina.
- Åtgärder för ökad mångfald hos dem som arbetar med AI.
- Forskarstipendier för att kunna behålla och attrahera framstående forskare att på hel- eller deltid (exempelvis kombinerad anställning vid universitet och i företag) bedriva forskning och undervisning inom AI i Storbritannien.

Den 25 april 2018 annonserades en stor nationell samverkanssatsning på AI i Storbritannien:

“The United Kingdom is planning a big investment in artificial intelligence technologies in a deal worth nearly £1 billion, or about \$1.3 billion. The U.K. government said Thursday that part of its multi-year AI investment—about £300 million, or more than \$400 million—would come from U.K.-based corporations and investment firms and those located outside the country. Some of the U.S.-based companies involved with the U.K.’s AI deal include Microsoft, Hewlett Packard Enterprise, IBM, McKinsey, and Pfizer, As part of the deal, the Japanese venture capital firm Global Brain plans to invest about \$48 million in U.K. tech startups and will open a European headquarters in the United Kingdom. The University of Cambridge will also give U.K. businesses access to a new \$13 million supercomputer to help with AI-related projects.”¹⁴⁰

¹³⁶ a) Mathematical Representations of data and models, providing foundations for analysis; b) Inference & Learning methodologies for data analytics, enabling scalable algorithms; c) Systems & Platforms to scale up and to scale out algorithmic and analytical tools; d) Social sciences methods and expertise for Understanding Human Behaviour from data.

¹³⁷ Engineering; Technology; Defence & Security; Smart Cities; Financial Services; Health & Wellbeing

¹³⁸ Strategiska partners är för närvarande Department of Defence, Intel, HSBC och Lloyd’s Register Foundation.

¹³⁹ Grundar sig på en uppskattning från EPSRC att efterfrågan på doktorandplatser i maskininlärning och tekniska AI-discipliner uppgår till över 500 totalt i landet och att ca 40 procent av de sökande bedöms ha tillräcklig kompetens för att kunna antas.

¹⁴⁰ <http://fortune.com/2018/04/25/uk-ai-artificial-intelligence-deal/>

12.4 Frankrike

I mars 2018 publicerades resultatet från en task force ledd av Cédric Villani, matematiker och parlamentsledamot, ”For a meaningful Artificial Intelligence”.¹⁴¹ Uppdraget, som gavs i september 2017, var att ta fram ett underlag för en AI-strategi för Frankrike och Europa.

Huvudfokus i strategiunderlaget är:

- An Economic Policy Based on Data
 - Reinforcing the European Data Ecosystem
 - Consolidating and Raising the Profile of the French AI Ecosystem
 - Leveraging Public Procurement
 - A Clear Choice: Focusing on Four Strategic Sectors
 - Initiating European Industrial Momentum with Regard to AI
 - Transformation of the State: Leading by Example
- Towards Agile and Enabling Research
 - Building a Network of Interdisciplinary Institutions for Artificial Intelligence
 - Computing Means for Research
 - Enhancing the Appeal of Careers in Public Research
 - Stepping Up Interaction Between Academia and Industry
- Anticipating and Controlling the Impacts on Jobs and Employment
 - Anticipating the Impacts on Employment and Testing Out
 - Developing Complementarity Within Organizations and Regulating Working Conditions
 - Setting in a Motion an Overhaul of Initial Training and Continuing Professional Skills
 - Testing Out New Methods for Funding Vocational Training to Factor in Value Transfers
 - Training AI Talent at All Levels
- Using Artificial Intelligence to Help Create a More Ecological Economy
 - Making this Issue Part of the International Agenda
 - Promoting the Convergence of the Ecological Transition and Developments in AI
 - Designing AI that Uses Less Energy
 - Releasing Ecological Data
- What are the Ethics of AI?
 - Opening the ‘Black Box’
 - Considering Ethics from the Design Stage
 - Considering Collective Rights to Data
 - How Do We Stay in Control?
 - Specific Governance of Ethics in Artificial Intelligence
- For Inclusive and Diverse Artificial Intelligence
 - Gender Balance and Diversity: Striving for Equality
 - Developing Digital Mediation and Social Innovation so that AI Benefits Everyone

¹⁴¹ Villani, C., For a meaningful Artificial Intelligence. Towards a French and European strategy. A parliamentary mission assigned by the Prime Minister Édouard Philippe in September 2017, published 8th March 2018. https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani_Report_ENG-VF.pdf

President Macron presenterade den 29 mars 2018 sin vision och strategi för att göra Frankrike till en ledare inom AI,¹⁴² vilket baseras på det strategiunderlag som tagits fram inom Villanis task force.

Huvudpunkterna i strategin är:

- Developing an aggressive data policy:
 - 1 Encourage companies to pool and share their data:
 - 2 Create data that is in the public interest
 - 3 Support the right to data portability
- Focus on four sectors:
 - Health field - Predictive and personalized medicine will make it possible to monitor patients in real time, and improve the detection of anomalies in electrocardiograms.
 - Transport field - In the transport field, the development of the driverless car is a key industrial priority.
 - Defence and security field - AI could be used to detect and even respond to cyberattacks that cannot be detected by humans, and facilitate the analysis of multimedia data.
 - Environmental field - the development of monitoring tools for farmers will pave the way for smart agriculture benefiting the entire agrifood chain.
- To better connect geographical regions and AI research areas:
 - Create interdisciplinary AI institutes (3IA) in selected public higher education and research establishments. These institutes must be spread throughout France and cover a specific application or field of research.
 - Allocate appropriate resources to research, including a supercomputer designed especially for AI applications in partnership with manufacturers. In addition, researchers must be given facilitated access to a European cloud service.
 - Make careers in public research more attractive by boosting France's appeal to expatriate or foreign talents: increasing the number of masters and doctoral students studying AI, increasing the salaries of researchers and enhancing exchanges between academics and industry.
- New training models must be planned and tested to prepare for these professional transitions:
 - Create a public laboratory on the transformation of work. The creation of a public laboratory on the transformation of work will encourage reflection on the ways in which automation is changing occupations. It will also make it possible to test tools supporting professional transitions, especially for those likely to be most affected by automation.
 - Develop complementarity between humans and machines. To improve future working conditions, reflections must focus on developing a "complementarity index" for businesses, and including all aspects of the digital transition in social dialogue. This could result in a legislative project on working conditions in the automated era.
 - Test new methods for vocational training. This testing would make it possible to address AI-related changes to value chains. Currently, businesses fund the vocational training of their own employees. However, for their digital transformation, they often call on other actors who capture value and play a key role in automating tasks but do not help fund vocational training for employees. New funding methods must therefore be tested through social dialogue.

¹⁴² AI for Humanity. French Strategy for Artificial Intelligence. The President of the French Republic presented his vision and strategy to make France a leader in artificial intelligence (AI) at the Collège de France on 29 March 2018. <https://www.aiforhumanity.fr/en/>

- Making AI more environmentally friendly:
 - Firstly, by creating a research centre focusing on AI and the ecological transition. This centre could contribute to projects such as Tara Oceans, which is at the crossroads of life sciences and ecology.
 - Secondly, by implementing a platform to measure the environmental impact of smart digital tools.
 - As part of this approach, it must help AI become less energy-intensive by supporting the ecological transition of the European cloud industry.
 - Lastly, ecological transition must go hand in hand with the liberation of “ecological data”. AI can help reduce our energy consumption and restore and protect nature – for instance, by using drones to carry out reforestation, or by mapping living species through image recognition technology.
- Opening up the black boxes of AI. Artificial intelligence technologies must be socially acceptable:
 - Develop algorithm transparency and audits by developing the capacities necessary to observe, understand and audit their operation. To do so, a group of experts must be created to analyse algorithms and databases, and research on explainability must be supported to encourage civil society to carry out its own evaluations.
 - This means focusing on three areas of research: producing more explainable models, producing more interpretable user interfaces, and understanding the mechanisms at work in order to produce satisfactory explanations.
 - Consider the responsibility of AI actors for the ethical issues at stake:
 - By including ethics in training for AI engineers and researchers.
 - By carrying out a discrimination impact assessment, along the lines of France’s privacy impact assessment (PIA), to encourage AI designers to consider the social implications of the algorithms they produce.
 - Create a consultative ethics committee for digital technologies and AI, which would organize public debate in this field. This committee would have a high level of expertise and independence. Indeed, 94% of those interviewed considered that the development of AI in our society should be regularly addressed in public debates.
 - Guarantee the principle of human responsibility, particularly when AI tools are used in public services. This includes setting boundaries for the use of predictive algorithms in the law enforcement context. It also means extensively discussing any development of lethal autonomous weapons systems (LAWS) at the international level, and creating an observatory for the non-proliferation of these weapons.

Dagen efter lanseringen av Frankrikes AI-strategi annonserades etableringen av *the PRAIRIE Institute*, ”a center of excellence dedicated to artificial intelligence in Paris” i samverkan mellan CNRS, Inria och PSL University, tillsammans med Amazon, Criteo, Facebook, Faurecia, Google, Microsoft, NAVER LABS, Nokia Bell Labs, PSA Group, SUEZ och Valeo.¹⁴³

Det övergripande målet är ”to become an international reference in the field of artificial intelligence”, genom samverkan mellan industri och akademi. Tre operativa för en 5-årig samverkan är:

- to make a significant contribution to driving progress in fundamental knowledge in artificial intelligence (AI) freely distributed among the international scientific community;
- to take part in solving concrete problems with a major application-related impact;
- to contribute to training in the field of artificial intelligence.

¹⁴³ <https://www.inria.fr/en/news/news-from-inria/launch-of-the-prairie-institute>

12.5 Kanada

Kanada har en framskjuten plats forskningsmässigt och har lockat flera av de ledande amerikanska IT-företagen att etablera AI-lab i Kanada. I april 2015 en analys av möjligheterna och förutsättningarna med AI i Kanada: Artificial Intelligence in Canada. Where do we stand?¹⁴⁴

I mars 2017 tillkännagav den kanadensiska regeringen att man satsar 125 miljoner kanadensiska dollar på en "Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy". Detta för att stärka samverkan mellan starka forskningsmiljöer i Toronto-Waterloo, Montréal och Edmonton (där redan tidigare stora statliga forskningssatsningar gjorts) med sikte på att Kanada fortsatt skall attrahera företag att investera i AI-verksamhet i landet. En ingående intervju med en av nyckelpersonerna i utvecklingen av AI-forskningen i Montréal ger en god bild av hur en så stark forsknings- och innovationsmiljön kunnat byggas upp i denna stad.¹⁴⁵

12.6 Finland

Finland har inte en lika lång, bred och djup tradition av AI som USA, Kina och Japan. De har heller inte resurser att konkurrera framöver med de forskningscentra som finns i dessa stora länder. De är snarare hänvisade till nischade vertikala områden och till samarbeten för att bli en framstående användningsnation. Men även om det inskränker valen har det ofta varit en framgångsrik strategi att placera sig högt upp i värdekedjan.

Den finska regeringen med statsministern i spetsen har uttalat ett tydligt mål att Finland ska vara en ledande AI-nation och med detta menar man inte minst att bli ledande i att använda AI. Statsminister Juha Sipilä vill skapa en gemensam vision för hur samhället använder AI för att öka välbästand. Han menar att detta kräver nya kompetenser, nya tankesätt att lösa problem, beslutsfattande som är framåtriktat och en dynamisk arbetsmarknad. Finansminister Mika Lintilä har också poängterat vikten av att Finland måste hålla ett högt tempo i införandet av AI i samhället.

År 2017 etablerades i Arbets- och Näringsministeriet "Arbetsgruppen för Artificiell Intelligens". Arbetsgruppen har analyserat Finlands styrkor och svagheter i en omvärld som snabbt börjar använda AI. Arbetsgruppens analys pekar på att om man inte från politiskt håll driver på utvecklingen av Finland som en AI-nations så beräknas den genomsnittliga BNP-tillväxten under åren 2017–2030 bli 0,8%, medan sysselsättningen antas minska med 0,5%. Om man däremot driver på AI-utvecklingen ger analysen en genomsnittlig BNP-tillväxt på 3,0% och en sysselsättningsökning på 5,0% under perioden.

Slutsatsen från arbetsgruppen är att för att Finland ska fortsätta vara en framgångsrik välfärdsnation så krävs att man snabbt lär sig ny teknik och börjar använda den. Det gäller individer, företag och offentlig sektor. Inom offentlig sektor ser man bland annat möjligheterna att förutse behov och att agera snabbare och mer korrekt på dessa samtidigt som man kan ge en mer individanpassad service.

¹⁴⁴ <https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2015/06/AI-White-paper-final-English1.pdf>

¹⁴⁵ "Why Montreal Has Emerged As An Artificial Intelligence Powerhouse"
<https://www.forbes.com/sites/peterhigh/2017/11/06/why-montreal-has-emerged-as-an-artificial-intelligence-powerhouse/#1a987b4323bd>

Arbetsgruppen har gett rekommendationer som fokuserar på följande områden:

- 1 Hur finska näringslivets konkurrenskraft kan stärkas med AI.
- 2 Hur data kan användas i alla samhällets områden.
- 3 Hur man förenklar och snabbar på användningen av AI.
- 4 Hur ledare får tillräcklig AI-kompetens och hur man säkrar AI-kompetens.
- 5 Hur regeringen kan ta avgörande beslut om bland annat investeringar i AI-området.
- 6 Hur AI hjälper Finland att bygga världens bästa offentliga sektor.
- 7 Hur man säkrar de samarbeten som Finland behöver.
- 8 Hur Finland blir en ledare inom AI.

Arbetsgruppen poängterar också vikten av att Finland har bra tillgång till kvalitativa data för att kunna träna och bygga AI-tillämpningar. Man anser att detta redan är en av Finlands främsta tillgångar i en internationell konkurrens.

Finland har skapat ett starkt centrum för forskning på Helsingfors universitet. Många initiativ sker just nu inom hälso- och sjukvård. I Esbo pågår ett projekt för att kombinera data inom socialtjänsten för att analysera och identifiera nya sätt att erbjuda tjänster till medborgarna och motverka social utslagning. Även i näringar som är centrala för Finland, t.ex. skogsindustrin, pågår AI-utveckling.

En viktig del för att Finland ska lyckas är att de stora organisationernas ledningar på kort tid skaffar sig en strategisk och affärsmässig kompetens inom AI. När Nokias styrelseordförande Risto Siilasmaa för ett par år sedan upptäckte att han hade svårt att föra en diskussion kring möjligheterna med AI, började han studera ämnet ingående. Han skaffade sig inte enbart strategisk kompetens inom AI utan fortsatte också med de mekanismer som AI bygger på. Förutom att använda detta inom de företag han verkar i och leder har han hållit föredrag och även kunnat stödja finska politiker.

Referenser

- AI for Humanity. French Strategy for Artificial Intelligence. The President of the French Republic presented his vision and strategy to make France a leader in artificial intelligence (AI) at the Collège de France on 29 March 2018. <https://www.aiforhumanity.fr/en/> Hämtat 27 april 2018.
- Alan Turing Institute (2016), The Alan Turing Institute Scoping Programme
- Alan Turing Institute (2016), The UK's New National Institute for Data Science. Shaping our Strategy.
- Atomico (2017), The state of European Tech
- Bengtsson, L. (2013), Utbildningssamverkan för jobb, innovation och företagande, Almega, https://www.almega.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=e67be621-8331-4fea-afae-8d0b27776b34&FileName=Utbildningssamverkan_f%c3%b6r_jobb_A.pdf, access 06-06-14.
- Benner, M. (2013), Nordiska universitet i jakt på världsklass – en jämförelse mellan två universitet i Danmark och Sverige, Tillväxtanalys, Working paper/PM 2013:20.
- Berggren, H. (2012), Den akademiska frågan – en ESO-rapport om frihet i den högre skolan, Rapport till Expertgruppen för studier i offentlig ekonomi 2012:3, Finansdepartementet.
- Bienenstock m.fl., (2014), Utbildning, forskning, samverkan. Vad kan svenska universitet lära av Stanford och Berkeley? SNS förlag.
- Björnsson m.fl., (2015), UNIVERSITETSREFORM! Så kan vi rädda och lyfta den högre utbildningen, Samhällsförlaget.
- Brundage, M, et. al. (2018), The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention and Mitigation: Forecasting, Prevention and Mitigation.
- Brynjolfsson, E & McAfee, A., Machine Platform Crowd
- Brynjolfsson, E & McAfee, A., The Second Machine Age
- Canadian Institute for Advanced Research CIFAR (2017), Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy Overview.
- CapGemini, Turning AI into Concrete Value
- Carlsson m.fl., (2014), Research Quality and the Role of the University Leadership
- CCP Central Committee and the State Council China (2017), A Next Generation Artificial Intelligence Development Plan
- Datainspektionen (2018), <https://www.datainspektionen.se/dataskyddsreformen/dataskyddsforordningen/introduktion-till-dataskyddsforordningen/dataskyddsforordningens-syfte/> Hämtad 8 april 2018.
- Dijstelbloem m.fl., (2013), Why Science Does Not Work as It Should And What To Do about It. Science in Transition POSITION PAPER, October 17, 2013.
- Domingos, P., The Master Algorithm
- Ehn Knoblock, I. (2014), Disputerad och sen då? En intervjustudie om forskarutbildades arbetslivserfarenheter utanför högskolan, Fackförbundet ST.
- Ejermo, O. (2012), Universitet som drivkraft för tillväxt och utveckling. reprocentralen Örebro universitet, Forskning Nätverk Debatt, Entreprenörskapsforum.
- Ekholm, A., Människan och maskinen
- Ekonomistyrningsverket, Digitaliseringen av det offentliga Sverige
- Eriksson, L. och Heyman, U. (2014), Resurser för utbildning och forskning. Dnr 14/014 SUHF april 2014.

European Commission (2014), Background document – Public Consultation, ‘SCIENCE 2.0’: Science in transition, DIRECTORATES-GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION (RTD) AND COMMUNICATIONS NETWORKS, CONTENT AND TECHNOLOGY (CONNECT).

Evans, H., Hu, M., Kuchembuck, R., Gervet, E. (2017), Will you embrace AI fast enough? AT Kearney.

Forbes (2017), Why Montreal Has Emerged As An Artificial Intelligence Powerhouse. Hämtat 27 april 2018.

Fortune (2018), United Kingdom Plans \$ 1.3 Billion Artificial Intelligence Push.
<http://fortune.com/2018/04/25/uk-ai-artificial-intelligence-deal/> Hämtad 25 april 2018.

Gagné, J-F. (2018), The Global AI Talent Pool

Geschwind, L. och Broström A. (2014), Managing the teaching–research nexus: ideals and practice in research-oriented universities, Higher Education Research & Development, DOI: 10.1080/07294360.2014.934332

Government of Japan (2017), Report on Artificial Intelligence and Human Society. Unofficial translation. Advisory Board on Artificial Intelligence and Human Society, Cabinet Office.

Governo (2018), Artificiell intelligens i offentlig sektor. Hur realiserar vi potentialen?

Hall, W och Pesenti, P (2017), Growing the Artificial Intelligence Industry in the UK.

Heckscher S. m.fl. (2014), Ökad handlingsfrihet för statliga lärosäten, rapport till Stockholm – Uppsala universitetsnätverk, april 2015.

High, P. (2017), Why Montreal Has Emerged As An Artificial Intelligence Powerhouse, Forbes, publicerad 2017-11-06

Hitoshi Koshiba (2016), Research Status of ICT/AI International comparison featuring Korea, China and Japan, NISTEP.

HM Government UK (2017), Industrial Strategy. White Paper. Building a Britain fit for the future.

Information and Communication Technology Council Canada (2015), Artificial Intelligence in Canada. Where do we stand?

Inera AB, AI och automatisering för första linjens vård

Infosys, Leadership in the Age of AI

Inria (2018), Inria takes part in PRAIRIE Institute launch. <https://www.inria.fr/en/news/news-from-inria/launch-of-the-prairie-institute>. Hämtat 27 april 2018.

Institute for the Future (2011), Future Work Skills 2020. http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_future_work_skills_sm.pdf

IT & Telekomföretagen, Almega (2017), IT-kompetensbristen. En rapport om den svenska digitala sektorns behov av spetskompetens.

Jacob, M. (2015), Draft RIO Country Report 2014: Sweden.

Kelly, K., The Inevitable

Lindsjö, Göran (2017), En AI-redo statsförvaltning.

Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. and Dewhurst, M., (2017), Harnessing automation for a future that works. [online] McKinsey & Company. Available at: <<https://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>> Hämtad 6 april 2018.

McCarthy (1956), the Dartmouth Summer Research Project

McKinsey & Company (2017), Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe’s digital front-runners.

Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland (2017), Finland’s Age of Artificial Intelligence. Turning Finland into a leading country in the application of artificial intelligence. Objective and recommendations for measures. 47/2017

National Institute of Standards and Technology. U.S. Department of Commerce (2017), The National Science & Technology Council Machine Learning/AI Initiative (YouTube), <https://www.youtube.com/watch?v=UAKkickQ8gM>, publicerad 11 september 2017.

New Energy and Industrial Technology Development Organization NEDO Japan (2017), Artificial Intelligence Technology Strategy. Report of Strategic Council for AI Technology.

Nilsson, R. (2015), Statlig FoU-finansiering i Sverige 1981-2014, arbetsdokument, VINNOVA.

OECD (2013), Science, Technology and Industry Scoreboard 2013, chapter 5.

OECD (2014), Education at a Glance 2014: OECD Indicators, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2014-en>

OECD (2015), Scoping paper for CSTP/TIP project on higher education institutions in the knowledge triangle. DSTI/STP(2015)6, OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (2017), OECD Digital Economy Outlook 2017, OECD Publishing, Paris.

OECD (2017), Education at a Glance 2017: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris.

OECD (2017), OECD The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business, OECD Publishing, Paris.

Perez Vico m.fl. (2015), Universitets och högskolors samverkansmönster och dess effekter. VINNOVA analys.

Purdy, M. och Daugherty, P. (2016), Why Artificial Intelligence is the Future of Growth, Accenture.

Purdy, M. och Daugherty, P. (2017), How AI Boosts Industry Profits and Innovation, Accenture.

Statens offentliga utredningar (2015), Högre utbildning under tjugo år, SOU 2015:70.

Statens offentliga utredningar (2016), Digitaliseringens effekter på individ och samhälle – fyra temarapporter, SOU 2016:85. Haikola, L., Högskola och livslångt lärande – vilken roll bör högskolan spela för att svara mot kunskapssamhällets behov av kompetensutveckling?

Stirling, R and Truswell, E., Oxford Insights

Stockholms Stad, avdelningen för digital utveckling. Artificiell intelligens, robotisering och VR/AR

Swedsoft (2017), Vikten av livslångt lärande i en föränderlig, digitaliserad och globaliserad värld.

The Telegraph (2015), Number of foreign students at top universities doubled in less than a decade, research finds. J. Espinoza, 29 maj <http://www.telegraph.co.uk/education/educationnews/11639807/Number-of-foreign-students-at-top-universities-doubled-in-less-than-a-decade-research-finds.html>

Teradata, State of Artificial Intelligence for Enterprise

UNESCO, Institute for Statistics database

U.S. Government (2016), Executive Office of the President. National Science and Technology Council. Committee on Technology. Preparing for the future of Artificial Intelligence.

U.S. Government (2016), The National Science and Technology Council. Networking and Information Technology Research and Development Subcommittee. The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan.

U.S. Government (2017), U.S. federal legislative information. H.R.4625 - FUTURE of Artificial Intelligence Act of 2017

Universitetskanslersämbetet, UKÄ (2014), Universitet och högskolor, Internationell studentmobilitet i högskolan 2013/2014, Universitetskanslersämbetet, Sveriges officiella statistik, Statistiska meddelanden UF SM 1402.

Universitetskanslersämbetet, UKÄ (2015), Universitet och högskolor, ÅRSRAPPORT 2015. Universitetskanslersämbetet, Sveriges officiella statistik.

Universitetskanslersämbetet, UKÄ (2018), Samverkan om dimensionering av utbildning - En kartläggning - rapportering av ett regeringsuppdrag, Rapport 2018:4

- Van der Zande, J., Teigland, K., Siri, S. och Teigland R. (2018), Substitution of Labor, From technological feasibility to other factors influencing job automation, Innovative Internet: Report 5, Stockholm School of Economics, Jan. 2018
- Villani, C. (2018), For a meaningful Artificial Intelligence. Towards a French and European Strategy.
- Vinnova (2011), Kunskapstriangeln. Redovisning av regeringsuppdrag, Dnr 2010-02061.
- VSNU Association of Universities the Netherlands (2017), Digital Society Research Agenda. Leading the way though cooperation in a Digital Society.
- Wall Street Journal (2015), International students stream into US colleges, M. Jordan, 24 mars.
<http://www.wsj.com/articles/international-students-stream-into-u-s-colleges-1427248801>
- World Economic Forum, The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution
- World Economic Forum, Insead och Samuel Curtis Johnson Graduate School of Management vid Cornell University (2015), Global Information Technology Report
- Öquist G. och Benner, M. (2012), Fostering breakthrough research: a comparative study. Kungliga vetenskapsakademien. Halmstad: Print One

Bilaga 1 Patent Analysis¹⁴⁶

Artificial intelligence (AI) is a large and rapidly growing area for patenting world-wide. The growth in AI-related patent applications appears to have accelerated since around 2010 and AI is today one of the largest areas for patenting. Due to the delay between the time when a patent application is submitted and the time when a patent office publishes the application it is not yet possible to fully assess the developments after 2015. In all likelihood the strong attention given to developments in AI all over the world has caused a further rapid growth in AI-related patent applications.

AI-related patenting is still dominated by core information technology companies such as Samsung, Microsoft, IBM and Google, which have already built very large patent portfolios. AI-related patents are, however, increasingly being used in diverse business areas and attracting attention from a growing number of firms of all kinds and sizes, not least young and start-up firms which are attempting to leverage AI-technology to disrupt existing industries and develop new services.

United States, Japan and South Korea are generally considered leading the world in AI-related patenting, South Korea showing fastest growth. The precise order of the different countries depends on which patent offices are included in the analysis and thus for which markets the patent protection is sought. Following the top three countries are United Kingdom and Israel ahead of Canada, China and Germany, Israel's performance in recent years is impressive. In recent years, around 0,8 percent of the all AI-related patents included inventors from Sweden, making Sweden the 13th largest country.

While patents may be important as knowledge-based capital for AI-intensive business development, the relative importance of patents will differ depending on type of business. The great importance of access to data is widely recognized. Development of new business models as well ability to integrate a company's organization across business functions and with partner organizations also play a decisive role.

The diverse use of AI and its frequent combination with other technologies makes it impossible to use standard patent classifications for quantitative analysis of AI-related patenting. This report largely builds on a database for AI-related patenting developed by the Finnish patent analysis company Teqmine. The patents included in the database are judged to be broader than AI in a narrow sense and might probably better be characterized as encompassing "advanced data analytics". Using machine learning the patent applications have been classified into 30 "topics" according to similarities in technologies and applications. This allows the comparison between countries and individual organizations by topic.

In a global perspective, Sweden is, as might be expected, a small player in terms of AI-related patenting. Along with most European countries its share of world total patenting has decreased

¹⁴⁶ Denna bilaga har skrivits av Lennart Stenberg, Vinnova och Hannes Toivanen, Teqmine OY.

over time due to the rapid growth in Asia. Similar to many other rankings measuring innovative activities, on a per-capita basis Sweden is doing reasonably well, but behind Israel, Switzerland, Denmark and Finland among countries of comparable size. Sweden is slightly ahead of Canada in per-capita terms and recently increased its lead somewhat. Israel has increasingly outdistanced the other countries. In recent years, Sweden has grown at almost the same pace as Switzerland and Denmark and reduced the gap to Finland which has suffered a decline in its AI-related patenting in line with a general decline of the Finnish economy. The relative strong performance of the just mentioned five countries motivates a closer comparison between theirs and Sweden's development in terms of the topics of patent applications and the distribution among different types of organizations.

Sweden, Finland and Denmark each have one company with an outsized number of patent applications: LM Ericsson, Nokia and Novozymes respectively. While Ericsson's share of patent applications was about the same 2006-2011 as 2012-2017, in Denmark Novozyme's share increased significantly and Finland Nokia's decreased greatly. Excluding these three firms, Sweden closed its gap to Denmark while the gap to Finland remain large and unchanged. In Israel, Switzerland and Canada there were no companies with a similarly dominating position although big US IT-firms as a group led by IBM, Google and Microsoft, have a much larger presence there than in the three Nordic countries.

In all six countries, the number of companies actively patenting has increased in recent years. Exactly by how much cannot be ascertained as the assignee organization for more recent patent applications has not yet been published. Already named assignee organizations applying for patents with inventors from Sweden were 48 in 2016 compared to an average of 30 per year 2010-2014. When complete data are available the recent growth in patenting organizations is likely to be shown to have been even stronger. Adjusted for population size, the number of organizations applying for AI-related patents with inventors from Israel are at least three times as many as the corresponding number for any of the other three countries. On the same measure has improved its position relative to the other four countries and is today not far behind Switzerland and at the same level as Denmark and Finland. Worth noting is that when only domestically registered organizations are compared Sweden's relative position is weaker even if it has improved somewhat in recent years. More detailed analysis is required to assess whether this points to a weakness in the Swedish ecosystem for AI-related innovation.

Comparing the content of AI-related patenting between the five countries and as part of world total patenting, Sweden's strongest areas are, as might be expected, closely connected with Ericsson's core businesses in communication and computer networks. Sweden's world share in the area "computer networks" and "cellular network management" was 4,3 and 2,8 per cent respectively during 2012-2017 placing Sweden 1st and 2nd respectively among the six countries and in both cases showing a significant increase in the share from 2006-2011. As the only among the six countries with a large vehicle industry, Sweden placed 2nd in the area "smart traffic" behind Israel. Globally this has been the second fastest growing area after "human-computer interaction". In both areas Sweden's world share has been roughly halved from around two to one percent between 2006-2011 and 2012-2017. By comparison, Israel increased its world share of "smart traffic" from 1,8 to 2,8 percent between the same periods. The growing

Israeli strength in area of autonomous driving and driver assistance is further illustrated by the US \$ 15 billion acquisition of Mobileye by Intel in 2017. In “signal processing” and “industrial process control”, two areas which globally have shown moderate growth, Sweden’s world share has increased and at around 1,5 percent 2012-17 it was well above Sweden’s average for all areas put together. Sweden’s world share was about the same in “health diagnostics - biomarkers” and “genetic cancer testing” while other health and life science areas left more to be desired.

Looking at the companies which have filed AI-related patent applications with inventors from Sweden, they may be broadly divided into the following main categories:

- LM Ericsson
- Large companies with headquarters in Sweden (although some, such as Volvo Cars and Scania, being part of larger foreign-owned business groups)
- Swedish subsidiaries of large foreign-based groups with major R&D and manufacturing in Sweden but strong dependence on decision-making at foreign headquarters
- Large foreign-owned companies with limited activities in Sweden
- Young/start-up IT-companies (several of which have been acquired by foreign firms)
- Young/start-up life science companies (some of which have been acquired by foreign firms)

This structure reflects broadly how the innovation resources today are distributed between different types in the Swedish business sector in general with a mix of large global companies with big R&D-operations in Sweden and a large and growing group of knowledge-intensive entrepreneurial firms. *Largely missing are companies are many large firms in more traditional manufacturing and services industries as well as large IT- and technical consultants.* Some of them are found among firms with only few patent applications but their presence is indeed limited. The list of the most actively AI-patenting young/start-up IT-companies corresponds well with the most successful such companies coming out of Sweden during the last 20 years.

Many of the Swedish AI-patenting start-up companies have been acquired by foreign-based firms. On the positive side this can be viewed as a sign that the level of AI-related innovation in Sweden has been judged as attractive by foreign firms. A critical question is whether after the acquisitions the business activities are permitted to continue and grow in Sweden or are scaled down or even totally discontinued. The evidence so far appears to be somewhat mixed. The question, which is not unique to AI-related innovation, deserves to be studied in more depth than has been possible for this report. Among the AI-patenting Swedish start-up companies a large number of truly innovative solutions aimed at an international market can be identified and examples are described in the report. It should be emphasized that the recent increase in the establishment of AI-companies in Sweden is not yet reflected in the data.

Patent data as an indicator of AI-related activities

In the field of AI as in most other fields, patents are at best a partial indicator of innovative activities. Obtaining a patent is a means a company, other organization or an individual to acquire a temporary monopoly for exploiting an invention in return for making the content of the invention public. Whether patenting is an effective or attractive way for protecting one’s innovation varies greatly between fields and situations. In some applications of AI the availability of large volumes of data is the most important factor for competitive strength.

Furthermore, many applications of AI can be based on generally available methods and algorithms and thus not be restricted by patents. It is beyond the scope of this report to assess in any conclusive way the relative importance of patents for the development and applications of AI in different fields and contexts.

Whatever the role of patents in AI-related business activities, it seems clear that companies do submit a large number of AI-related patents and that the leading patenting companies are also those generally associated with a strong position in the AI-field. It therefore seems reasonable to assume that patenting will provide some insights into AI-related innovation activities in industry and allow comparisons across countries in this regard. While not being a conclusive indicator, used with care and combined with other indicators, patenting has been judged to be useful for the present report.

International comparisons of AI-related patenting

There are at least four major issues which need to be addressed when comparing AI-related patenting across countries:

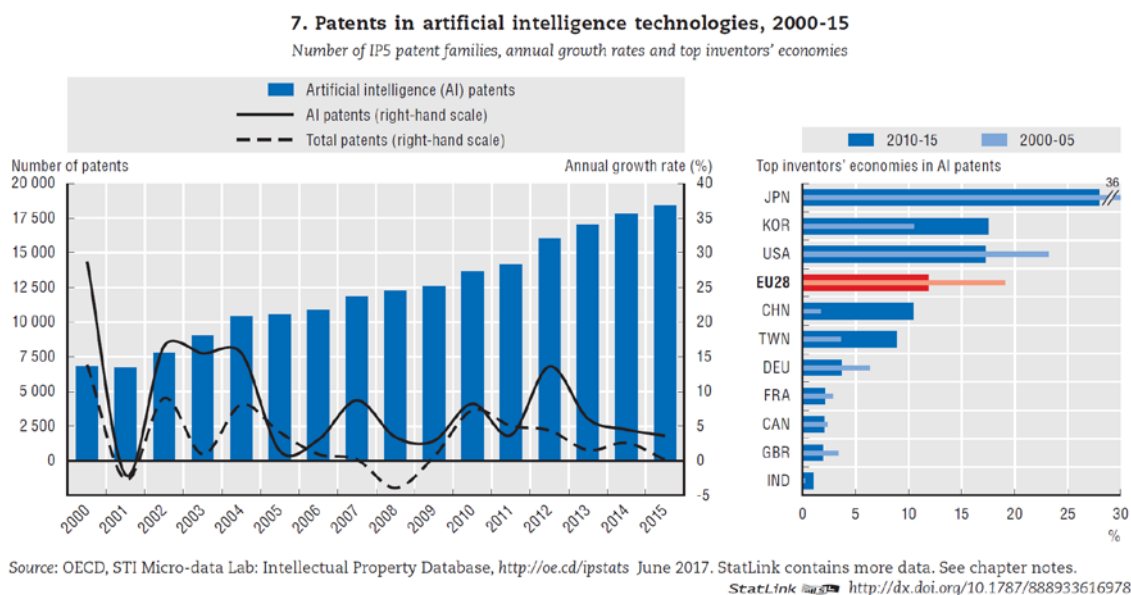
- How to define and find what are AI-related patents
- What routes and geographical scopes of patent applications to include; a patent application may be addressed to different patent agencies (e.g. USPTO, EPO, JPO, CPO, WIPO or national patent agencies in Europe)¹⁴⁷ with different jurisdictions
- Whether to look at the location of the inventors of a patent or the location of the assignee(s) (the organization(s) submitting the patent application)
- Whether to look at the patent applications or the granted patents

Publicly available data differ greatly in the above dimensions and are therefore not easily comparable. In the present report we have primarily used data from the Finnish company Teqmine. Before introducing this data, we will briefly show data from two other sources, one by the OECD based on data from five patent agencies and one from the USPTO showing patenting in the United States. Each of the two uses different delineations of Artificial Intelligence. The OECD data concerns applications while the USPTO data concerns granted patents.

In the report “OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017” published in November 2017; OECD presents data on patents in what is labelled Artificial Intelligence as shown below.

¹⁴⁷ USPTO: United States Patent and Trademark Office; EPO: European Patent Office; WIPO: World Intellectual Property Organization.

Figure 1 AI-patents according to OECD STI Scoreboard 2017



The data combines patent applications made to the five IP5 patent offices: USPTO, EPO, JPO, SIPO and KIPO.¹⁴⁸ Included are patents belonging so called IP5 patent families, i.e. patents which have been filed with more than one of the five patent bureaus, thus eliminating patents which are only aimed at the domestic market. To identify AI-patents, two categories have been selected in a new classification of ICT-patents, which in total includes 13 categories. The two categories are: “Cognition and meaning understanding” and “Human-interface”.¹⁴⁹

The published data only includes 10 individual countries. The underlying data is, however, available on the OECD website and includes altogether 33 countries.¹⁵⁰ Below are shown the data for the top 22 countries (plus the sum for EU28).

According to the OECD-data, Asian countries appear to be in a strong position with Japan in the lead and the United States as the only non-Asian country among the top five. For most countries the number of patent applications has grown significantly and in relative terms but most strikingly in China, South Korea and Taiwan. The data is based on the addresses of the inventors.¹⁵¹ Compared with other European countries on a per-capita basis only Finland is doing better than Sweden. Sweden’s share of the world total declined, however, from 1.2 per cent 2000-05 to 0.9 percent 2010-15.

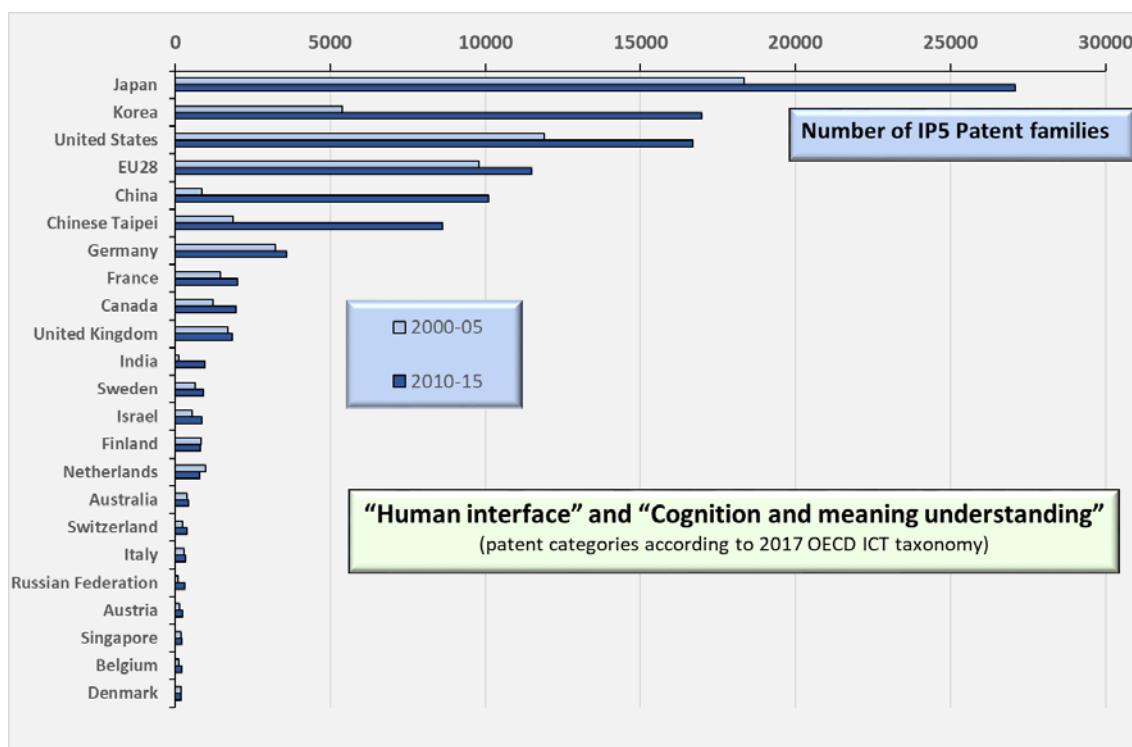
¹⁴⁸ SIPO: the State Intellectual Property Office of the People's Republic of China; KIPO: the Korean Intellectual Property Office.

¹⁴⁹ For details about the classification see Inaba, T. and M. Squicciarini (2017), “ICT: A new taxonomy based on the international patent classification”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2017/01, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/ab16c396-en>.

¹⁵⁰ http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2017_9789264268821-en Graph: *Patents for top technologies that embed artificial intelligence, 2000-05 and 2010-15*

¹⁵¹ So called fractional counts are used, meaning that if a patent has inventors from more than one country, the patent count of one will be divided between the countries from where the inventors come in proportion to the number of inventors from the respective country.

Figure 2 AI-patents for top 22 countries according to data in OECD STI Scoreboard 2017



Source: See Figure 1

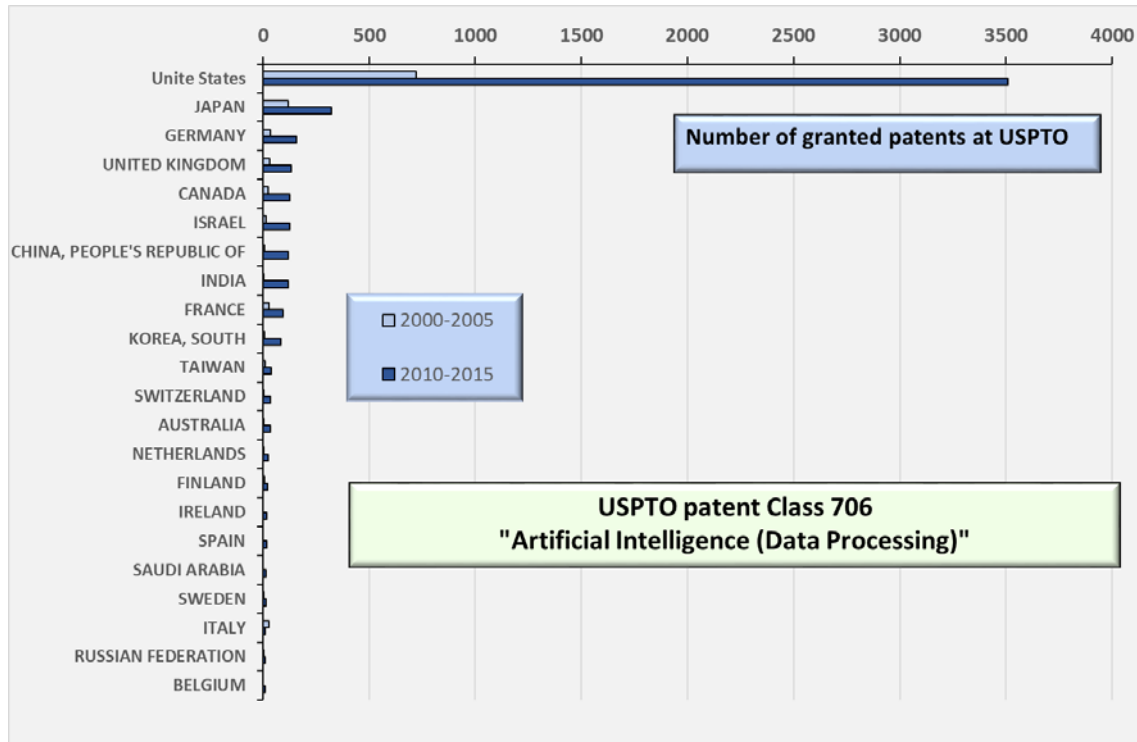
The weaker than expected relative position of the United States raises questions about how well the OECD-data measures AI-related patenting. The two patent categories on which the OECD AI-data is based were not developed specifically to cover Artificial Intelligence and looking at the individual patent classes included in the two categories it appears that especially the “Human Interface” category is only very loosely connected with AI. The important role of human interface technologies in consumer electronic products in which Asian countries tend to have a dominant position might therefore at least partly explain their strong position in the OECD data.

The large American market has made it natural for inventors all over the world to put a high priority on securing a patent in the United States. Patenting in the United States can therefore be seen as relatively neutral measure for comparing high value patents among inventing countries with the exception, of course, of inventors from the United States (and maybe also from neighboring Canada) which have an extra reason to patent in their domestic market. Figure 3 shows patents granted in the United States in a patent class explicitly labelled “Artificial Intelligence”. The periods are the same as for the OECD data but in that case patent applications were counted while the US data are for granted patents.

As expected the United States dominates. Among other countries, Japan is also in this case leading. The top ten countries are almost the same except that Israel has jumped into sixth place while Taiwan fell to eleventh place. The relative strength of the countries has changed drastically moving the Asian countries, except Japan, down the ranking and Germany, United Kingdom and Canada moving up. While the number of AI-patent applications as defined by the

OECD approximately doubled between 2001-05 and 2010-15, the number of granted patents in USPTO AI patent class grew by a factor of five during the same time.

Figure 3 Granted patents in the United States in patent class 706 by country of first inventor 2000-2005 and 2010-2015



Source: Data downloaded from USPTO website and analyzed by Vinnova

The USPTO classification of AI-patents is obviously much narrower than that used by the OECD. The OECD selection of patents is around 20 times larger than that of the USPTO for the period 2010-15. This said while taking into account the narrower geographical scope of the USPTO patents and the fact that the USPTO data concerns granted patents while the OECD data counts patent applications.

The total number with first named inventors from Sweden in the USPTO is only 5 and 13 respectively for the two periods making difficult to draw any clear conclusions about the Swedish position.

Hopefully the above two examples have shown that one has to be very careful when analyzing the relative position of countries in terms AI patents. There are many variables that need to be specified and it is by no means clear which set of specifications provide the most meaningful comparisons.

Teqmine's database of AI-related patents

As already discussed, there is no indisputable way of defining an AI-related patent. This stems both from the fact that there are varying definitions of AI and the desirability of including not only inventions which develop new core AI technology but also inventions the novelty of which lies in new uses of more or less well-established AI technology. In addition to these definitional

issues there are practical considerations of how to extract AI-related patents from very large databases.

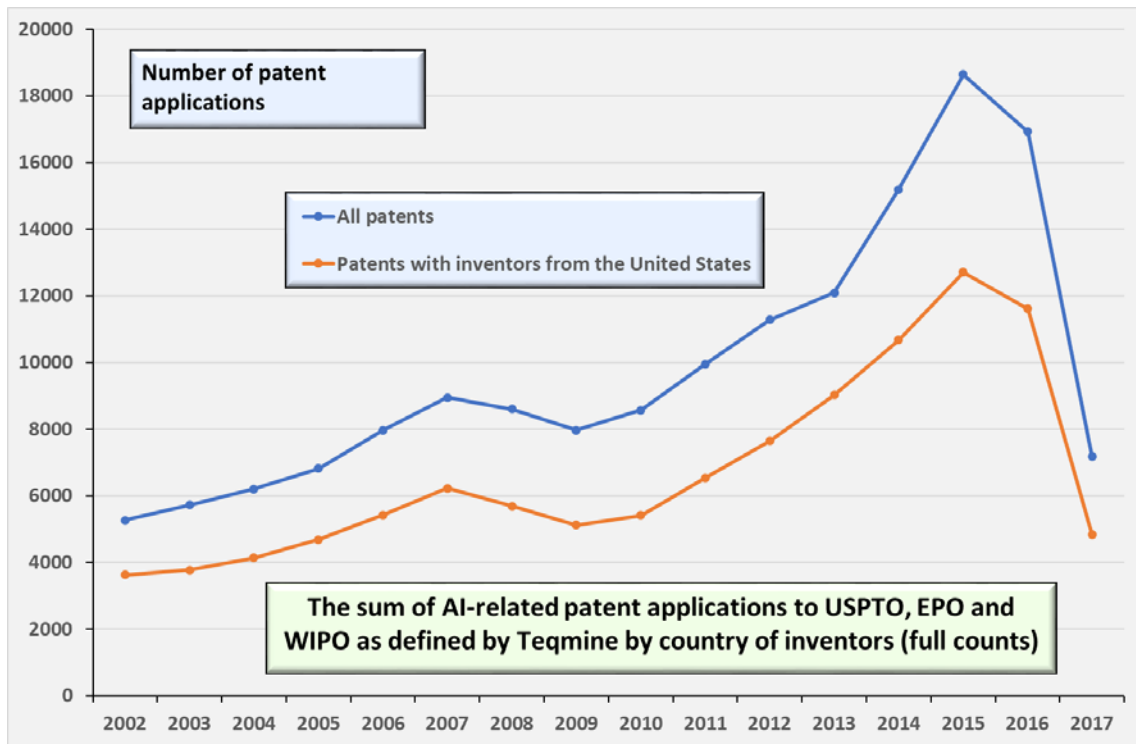
The method used in most of the remainder this report relies on a database for AI-related patents developed by the Teqmine company. It is based on the selection of a set of technical terms associated with certain AI-technologies which is used for searching through the full texts of patent applications in all fields and selecting those patent applications in which the terms appear. This procedure will result in a generous definition of AI-related patents and include also patents with fairly weak links to AI.¹⁵² The database includes patents filed with EPO, USPTO and so called PCT patents filed with WIPO. In the following the sum total of patent applications to the three agencies will be used as an indicator. This may entail some double counting of patents when the same patent application has been published by more than one of the three agencies.

Figure 4 shows the number of AI-related patent applications that had been filed with the USPTO, EPO or WIPO 1990-2017 and published by the end of 2017. The time from the submission of a patent application until the patent office makes it public by publishing may be up to 18 months. This explains the decline in patent applications during 2016 and 2017 in Figure 4. Only part of the applications made during these years had yet been published at the end of 2017. Considering that the value for 2016 is still almost as high as that for 2015 suggests that the growth continued in 2016 and may even have accelerated.

had at least one inventor from the United States. Looking at countries other than the United States, Japan was long the leading country but was recently overtaken by South Korea. United Kingdom, Germany, Canada, China and Israel have in recent years accounted for roughly similar number of patent applications followed by France, India and Netherlands. Sweden comes in at 12th place at the same level as Switzerland and both countries have gradually strengthened their relative position. On a per capita basis Sweden and Switzerland and even more so Denmark, Finland, Ireland and Singapore are scoring well compared with larger countries except the United States. Among countries with small populations Israel is, however, in a category of its own. Canada is also doing well considering the size of its population. The fact that Teqmine's database does not include any data from the three large Asian patent agencies, the weight of patenting by inventors in China, Japan and South Korea should be expected to have been underestimated. For comparison of Sweden's patenting with other European countries, the database is judged to provide a fair picture. The database also allows an analysis of the content of Swedish patenting and identification of individual patenting organizations as will be discussed in the next section.

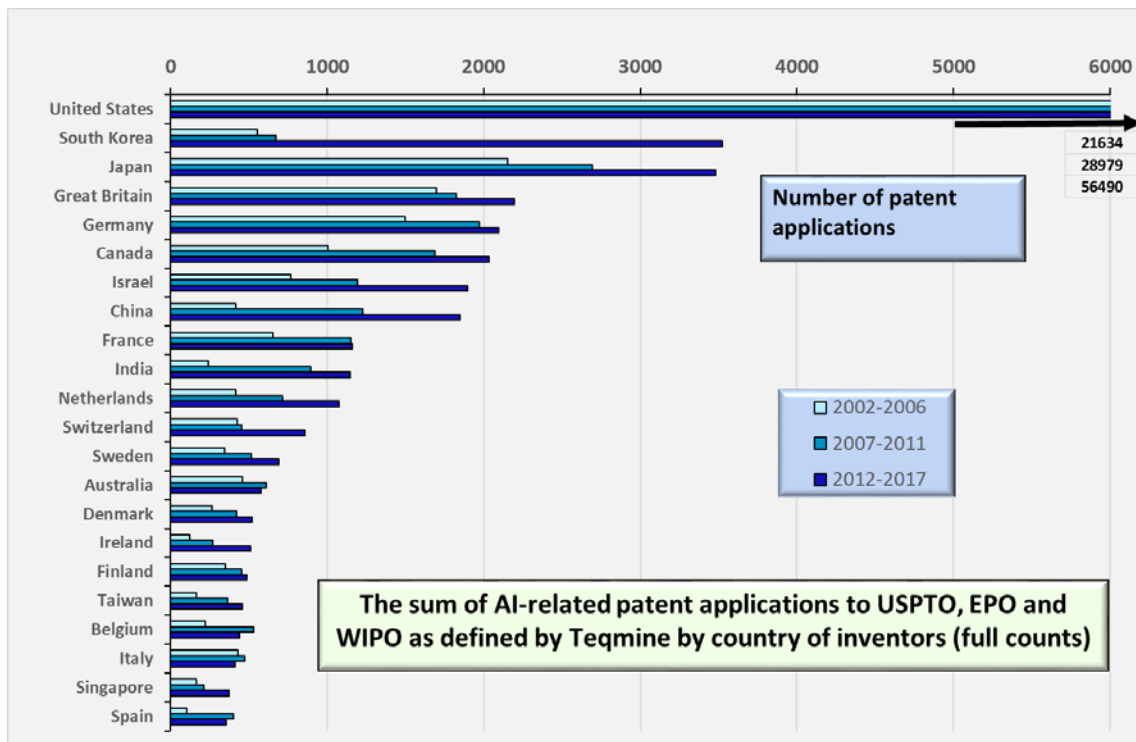
¹⁵² A more detailed description of the methodology used in creating the database is found in Appendix.

Figure 4 Number of AI-related patent applications (as defined by Teqmine) filed with the USPTO, EPO and WIPO 1990-2017 published by end of 2017



Source: Teqmine and Vinnova

Figure 5 Number of AI-related patent applications (as defined by Teqmine) filed with the filed with the USPTO, EPO and WIPO 2002-2017 and published by end of 2017 by country of inventors



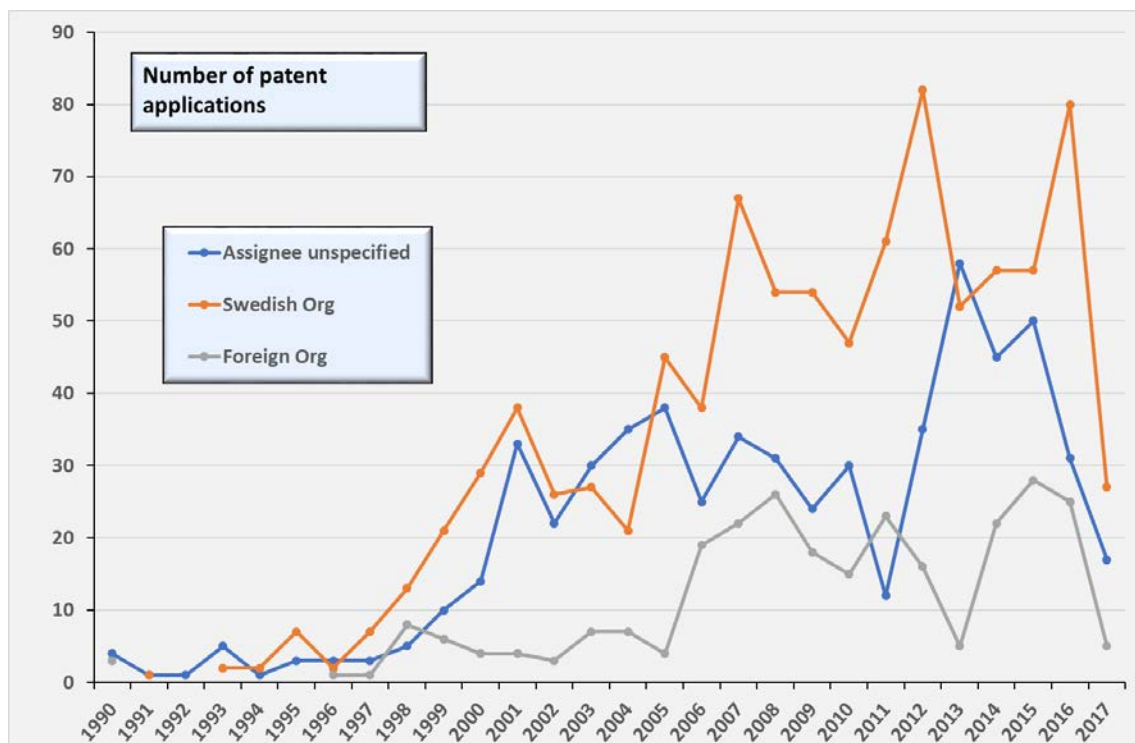
Source: Teqmine and Vinnova

The United States has been the dominant source of the AI-related inventions included in the Teqmine database. During the period 2002-2017, on average 67 percent of all AI-related patents Swedish organizations applying for AI-related patents

The data in Figure 5 above counts patents per country in terms of the address of the inventors behind the respective patent. Some patents may have inventors from more than one country in which case it is counted once for each of the respective countries. In Figure 6, patents with at least one inventor from Sweden have been divided according to the assignee in the patent application. This may be an organization in Sweden or in some other country. In a few cases in which the application is made jointly between an organization in Sweden and an organization elsewhere, the application has been classified as being made by a Swedish organization.

In a fairly large number of cases there is no assignee organization registered on the patent application. This can either mean that an individual (rather than an organization) has applied for the patent or that, especially in more recent patent applications, an assignee organization has not yet been registered for the patent. The sharp increase in “assignee unspecified” from 2012 is most likely primarily due to the assignee organization not yet being specified rather than a big increase in the number of individual persons as applicants.¹⁵³ This means that the number of patent applications for identified organizations during the period 2012-2017 will in many cases be significantly underestimated for many organizations.

Figure 6 AI-related patent applications (as defined by Teqmine) with at least one inventor from Sweden divided according to who has submitted the application (=the assignee)



Source: Teqmine and Vinnova

¹⁵³ The “assignee unspecified” applications are mainly from the USPTO due to the particularities of its processes of patent evaluations and documentation.

During the period 2002-2017, on average half of all patent applications with inventor from Sweden had a Swedish organization as assignee, another third had no assignee organization specified and around 15 percent foreign organizations. It should be noted that the so-called teachers' exemption for researchers at Swedish universities means that university researchers will often apply for patents as individuals (although in some cases they may apply through companies which they have established).

Table 1 Organizations filing at least four AI-related patent applications with inventors from Sweden

Company/Business Group	Swedish Org		Foreign Org		Total
	2006-2011	2012-2017	2006-2011	2012-2017	
Ericsson	94	132			226
SONY (and earlier Sony Ericsson)	39	14		13	66
FlatFrog Laboratories AB	15	20			35
AB Volvo	29	5			34
Tobii AB	2	12		6	20
ABB	2		5	11	18
Immunovia AB	8	9			17
Assa Abloy AB		17			17
AstraZeneca	10		5	2	17
Scania	7	3			10
SPOTIFY AB		10			10
Volvo Car Corporation	1	9			10
GE Healthcare	1	4	5		10
Huawei Technologies Co., Ltd.		1	3	6	10
SensAbues AB	4	5			9
Vermillion, Inc	3		5		8
Google Inc.			2	6	8
Autoliv	4	3			7
QlikTech International AB		7			7
Fingerprint Cards AB		6			6
DOLBY Laboratories Licensing Corp			2	4	6
Zi Decuma AB	6				6
Elekta AB (Publ)		5		1	6
Skype Limited			6		6
NOVOZYMES A/S			4	1	5
Microsoft Corporation			5		5
HUSQVARNA AB		5			5
DeLaval Holding AB	2	3			5
GN ReSound A/S			4	1	5
HENKEL AG & CO. KGAA				5	5
Integrum AB	2	2			4
EXINI DIAGNOSTICS AB	4				4
Cellavision AB	3	1			4
MKS Instruments, Inc.			4		4
Apodemus AB	4				4
Axis AB	2	2			4
20 organizations with 3 patent applications	20	16	18	6	60
47 organizations with 2 patent applications	35	22	26	11	94
115 organizations with 1 patent application	24	40	28	23	115
name of organization missing		2	1	5	8
All organizations	321	355	123	101	900

Source: Teqmine and Vinnova

Table 1 shows how patent assignee organizations with four or more patent applications 2006-2017 with inventors from Sweden. The patent counts are divided according to whether assignee is in Sweden or abroad and between the two periods 2006-2011 and 2012-2017.

The Ericsson company alone made up 29 percent of all the patent applications from Swedish organizations during the first period and this share increased further to 37 percent during the second period. After Ericsson, Sony Ericsson and AB Volvo were the most actively patenting Swedish organizations. After Sony Corporation took full control of what became Sony Mobile, inventors in Sweden continued to contribute to AI-related patents but half of those patents were registered with Sony in Japan. AB Volvo's AI-related was very limited during the second period. Also the other Swedish vehicle companies – Scania, Volvo Cars and Autoliv – have filed a significant number of AI-related patents although far fewer than AB Volvo.

Among foreign-owned companies with large R&D and manufacturing in Sweden (other than Volvo Cars and Scania), ABB has tended to register patents with inventors from Sweden in Switzerland while AstraZeneca and GE Healthcare have shared the registration between Sweden and abroad. Among the large R&D-intensive companies in Sweden, SAAB filed only three AI-related patents and therefore did not make the list.

Among the other established Swedish based companies, Assa Abloy, a world leading company in locks and door opening solutions, stands out as a very active in AI-related patenting. (The company has less than 5 per cent of its employees in Sweden, so there may be additional patents with inventors from other countries registered abroad, something which may also hold for some of the other Sweden-based global business groups). Husqvarna and DeLaval are two other large Swedish business groups with a long history. Elekta is the second largest Swedish-based medical equipment company after Getinge.

A handful of the listed companies are foreign-based with fairly limited, and in a couple of cases no, activities in Sweden: Huawei, Vermillion, Google, Dolby, Novozymes, Microsoft, GN ReSound, Henckel and MKS Instruments. All except Vermillion, a medium-sized diagnostics company in California, are global firms. With very exceptions these firms have, not surprisingly, all chosen to register their patent applications through corporate units abroad.

The remaining 13 companies on the list in Table 1 all are technology-based companies and have their roots in Sweden, although a few have been acquired and today belong to business groups based abroad, notably Skype acquired by Microsoft, Axis acquired by Canon and Decuma first acquired by Zi Corporation, which in turn was acquired by Nuance, which still maintains a subsidiary in Lund.

Flatfrog Laboratories with an impressive number of AI-related patents has its mother company registered abroad but its headquarter in Lund. The company has developed optical technology based on opto-mechanics and signal processing for touch-screens and recently concluded a major collaboration and licensing agreement with Samsung. Tobii, Spotify, Qlik, Fingerprint Cards, Skype and Axis are all successful IT-firms originated in Sweden (several countries may justly claim to have fostered Skype). Immunova, SensAbuses, Integrum, Exini Diagnostics, Cellavision and Apodemus are all working in health-related businesses and to varying degrees depending on integrated advanced analytics in their product or services or in their R&D, with

Exini and Cellavision explicitly employing AI. Adding to the companies on the list are an additional slightly over 100 Swedish-based and around 75 foreign organizations each with 1-3 patent applications.

Looking overall at the companies which have filed AI-related patent applications with inventors from Sweden, they may be broadly divided into the following main categories (some of the listed companies filed three patents 2006-2017 are thus not included in the Table 1 above):

- LM Ericsson
- Large companies with headquarters in Sweden, which have registered almost all their patents through Swedish companies: e.g. AB Volvo, Assa Abloy, Scania, Volvo Cars, Autoliv, Elekta, Husqvarna, DeLaval¹⁵⁴
- Large foreign-owned companies with headquarters outside Sweden but major operations in Sweden; registration of patents has partly been through their Swedish subsidiaries and partly through their companies outside Sweden: e.g. Sony Mobile, ABB, Astra Zeneca, GE Healthcare
- Large foreign-owned companies with limited activities in Sweden; registration of patents has almost totally been through their companies outside Sweden: e.g. Microsoft, Huawei, Novozymes, Dolby, Google, GN Resound, Henkel, MKS Instruments
- Young/start-up IT-companies, several of which have been acquired by foreign firms: e.g. FlatFrog, Tobii, Spotify, Qlik Tech, Fingerprint Cards, ZiDecuma, Skype, Axis, Mapillary, Asplund Data, Context Vision, Cint
- Young/start-up life science companies, some of which have been acquired by foreign firms: e.g. Immunovia, Integrum, Exini, SensAbues, Cellavision, Apodemus

This structure reflects broadly how the innovation resources today are distributed between different types in the Swedish business sector in general with a mix of large global companies with big R&D-operations in Sweden and a large and growing group of knowledge-intensive entrepreneurial firms. Largely missing from the listed companies are many large firms in more traditional manufacturing and services industries as well as large IT- and technical consultants. Some of them are found among firms with only few patent applications but their presence is indeed limited. QamCom Technologies which describes itself as a “product development and specialist service provider in the areas of signal processing, communication systems, radar systems, automotive systems and functional safety” lists AI as one of its “domains” and specifies AI further as consisting of: Deep/Machine Learning; Convolutional Neural Networks; Object Detection and Classification.

Few of the listed firms would be characterized as AI-firms in the narrow sense. Most are rather users of AI or related advanced analytics technologies. CellaVision, founded already in 1994 by serial entrepreneur Per Fåhraeus, has developed products which “automate and rationalize the work that is traditionally done by laboratory personnel using conventional microscopes [...] “by introducing innovative automation, digital imaging and artificial neural network technology [...]. The company in December 2016 had 79 employees. Highly advanced mathematical algorithms were also the basis for C Technologies/Anoto and Precision Biometrics, both listed

¹⁵⁴ Volvo Cars and Scania are part of foreign-based business groups and Autoliv is legally a foreign-owned company.

among the AI-patenting companies and co-founded by Per Fåhraeus, with 156 and 20 employees respectively.

Three of the listed AI-patenting companies – Decuma, Cognimatics and Polar Rose AB (first called Ground Truth Vision) – were spun off from the Mathematical Imaging Group at Lund University around the turn of the century. Polar Rose was sold to Apple in 2010 and Decuma to Zi Corporation which in turn was sold to Nuance. Since 2016 Cognimatics is a subsidiary of the successful Swedish video-network company Axis, which in turn had been acquired by Canon in 2016. It thus appears that the intellectual property developed in Sweden was attractive. (It is unclear what if anything remains in Sweden of Decuma and Polar Rose today).

There are several other examples of AI-patenting Swedish start-ups being acquired by foreign firms:

Exini Diagnostics was sold to Progenics Pharmaceuticals in 2015. Exini's "technology was developed using unique image analysis derived from expert knowledge in medicine, image analysis, handling of large databases, and artificial neural networks".

The Swedish company Tracab, which applied target-seeking technology from Saab to track soccer players, was acquired by ChyronHego Corporation.

NIRA Dynamics is developing sensor fusion based systems for different vehicle applications and is today a subsidiary of AUDI AG.

In 2016 eBay acquired Expertmaker, a Swedish company founded in 2006 and that specializes in analysis of big data with a machine-learning twist. One of the previous owners of Expertmaker, Martin Rügfelt, recently established Sentian.ai together with three former colleagues from Expertmaker with the goal of developing AI-solutions for industry and the manufacturing and telecom industries, e.g. to help reduce stoppages.

In 2014, the US Food and Drug Administration (FDA) cleared the neuropsychological test – QbTest – developed by the Swedish company Qbtech to aid in the evaluation of treatment interventions in patients with ADHD. "QbTest is a computer-based test providing clinicians with objective and unbiased decision-making support when diagnosing and treating ADHD in children, adolescents and adults." QbTest was the first test in the world cleared by the FDA for this usage. The QbTest is based on a combination of "proprietary algorithms, precise motion tracking and unique tests of attention allied to an outcome-focused database".

Luleå-based Behaviometrics, founded in 2006, has developed security solutions based on what it calls "behavioral biometrics", which "uses continuous machine learning to authenticate users based, not on what they do, but on how they do it." It identifies a person through how the person handles the keyboard, the mouse, mobile phones or apps". In January 2018 the company, which in December 2016 had 22 employees, reported that it had raised 138 million SEK from a group of investors which included Cisco.

During the last two or three years there has been a steep increase in the establishment of AI-firms in Sweden. Of the 165 AI-companies listed on the Nordic Tech List's website 65 percent were established since 2013. Few of these firms should yet be expected to appear on published

patent applications. Of all the Swedish AI-patenting companies identified in the Teqmine database only 8 were established since 2013: Mapillary, AIMO (earlier Lifesymb), Happy L-Lord, Ytterbia Innovation, UniqueSec, Genit Innovation, Glana Sensors and Racefox (earlier Wememove).

“Mapillary AB provides an online platform for crowdsourcing map photos. The company’s platform enables users to collect photos that are combined into a collective street level photo view through tools, such as smartphones or action cameras “

AIMO (earlier Lifesymb) is active in eHealth and InsurTech. The company has successfully developed its scanning technology, which in real time analyzes and evaluates human motion. The technology is based on 3D-camera sensors and artificial intelligence which provides individualized health analysis and recommendations directly to the consumer.

“UniqueSec AB is an innovative company, based in Gothenburg, Sweden. We develop advanced signal processing algorithms for small-scale commercial radars and design test and verification solutions for radars in different applications particularly in automotive.”

Racefox uses results from AI-research at KTH and SICS Swedish ICT to provide personalized training suggestions and feedback in real time for skiers by analyzing their movements when skiing. A sensor belt measures three-dimensional acceleration of the torso through built in movement sensors.

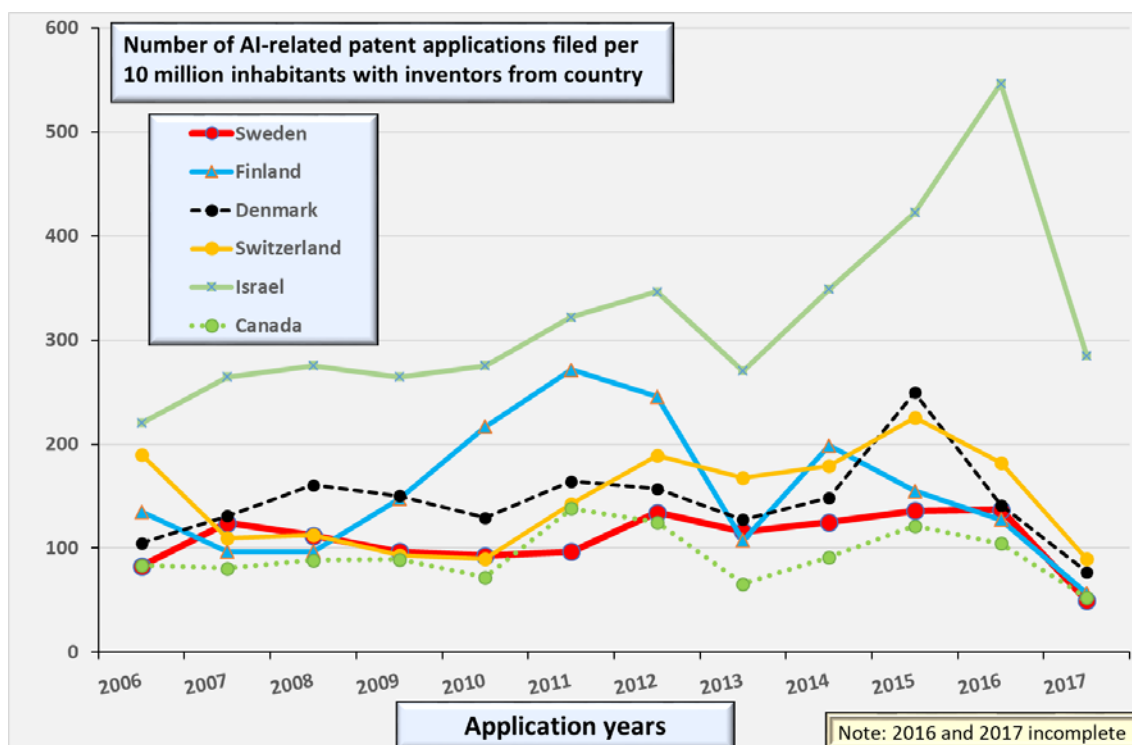
As history has shown, there is genuine uncertainty surrounding the development of start-up companies with a strong AI-component. A major challenge is how to increase the likelihood that these companies continue to develop and grow in Sweden, including in those cases when they are acquired by foreign companies.

As already indicated, another challenge is how to increase the involvement of large firms in more traditional manufacturing as well as services industries in AI-based innovations.

Comparing Sweden with countries of similar size

As previously shown, in a global perspective Sweden is, as might be expected, a small player in terms of AI-related patenting. Along with most European countries its share of world total patenting has decreased over time due to the rapid growth in Asia. Similar to many other rankings measuring innovative activities, on a per-capita basis Sweden is doing reasonably well, but behind Israel, Switzerland, Denmark and Finland among countries of comparable size. Sweden is slightly ahead of Canada in per-capita terms and recently increased its lead somewhat (Figure 7). Israel has increasingly outdistanced the other countries. In recent years, Sweden has grown at almost the same pace as Switzerland and Denmark and reduced the gap to Finland which has suffered a decline in its AI-related patenting in line with a general decline of the Finnish economy. The relative strong performance of the just mentioned five countries motivates a closer comparison between their and Sweden’s development in terms of the distribution among different types of organizations and the topics of patent applications. The latter will be discussed in the next section.

Figure 7 AI-related patent applications 2006-2017 with inventors from Sweden and five other countries per 10 million inhabitants of the respective country and year

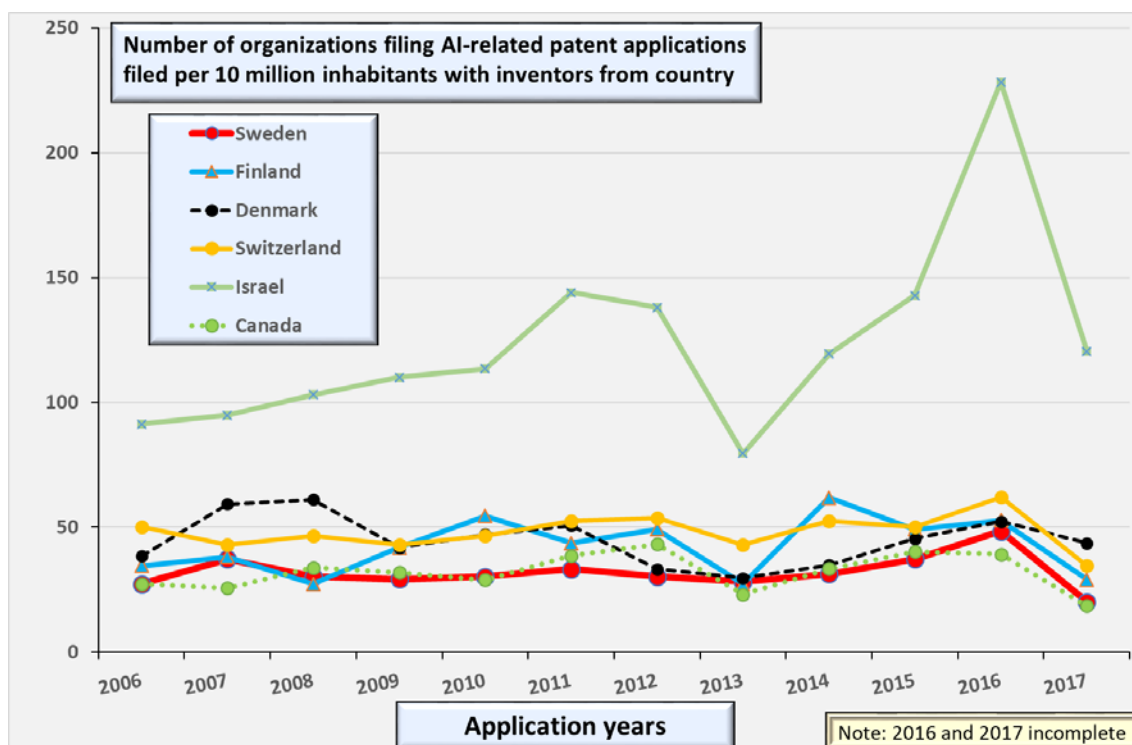


Source: Teqmine and Vinnova

Sweden, Finland and Denmark each have one company with an outsized number of patent applications: LM Ericsson, Nokia and Novozymes respectively. While Ericsson’s share of patent applications was about the same 2006-2011 as 2012-2017, in Denmark Novozyme’s share increased significantly and Finland Nokia’s decreased greatly. Excluding these three firms, Sweden closed its gap to Denmark while the gap to Finland remain large and unchanged. In Israel, Switzerland and Canada there were no companies with a similarly dominating position although big US IT-firms as a group led by IBM, Google and Microsoft, have a much larger presence there than in the three Nordic countries.

In all six countries, the number of companies actively patenting has increased in recent years (Figure 8). Exactly by how much cannot be ascertained as the assignee organization for more recent patent applications has not yet been published. Already named assignee organizations applying for patents with inventors from Sweden were 48 in 2016 compared to an average of 30 per year 2010-2014. When complete data are available the recent growth in patenting organizations is likely to be shown to have been even stronger. Adjusted for population size, the number of organizations applying for AI-related patents with inventors from Israel are at least three times as many as the corresponding number for any of the other three countries. On the same measure has improved its position relative to the other four countries and is today not far behind Switzerland and at the same level as Denmark and Finland.

Figure 8 Number of organizations filing AI-related patent applications 2006-2017 with inventors from Sweden and five other countries per 10 million inhabitants of the respective country and year



Source: Teqmine and Vinnova

Worth noting is that when only domestically registered organizations are compared Sweden’s relative position is weaker even if it has improved somewhat in recent years. More detailed analysis is required in order to determine whether this is an indication that established firms and entrepreneurs in Sweden combined have insufficient capacity to absorb the outcomes of AI-related inventive activity in Sweden compared to the innovation ecosystems in the other five countries. In any case the numbers and differences are too small to allow any far-reaching conclusions. Differences in the degree and form of internationalization of industry and differences in the ownership of inventions by university researchers may play some role as to how patents are registered. In Israel, technology transfer organizations at the Technion, Weissman Institute, Tel Aviv University and Ben Gurion University together filed almost 200 AI-related patents 2006-2017.

Table 2 lists the organizations which have filed the largest number of AI-related patent applications with inventors from any the six specially studied countries. Ericsson’s, Nokia’s and Novozyme’s dominance of AI-patenting in the respective three Nordic countries and in relation to any other organization in the six countries is conspicuous. Ericsson has increased its AI-related patenting while the opposite is the case for Nokia. The comparison is, however, limited to the six countries. After a series of mergers, today’s Nokia is made up of the communication network businesses of former Nokia, Siemens, Alcatel and Lucent which means that patenting in Germany, France and the USA needs to be looked at in order to make a proper comparison of the two companies.

Table 2 Organizations filing at least 20 patent applications 2006-2017 with inventors from six countries by country of inventors and country the assignee organization

Assignee organization	Country of inventor(s) (if at least 3 patents)	Registration country of Assignee organization in relation to country of inventor(s)				Sum Total
		Domestic organizations		Foreign organizations		
		2006-2011	2012-2017	2006-2011	2012-2017	
Nokia	Finland	173	103			276
	Denmark			10	1	11
	Switzerland			5	4	9
L M Ericsson	Sweden	94	132			226
	Canada		1	12	14	27
	Finland			1	7	8
Novozymes A/S	Denmark	59	188			247
	Sweden			4	1	5
Z124 (and Imerj)	Canada			121	33	154
	Finland			57	10	67
IBM	Israel			49	27	76
	Canada		1	21	7	29
	Switzerland		2	15	7	24
Google	Switzerland			34	35	69
	Canada			18	12	30
	Israel			7	13	20
	Sweden			2	6	8
BlackBerry	Canada	58	39			97
Microsoft Corporation	Canada			45	3	48
	Israel			26	4	30
	Denmark			11		11
	Sweden			5		5
	Switzerland			2	1	3
TECHNION	Israel	57	19			76
ABB	Switzerland	18	23		1	42
	Sweden	2		5	11	18
	Finland	3			7	10
SONY CORPORATION (incl. former Sony Ericsson)	Sweden	39	14		13	66
Weizmann Institute of Science	Israel	31	21			52
Intel	Israel	2	6		31	39
	Finland		1	4	1	6
	Canada			1	2	3
	Sweden				3	3
Hewlett-Packard	Israel			11	32	43
	Canada			3	2	5
Deutsche Telekom AG	Israel			30	19	49
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL)	Switzerland	18	27			45
Siemens	Denmark			11	3	14
	Canada		1	12		13
	Switzerland		6	7		13
	Israel	3	1	1	1	6
Rockwell Automation Technologies	Canada			41	2	43
	Switzerland	1		2	1	4
AstraZeneca (incl. Medimmune)	Canada			22	4	26
	Sweden	10		5	2	17
DSM IP ASSETS B.V.	Switzerland			42		42
Nice Systems Ltd (acquired by Elbit Systems in 2015)	Israel	24	15			39
Tel Aviv University	Israel	22	16			38
Nestec S.A. (Nestlé group)	Switzerland	1	35			36
FlatFrog Laboratories AB	Sweden	15	20			35
Mobileye (acquired by Intel in 2017)	Israel		26	5	3	34
CompuGen Ltd	Israel	33		1		34
AB Volvo	Sweden	29	5			34
F. Hoffmann-La Roche AG	Switzerland	14	8	1	1	24
	Canada	8	1			9
Oticon A/S	Denmark	9	21			30
Panaya Ltd. (acquired by Infosys in 2015)	Israel	1	29			30
The University of British Columbia	Canada	14	11			25
Novartis AG	Switzerland	11	15			26
NOVA Chemicals (International) S.A.	Canada			2	11	13
	Switzerland		13			13
GestureTek, Inc.	Canada	1	1	24		26
Cisco	Switzerland				23	23
Vestas Wind Systems A/S	Denmark	16	9			25
Thomson Reuters	Switzerland	1	18			19
	Israel		2	2	1	5
Ben-Gurion University of the Negev	Israel	9	15		1	25
University of Zurich	Switzerland	9	13			22
McGill University	Canada	19	4			23
Primal Fusion Inc.	Canada	10	12			22
GN ReSound A/S	Denmark	5	11			16
EMC Corporation	Sweden			4	1	5
	Israel			4	17	21
Verint Systems Ltd.	Israel	3	14	1	2	20
Tobii AB	Sweden	2	12		6	20
Sum of above-listed Assignee organizations (regardless of number of patents by organization with inventors in country)	Israel	185	164	137	151	637
	Canada	110	71	322	90	593
	Switzerland	75	172	108	79	434
	Sweden	189	171	25	37	422
	Finland	176	104	62	25	367
Denmark	89	229	32	4	354	

Source: Teqmine and Vinnova

Finland through Nokia, Sweden through Sony Ericsson (today Sony Mobile) and Canada through Blackberry all had large mobile phone companies which suffered from the iPhone and other new competitors. All three companies have filed a large number of AI-related patents. An interesting question is if and to what extent the drastic downsizing of the mobile phone operations of these companies in the three countries has played any role for AI-related developments in start-up companies. The company Z124 (also named Imerj) has been very active in AI-related patenting with inventors in both Finland and Canada.

As mentioned earlier and made clear in Table 2 leading global IT-firms, most of which headquartered in the USA, have are among the most active in filing patents by inventors especially in Israel but significantly also in Switzerland and Canada. In these cases, it can be assumed that most of the inventors have been employed at local subsidiaries. Among local entrepreneurial firms Mobileye in Israel is worth special mention. The company, which is a leading supplier of advanced systems for driver assistance and anti-collision systems, was acquired by Intel in 2017 for US\$ 15 billion in the biggest acquisition of an Israeli tech company by value to date. The combination of Intel and Mobileye is today one of the key players in the development of technology for self-driving vehicles.

Content of Swedish AI-patents in international comparison

The Teqmine database of AI-related patent applications offers the possibility to broadly classify patents according to their content. Using machine learning technology, the patent applications have been classified into 30 “topics” according to similarities in technologies and applications. This allows the comparison between countries and individual organizations by “topic” (below referred to as “areas”). Based on this analysis it looks like the technological and business focus of Swedish AI efforts is broadening from its historical focus on ICT.

Comparing the content of AI-related patenting between the five countries and as part of world total patenting, Sweden’s strongest areas are, as might be expected, closely connected with Ericsson’s core businesses in communication and computer networks (Table 3). Sweden’s world share in the area “computer networks” and “cellular network management” was 4,3 and 2,8 per cent respectively during 2012-2017 placing Sweden 1st and 2nd respectively among the six countries and in both cases showing a significant increase in the share from 2006-2011. As the only among the six countries with a large vehicle industry, Sweden placed 2nd in the area “smart traffic” behind Israel. Globally this has been the second fastest growing area after “human-computer interaction”. In both areas Sweden’s world share has been roughly halved from around two to one percent between 2006-2011 and 2012-2017. By comparison, Israel increased its world share of “smart traffic” from 1,8 to 2,8 percent between the same periods. In “Signal processing” and “industrial process control”, two areas which globally have shown moderate growth, Sweden’s world share has increased and at around 1,5 percent 2012-17 it was well above Sweden’s average for all areas put together. Sweden’s world share was about the same in “health diagnostics - biomarkers” and “genetic cancer testing” while other health and life science areas left more to be desired.

Table 3 Sweden's relative position in AI-related patenting in relation to the world as a whole and compared with Finland, Denmark, Switzerland, Israel and Canada

Topic Area (content broadly indicated by keywords)	World Total		Sweden's share of World total (%)		Sweden's per capita rank among 6 countries		Assignee organizations with at least 4 patent applications with Swedish inventors 2006-2017
	2006-17 (number)	Increase from 2006-11 to 2012-2017 (%)	2006-11	2012-17	2006-11	2012-17	
Human-Computer Interaction	9632	322	2,3	0,9	4	3	Sony; Assa Abloy; FlatFrog; Ericsson; Huawei
Smart Traffic	5980	137	2,0	1,1	2	2	AB Volvo; Ericsson; Volvo Cars; Husqvarna
Data Science: Modelling-Training-Learning-Classification	6335	118	1,1	0,9	3	4	Ericsson
Electricity - Grids - Therapy - Misc	3340	115	1,5	0,5	4	5	
Computer Memory and Processing	12981	111	0,2	0,5	6	4	Ericsson; QlikTech; Microsoft; Assa Abloy
Mechanical Sensors	3201	88	1,3	0,5	5	6	
Computer Networks	3627	86	2,0	2,8	2	2	Ericsson
Payment and Transaction Processing	11185	82	0,3	0,2	6	5	
Health and Patient Systems	3374	73	0,7	0,4	5	6	Elekta
VR/AR and Wearable Sensors	3321	68	0,6	0,8	5	5	Tobii
Radiation Therapy - Light - Misc	3654	66	1,3	0,9	3	3	FlatFrog; Sensa Bues
Natural Language Processing	7976	53	0,4	0,1	5	6	
Signal Processing (Radio)	4508	46	1,4	1,6	5	2	FlatFrog; ABB
Information Search and Recommendations	9648	46	0,7	0,6	5	4	Ericsson; Sony; Spotify
Cameras and Image Processing	9201	46	1,0	0,7	4	5	Tobii; Autoliv; Ericsson; Exini Diagnostics
Industrial Process Control	2698	30	0,9	1,4	5	4	Ericsson
Nanotechnology for Semiconductors	1391	29	1,0	0,1	4	5	
Cellular Network Management (Radio)	2698	28	1,1	4,3	3	1	Ericsson; Assa Abloy
Combustion Engines - (Gas - Oil - Fuel)	2494	25	1,9	0,3	4	6	AB Volvo
Gene Technology 2	1678	24	1,2	0,3	6	5	
Speech & Sound Recognition	3698	21	1,6	1,2	5	4	Ericsson, Dolby, Google; Sony
Health Diagnostic - Biomarkers (Personal Health?)	3304	12	1,9	1,4	5	4	GE Healthcare; Immunovia; Sensa Bues; AstraZeneca
Drug Modelling and AI for Pharmaceuticals	4053	-1	2,3	0,9	4	4	AstraZeneca; Immunovia; Apodemus
Clustering Algorithms	6200	-5	2,9	1,2	2	4	Ericsson; FlatFrog; Scania
Document Identification - Authentication - Translation	2123	-7	1,1	0,4	3	5	GE Healthcare
Genetic Cancer Testing	2090	-9	0,8	1,6	6	3	Immunovia
Gene Technology 1 (DNA Sequence Modelling)	3194	-25	0,4	0,4	5	6	Novozymes; Henkel AG & Co. KGaA
Horticulture and Agriculture	143	31	(too few patent applications in 6 countries)				
Digital Data Processing	3658	33	(too few patent applications in 6 countries)				
Virtual Reality Displays	683	44	(too few patent applications in 6 countries)				
All Topics	138068	61	1,1	0,8	5	5	

Source: Teqmine and Vinnova

Conclusions

In a global perspective, Sweden is, as might be expected, a small player in terms of AI-related patenting. Along with most European countries, its share of world total patenting has decreased over time due to the rapid growth in Asia. Similar to many other rankings measuring innovative activities, on a per-capita basis Sweden is doing reasonably well, but behind Israel, Switzerland, Denmark and Finland among countries of comparable size.

In the most recent years Sweden's AI-related patenting efforts have significantly grown as has the number of companies actively patenting. Already named assignee organizations applying for patents with inventors from Sweden were 48 in 2016 compared to an average of 30 per year 2010-2014. When complete data are available the recent growth in patenting organizations is likely to be shown to have been even stronger.

The telecom equipment company Ericsson has been and is still dominating Sweden's AI-related patenting. Sweden's strongest areas are, as might therefore be expected, closely connected with Ericsson's core businesses in communication and computer networks. Sweden's world share in the area "computer networks" and "cellular network management" was 4,3 and 2,8 per cent respectively during 2012-2017 and in both cases showing a significant increase in the share from 2006-2011.

Among small countries, Sweden is unique in having a large vehicle industry. "Smart traffic" is therefore a key area for Sweden. Globally this has been one of the fastest growing AI-related areas. Although Swedish patenting in the area has grown it has not kept pace with the rapid global development and as a result Sweden's world share has been roughly halved from around two to one percent between 2006-2011 and 2012-2017.

In “signal processing” and “industrial process control”, two areas which globally have shown moderate growth, Sweden’s world share has increased and at around 1,5 percent 2012-17 it was well above Sweden’s average for all areas put together. In health-related areas Sweden’s performance has been mixed with apparent relative strength in “health diagnostics - biomarkers” and “genetic cancer testing”.

Due to the delay between the time when a patent application is submitted and the time when a patent office publishes the application it is not yet possible to fully assess the developments after 2015. The extent to which the sharply growing interest in AI in the last couple of years in Sweden as well as globally has translated into an increase in AI-related patenting remains cannot yet be determined from the available data.

While patents may be important as knowledge-based capital for AI-intensive business development, the relative importance of patents will differ depending on type of business. The great importance of access to data is widely recognized. Development of new business models as well ability to integrate a company’s organization across business functions and with partner organizations also play a decisive role.

With these caveats, patenting nevertheless provides useful information on the structure and dynamics of AI-related innovative activities by allowing analysis internationally at the level of individual companies and with the possibility of differentiating by broad thematic areas.

Appendix: Data and Method used in the analysis

DATA

Patent data was obtained from the patent database maintained by Teqmine Analytics Ltd, which is based on USPTO, EPO and WIPO issued original XML publications of patent records.

The patent database covers all 1st time publications of new patent applications or grants without prior publications from USPTO, EPO and WIPO, totalling over 12 million patents on all technological fields. The data is detailed below:

Patent Data Details:

- United States Patents and Trademark Office patent data.
 - Granted patents for the period 1990-2001
 - First time applications / grants (Kind codes A1, B1, P1, since 2001–2017)
- European Patent Office data.
 - All first time publications / grants since 1978. EN-full-text patents. 1978–2017
- World Intellectual Property Organization data.
 - All first time publications / grants since 1978. EN-full-text patents. 1978 – 2017

Patents were not grouped into patent families, thus allowing for individual members of a patent family to be counted multiple times, if filed in all offices.

METHODS

Preparation of the Artificial Intelligence technology map follows a proprietary routine and application of natural language processing and machine learning techniques developed by Teqmine.

Its main steps are:

- 1 Stage 1. Selection.** Broad text mining of all patent description sections for any mention of key artificial algorithms or techniques.
Terms used for text mining are: *Artificial intelligence, learning algorithm, machine learning, unsupervised learning, neural network, self-organizing map, self-organizing feature map, kohonen map, bayes classification, support vector machine, clustering algorithm, markov model, random forest, hidden forest, bayesian statistics, classification engine*
This stage identified total of 183,658 records.
- 2 Stage 2. AI Classification.** The patent set was classified by machine-learning techniques (Topic modelling) into 30 technology areas, or “Topics”. This is realized by applying unsupervised learning methods to analyze the full-text context of the identified 183,658 patents.
- 3 Stage 3. Validation and analysis.** The resulting machine learning generated classification scheme is validated by human experts, and, once accepted, analysis of the data is done.

Clear definition of what is “Artificial Intelligence” so that it could be applied directly to patent analysis does not exist. There are no exhaustive or comprehensive technology classifications or terms that would allow one to capture effectively everything that involves different aspects of machine learning. Thus, one needs to accept certain caveats when preparing a technology and patent map of Artificial Intelligence.

Teqmine has developed AI technology and patent since 2016, and its production has undergone several rounds of iteration. We have chosen to choose any patents that mention some of key machine learning terms, and include those in our selection.

This method inevitably captures patents that have different level of machine learning content: Some deal exclusively with machine learning, whereas others make only a passing mention. However, we believe that it is important to capture AI patents irrelevant to what degree they hold AI content, because the utilization of AI in new and remote areas (from core data science) is of great economic, social and political interest. For example, too rigid application of AI content would easily exclude patent publications that discuss application of machine learning in health context, for example.

Thus caution and skill are required to interpret our AI map correctly. Teqmine's classification engine does not classify every area of AI equally precisely and correctly, and interpretation of results should be done carefully. Secondly, the AI map in itself is a very large patent map, consisting of almost 200,000 patents, thus undermining human's capacity to comprehend its diversity well.

It is important to understand that Teqmine's AI map is intended to provide a broad overview, a bird's eye perspective, of a dynamic and fast evolving technology area. If one would need to look at minute details, other approaches and elimination of redundant data would be necessary.

Bilaga 2 IKT-utbildade i Sverige

Tabell B2.1. Andel IKT-utbildade per bransch, och andel IKT-utbildade per bransch av totalt antal sysselsatta. För alla utbildningsnivåer och för de med lång utbildning

SNI	SNI TEXT	IKT-UTBILDADE I BRANSCH (PROCENT)	IKT-UTBILDADE I BRANSCH (PROCENT) HÖGTUTB.	IKT-UTBILDADE I BRANSCH AV TOTALT ANTAL SYSSELSATTA (PROCENT)	IKT-UTBILDADE I BRANSCH AV TOTALT ANTAL SYSSELSATTA (PROCENT) HÖGTUTB.
0	Huvudgrupp saknas	2,85	4,78	0,48	0,39
1	Jordbruk och jakt samt service i anslutning härtill	1,95	5,87	0,36	0,21
2	Skogsbruk	2,58	5,28	0,34	0,22
3	Fiske och vattenbruk	2,94	11,28	0,02	0,01
7	Utvinning av metallmalmer	9,86	13,66	0,21	0,11
8	Annan utvinning av mineral	3,21	3,96	0,02	0,00
9	Service till utvinning	7,34	8,81	0,00	0,01
10	Livsmedelsframställning	4,41	6,92	0,72	0,28
11	Framställning av drycker	6,89	7,01	0,10	0,04
12	Tobaksvarutillverkning	6,20	6,92	0,03	0,02
13	Textilvarutillverkning	5,25	7,01	0,09	0,03
14	Tillverkning av kläder	2,02	3,47	0,01	0,01
15	Tillverkning av läder, läder- och skinnvaror m.m.	4,38	3,76	0,01	0,00
16	Tillverkning av trä och varor av trä, kork, rotting o.d. utom möbler	4,58	5,82	0,50	0,11
17	Pappers- och pappersvarutillverkning	9,03	9,70	0,85	0,32
18	Grafisk produktion och reproduktion av inspelningar	7,10	14,12	0,28	0,12
19	Tillverkning av stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter	9,54	9,60	0,08	0,06
20	Tillverkning av kemikalier och kemiska produkter	7,07	7,98	0,42	0,31
21	Tillverkning av farmaceutiska basprodukter och läkemedel	8,11	10,48	0,33	0,48
22	Tillverkning av gummi- och plastvaror	6,25	8,09	0,40	0,12
23	Tillverkning av andra icke-metalliska mineraliska produkter	4,83	5,17	0,29	0,07
24	Stål- och metallframställning	9,12	15,23	0,87	0,50
25	Tillverkning av metallvaror utom maskiner och apparater	5,85	14,07	1,37	0,64
26	Tillverkning av datorer, elektronikvaror och optik	32,01	45,01	2,00	2,45
27	Tillverkning av elapparatur	19,24	34,22	1,41	1,58
28	Tillverkning av övriga maskiner	9,76	15,04	2,17	1,67
29	Tillverkning av motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar	9,85	18,64	2,30	2,40
30	Tillverkning av andra transportmedel	18,01	29,01	0,88	1,20
31	Tillverkning av möbler	4,77	7,75	0,23	0,07
32	Annan tillverkning	8,31	12,93	0,32	0,31
33	Reparation och installation av maskiner och apparater	10,81	20,85	0,75	0,27
35	Försörjning av el, gas, värme och kyla	14,51	22,51	1,35	1,57
36	Vattenförsörjning	7,48	7,13	0,08	0,05
37	Avloppsrening	6,06	8,17	0,07	0,04
38	Avfallshantering; återvinning	4,82	8,91	0,24	0,12

SNI	SNI TEXT	IKT-UTBILDADE I BRANSCH (PROCENT)	IKT-UTBILDADE I BRANSCH (PROCENT) HÖGUTB.	IKT-UTBILDADE I BRANSCH AV TOTALT ANTAL SYSSELSATTA (PROCENT)	IKT-UTBILDADE I BRANSCH AV TOTALT ANTAL SYSSELSATTA (PROCENT) HÖGUTB.
39	Sanering, efterbehandling av jord och vatten samt annan verksamhet för föroreningsbekämpning	2,20	4,88	0,00	0,00
41	Byggnadsarbeten	1,90	2,84	0,56	0,21
42	Anläggningsarbeten	6,25	4,93	0,66	0,16
43	Specialiserad bygg- och anläggningsverksamhet	5,62	8,35	4,22	0,53
45	Handel samt reparation av motorfordon och motorcyklar	3,75	8,71	0,97	0,29
46	Parti- och provionshandel utom med motorfordon	8,97	12,73	6,35	4,26
47	Detaljhandel utom med motorfordon och motorcyklar	3,84	6,97	3,79	1,77
49	Landtransport; transport i rörsystem	4,38	10,36	2,01	0,81
50	Sjötransport	3,30	2,95	0,11	0,07
51	Lufttransport	3,38	5,38	0,06	0,04
52	Magasiner och stödtjänster till transport	5,49	7,25	0,88	0,37
53	Post- och kurirverksamhet	6,70	15,22	0,72	0,39
55	Hotell- och logiverksamhet	2,18	4,48	0,32	0,17
56	Restaurang-, catering och barverksamhet	2,33	7,27	0,97	0,49
58	Förlagsverksamhet	21,20	30,82	2,12	3,38
59	Film-, video- och TV-programverksamhet, ljudinspelningar och fonogramutgivning	6,63	8,01	0,30	0,24
60	Planering och sändning av program	8,35	6,54	0,19	0,14
61	Telekommunikation	27,50	34,98	2,04	1,64
62	Dataprogrammering, datakonsultverksamhet o.d.	46,28	56,73	17,96	27,85
63	Informationstjänster	26,15	34,99	0,86	1,22
64	Finansiella tjänster utom försäkring och pensionsfondsverksamhet	8,45	10,36	1,57	2,14
65	Försäkring, återförsäkring och pensionsfondsverksamhet utom obligatorisk socialförsäkring	8,41	13,75	0,61	0,81
66	Stödtjänster till finansiella tjänster och försäkring	8,10	11,59	0,45	0,68
68	Fastighetsverksamhet	4,34	4,10	1,15	0,58
69	Juridisk och ekonomisk konsultverksamhet	2,82	2,59	0,46	0,57
70	Verksamheter som utövas av huvudkontor; konsulttjänster till företag	10,95	13,65	2,34	3,67
71	Arkitekt- och teknisk konsultverksamhet; teknisk provning och analys	12,64	14,82	4,29	5,93
72	Vetenskaplig forskning och utveckling	20,97	24,35	1,29	2,78
73	Reklam och marknadsundersökning	7,71	12,16	0,66	0,74
74	Annan verksamhet inom juridik, ekonomi, vetenskap och teknik	6,71	9,95	0,69	0,94
75	Veterinärverksamhet	1,04	0,94	0,02	0,02
77	Uthyrning och leasing	6,10	10,06	0,27	0,11
78	Arbetsförmedling, bemanning och andra personalrelaterade tjänster	6,80	5,66	2,32	1,30
79	Resebyrå- och researrangörsverksamhet och andra resetjänster och relaterade tjänster	4,73	9,16	0,16	0,18
80	Säkerhets- och bevakningsverksamhet	8,97	13,65	0,65	0,21
81	Fastighetservice samt skötsel och underhåll av grönytor	2,91	5,46	0,81	0,31
82	Kontorstjänster och andra företagstjänster	4,75	9,00	0,72	0,32
84	Offentlig förvaltning och försvar; obligatorisk socialförsäkring	5,66	5,13	5,39	5,87

SNI	SNI TEXT	IKT-UTBILDADE I BRANSCH (PROCENT)	IKT-UTBILDADE I BRANSCH (PROCENT) HÖGUTB.	IKT-UTBILDADE I BRANSCH AV TOTALT ANTAL SYSSELSATTA (PROCENT)	IKT-UTBILDADE I BRANSCH AV TOTALT ANTAL SYSSELSATTA (PROCENT) HÖGUTB.
85	Utbildning	3,04	3,97	5,32	9,09
86	Hälsa- och sjukvård	1,15	0,73	1,23	1,12
87	Vård och omsorg med boende	1,27	2,06	1,05	0,59
88	Öppna sociala insatser	1,71	1,99	1,42	0,83
90	Konstnärlig och kulturell verksamhet samt underhållningsverksamhet	3,14	2,50	0,27	0,22
91	Biblioteks-, arkiv- och museiverksamhet m.m.	3,05	2,30	0,17	0,18
92	Spel- och vadhållningsverksamhet	11,69	25,28	0,15	0,17
93	Sport-, fritids- och nöjesverksamhet	3,18	4,28	0,51	0,21
94	Intressebevakning; religiös verksamhet	2,90	2,31	0,58	0,42
95	Reparation av datorer, hushållsartiklar och personliga artiklar	20,84	17,98	0,46	0,07
96	Andra konsumenttjänster	1,61	4,18	0,28	0,15
97	Förvärvsarbete i hushåll	0,00	0,00	0,00	0,00
99	Verksamhet vid internationella organisationer, utländska ambassader o.d.	2,34	2,11	0,00	0,01

Vinnovas publikationer maj 2018

Vinnova Rapport

VR 2018:

- 01 Social innovation i Sverige - Kartläggning av ekosystemet för social innovation
- 02 Innovationsplattformar för hållbara och attraktiva städer - Analys och rekommendationer
- 03 Från living labs till transition labs - En forskningsöversikt och kartläggning av innovationsmiljöer för hållbara städer
- 04 Slimmat, snabbt och svenskt - Samverkan och ledarskap under Sverigeförhandlingen om höghastighetståg
- 05 Staden som arena för innovation - En studie av transformativ kapacitet, kommunens roll och Vinnovas påverkan
- 06 Digitalisering - mer än teknik. Kartläggning av svensk forskning och näringslivets behov
- 07 Årsbok 2017 - Svenskt deltagande i europeiska program för forskning och innovation
- 08 Artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle - Analys av utveckling och potential

VR 2017:

- 01 Att skapa förutsättningar för innovation - Erfarenheter från "Idéslussar i kommuner - förstudie 2015"
- 02 Testbäddar inom hälso- och sjukvård och äldreomsorg - Portföljuttvärdering av Vinnovas program
- 03 Samband mellan immateriella tillgångar, innovation och ekonomisk tillväxt - Två kunskapsöversikter
- 04 På jakt bland forskare och managementkonsulter - Klinisk forskning och praktiktäna kunskapsutveckling inom managementområdet
- 05 Utvärdering strategiska innovationsprogram - Första utvärderingen av Innovair, BioInnovation, IoT Sverige, Smartare Elektroniksystem, SIO Grafen och Swelife
- 06 Why manufacture in Sweden? Strengths and best practice - a summary of "Flaggskeppsfabriken" (För svensk fullversion se VR 2016:07)

VR 2016:

- 01 Third Evaluation of VINN Excellence Centres - AFC, BiMaC Innovation, BIOMATCELL, CESC, CHASE, ECO2, Faste, FUNMAT, GHZ, HELIX, Hero-m, iPack, Mobile Life, ProNova, SAMOT, SuMo & WINGQUIST
- 02 Third Evaluation of Berzelii Centres - Exselent, UPSC & Uppsala Berzelii
- 03 NOVA - Verktyg och metoder för normkreativ innovation (för engelsk version se VR 2016:06)
- 04 Forskning och utveckling för ökad jämställdhet - Följeforskning om Vinnovas regeringsuppdrag avseende behovsmotiverad forskning för ökad jämställdhet 2013-2015
- 05 This is about Change - Ten years as an on-going evaluator of the Triple Steelix initiative (För svensk version se VR 2015:05)
- 06 NOVA - tools and methods for norm-creative innovation (för svensk version se VR 2016:03)
- 07 Flaggskeppsfabriken - Styrkor i svensk produktion (För engelsk sammanfattning se VR 2017:06)
- 08 Flaggskeppsmetodiken - En arbetsmetod för industriellt erfarenhetsutbyte
- 09 Evaluating the Role of HEIs' Interaction with Surrounding Society - Development Pilot in Sweden 2013-2016

- 10 Utvärdering strategiska innovationsprogram - Första utvärderingen av Processindustriell IT och automation, Produktion 2030, Gruv- och metallutvinning, Lättvikt och Metalliska material
- 11 Shaping the Future now - Good Start! International evaluation of Geo Life Region, Smart Housing Småland and The Paper Province 2.0

VR 2015:

- 01 Bumpy flying at high altitude? - International evaluation of Smart Textiles, The Biorefinery of the Future and Peak Innovation
- 02 From green forest to green commodity chemicals - Evaluating the potential for large-scale production in Sweden for three value chains
- 03 Innovationstävlingar i Sverige - insikter och lärdomar
- 04 Future Smart Industry - perspektiv på industrimvandling
- 05 Det handlar om förändring - Tio år som följeforskare i Triple Steelix (För engelsk version se VR 2016:05)
- 06 Evaluation of the Programme Multidisciplinary BIO - The strategic Japanese-Swedish cooperation programme 2005 - 2014
- 07 Nätverksstyrning av transportinnovation
- 08 Ersättningssystem för innovation i vård och omsorg - En studie av åtta projekt som utvecklar nya ersättningsmodeller

VR 2014:

- 01 Vägar till välfärdsinnovation - Hur ersättningsmodeller och impact bonds kan stimulera nytänkande och innovation i offentlig verksamhet
- 02 Jämställdhet på köpet? - Marknadsfeminism, innovation och normkritik
- 03 Googlemodellen - Företagsledning för kontinuerlig innovation i en föränderlig värld
- 04 Öppna data 2014 - Nulägesanalys.
- 05 Institute Excellence Centres - IEC -En utvärdering av programmet
- 06 The many Faces of Implementation
- 07 Slututvärdering Innovationslussar inom hälso- och sjukvården

Vinnova Information

VI 2018:

- 01 Årsredovisning 2017
- 02 Under produktion
- 03 Delredovisning av handlingsplan för jämställdhetsintegrering på Vinnova - 2015-2018

VI 2017:

- 01 Forskning inom gruv- och mineralområdet - En studie av styrkor och samverkan
- 02 Projektkatalog 2016 Utmaningsdriven innovation Steg 1 - Initieringsprojekt
- 03 Projektkatalog 2016 Utmaningsdriven innovation Steg 2 - Samverkansprojekt
- 04 Projektkatalog 2016 Utmaningsdriven innovation Steg 3 - Följdinvesteringsprojekt
- 05 Årsredovisning 2016
- 06 Challenge-Driven Innovation - Societal challenges as opportunities for growth (för svensk version se VI 2016:07)

- 07 FFI Årsrapport 2016 - *Samverkan för stark svensk fordonsindustri och miljöanpassade samt säkra transporter*

VI 2016:

- 01 Projektkatalog Utmaningsdriven innovation Steg 1-2015 - *Initieringsprojekt*
- 02 Projektkatalog Utmaningsdriven innovation Steg 2-2015 - *Samverkansprojekt*
- 03 Projektkatalog Utmaningsdriven innovation Steg 3-2015 - *Följdinvesteringsprojekt*
- 04 Årsredovisning 2015
- 05 FFI Årsrapport 2015 - *Samverkan för stark svensk fordonsindustri och miljöanpassade samt säkra transporter*
- 06 Innovation för ett attraktivare Sverige - *Sammanfattning (Kortversion av VI 2015:07)*
- 07 Utmaningsdriven innovation - *Samhällsutmaningar som tillväxtpotentialer (för engelsk version se VI 2017:06)*
- 08 Vinnväxt - *A programme renewing and moving Sweden ahead*

VI 2015:

- 01 Insatser för innovationer inom Hälsa
- 02 FFI Årsrapport 2014 - *Samverkan för stark svensk fordonsindustri och miljöanpassade samt säkra transporter*
- 03 Social innovation - *Exempel*
- 04 Social innovation
- 05 Årsredovisning 2014
- 06 Sweden needs FFI (för svensk version se VI 2015:10)
- 07 Innovation för ett attraktivare Sverige - *Underlag till regeringens politik för forskning, innovation och högre utbildning 2017-2020 - Huvudrapport (för sammanfattning se VI 2016:06, för analysrapport se VI 2015:08)*
- 08 Förutsättningar för innovationspolitik i Sverige - *Underlag till regeringens politik för forskning, innovation och högre utbildning 2017-2027 - Analysrapport (för huvudrapport se VI 2015:07)*
- 09 UTGÅR, ersätts av VI 2016:07
- 10 Sverige behöver FFI (för engelsk version se VI 2015:06)
- 11 UTGÅR, ersätts av VI 2017:06

Vinnova Analys

VA 2017:

- 01 *The Energy Industry in Sweden continues to grow - Analysis of companies in the energy industry 2007-2014 - business segments, age structures, gender equality and competence. (För svensk version se VA 2016:05)*
- 02 *Hårdare, lättare och snabbare - Effektanalys av ett urval av Vinnovas materialrelaterade satsningar*
- 03 *Årsbok 2016 - Svenskt deltagande i europeiska program för forskning och innovation*
- 04 *The automotive industry in Sweden - A cluster study*

VA 2016:

- 01 *Vinnväxt - Ett innovativt program i takt med tiden*
- 02 *Årsbok 2015 - Svenskt deltagande i europeiska program för forskning & innovation*
- 03 *Effektanalys av Vinnväxt-programmet - Analys av effekter och nytta*
- 04 *Chemical Industry Companies in Sweden - Update including data for competence analysis*
- 05 *Energibranschen i Sverige fortsätter växa - Analys av företag i energibranschen 2007-2014 - branschdelar, åldersstrukturer, jämställdhet och kompetens. (För engelsk version se VA 2017:01)*
- 06 *Omvandling och fasta tillstånd - Materialvetenskapens etablering vid svenska universitet*

- 07 *Svensk konsultsektor i ny belysning - Utvecklingstrender och dynamik*

VA 2015:

- 01 *Årsbok 2014 - Svenskt deltagande i europeiska program för forskning & innovation*
- 02 *Samverkansuppgiften i ett historiskt och institutionellt perspektiv*
- 03 *Långsiktig utveckling av svenska lärosätens samverkan med det omgivande samhället - Effekter av forsknings- och innovationsfinansierings insatser*
- 04 *Företag i Tåg- och järnvägsbranschen i Sverige - 2007-2013*
- 05 *FoU-program för Små och Medelstora Företag - Metodologiskt ramverk för effektanalyser*
- 06 *Small and beautiful - The ICT success of Finland & Sweden*
- 07 *National Research and Innovation Councils as an Instrument of Innovation Governance - Characteristics and challenges*
- 08 *Kartläggning och behovsinventering av test- & demonstrationsinfrastruktur*

VA 2014:

- 01 *Resultat från 18 VINN Excellence Center redovisade 2012 - Sammanställning av enkätresultaten. (För engelsk version se VA 2014:02)*
- 02 *Results from 18 VINN Excellence Centres reported in 2012 - Compilation of the survey results. (För svensk version se VA 2014:01)*
- 03 *Global trends with local effects - The Swedish Life Science Industry 1998-2012*
- 04 *Årsbok 2013 - Svenskt deltagande i europeiska program för forskning och innovation.*
- 05 *Innovations and new technology - what is the role of research? Implications for public policy. (För svensk version se VA 2013:13)*
- 06 *Hälsoekonomisk effektanalys - av forskning inom programmet Innovationer för framtidens hälsa.*
- 07 *Sino-Swedish Eco-Innovation Collaboration - Towards a new pathway for shared green growth opportunity.*
- 08 *Företag inom svensk massa- och pappersindustri - 2007-2012*
- 09 *Universitetets och högskolors samverkansmönster och dess effekter*



Vinnova bidrar till att stärka Sveriges innovationsförmåga för hållbar tillväxt

Post: Vinnova, SE-101 58 Stockholm, Sweden Besök/Office: Mäster Samuelsgatan 56
+46 8 473 30 00 vinnova@vinnova.se vinnova.se