



# Greinargerð varðandi stefnu Íslands í gervigreind

Vitvélastofnun Íslands ses  
*Icelandic Institute for Intelligent Machines*

fyrir

*Forsætisráðuneytið  
Nefnd um ritun stefnu Íslands um gervigreind  
Stjórnarráðshúsinu við Lækjartorg  
101 Reykjavík*



## SAMANTEKT


„Gervigreind” er samheiti á rannsóknum og tækni ætlað að gæða vélar því sem í almennu tali er kallað „greind.” Vegna möguleika slíkrar tækni til sjálfvirknivæðingar á breiðum grundvelli er hún kjörin til hagnýtingar á öllum sviðum þjóðfélagsins; engin önnur tækni getur haft eins jákvæð áhrif á framleiðslu, afköst, áreiðanleika, kostnað og lífsgæði. En til að hún beri þá ávexti sem menn telja æskilega í ljósi almennra gilda þjóðfélagsins verður að greina – og taka skref til að forðast – neikvæðar hliðarverkanir og möguleika til misbeitingar.

Breytingar sem sjálfvirknivæðingu fylgja gætu hugsanlega gjörbreytt þjóðfélaginu á næstu áratugum. Hraði innleiðingar sjálfvirkni, og breytinganna sem af því geta orðið – stundum kallaðar Fjórða iðnbyltingin – er háð tveimur meginþáttum: Nýtingu gervigreindartækni samtímans til sjálfvirknivæðingar annars vegar, og hraða framfara í þróun nýrra tegunda gervigreindartækni hins vegar. Hið fyrrnefnda fer eftir hvernig samkeppnismiðaðrar hagnýtingar þróast í þjóðfélaginu, ásamt hæfni þess til að styðja við hagnýtar (forsamkeppnislegar) grunnrannsóknir; hið síðarnefnda er háð framförum í grunnrannsóknum, sem er í höndum vísindamanna í háskólum og tengdum rannsóknarstofnunum og er styrkt af samkeppnisrannsóknarsjóðum.

Gervigreindarrannsóknir hófust 1956 og eru rétt í startholunum; óuppfundin gervigreindartækni er miklu stærra mengi en sú tækni sem þegar hefur litið dagsins ljós.

Á Íslandi er mikilvægt að:

1. **Taka virkan og beinan þátt í Fjórðu iðnbyltingunni.** Samstarf við aðrar þjóðir, innleiðing tækni og aðferða, og möguleikar til að sitja að sama borði í viðskiptasamningum, mun að verulegu leyti byggja á þekkingu og nýtingu sjálfvirkni. Fyrir smáþjóð er ekkert annað í boði en bein þátttaka. Reykjavík og Akureyri gætu orðið „snjallborgir”; gæti allt Ísland orðið „snjallland”?
2. **Styðja við þekkingu á tækni Fjórðu iðnbyltingarinnar innanlands.** Annað mun bitna á frumkvöðlastarfsemi, ungsprotum, og tækifærum nýnema á praktískri þjálfun, sem og möguleikum fyrirtækja og stofnana að nýta sér nýjustu tækni og gera langtímaáætlanir sem taka mið af raunhæfum spám um þjóðfélags- og tæknibreytingar.

- 
3. **Styðja við bóknám jafnt sem verknámsþjálfun í gervigreind og tækni tengda henni.** Gervigreindarsviðið hefur séreinkenni sem erfitt er að mennta sig í án sértæks gervigreindarnáms. Dýptin er jafn mikilvæg og breiddin.
  4. **Brúa betur bilið milli hagnýtrar hugbúnaðarþróunar annars vegar, og grunnrannsókna í gervigreind hins vegar.** Ekki nægir að stofna til klasa—gervigreind gengur þvert á alla klasa, atvinnusvið og markaði.
  5. **Auka ríkisstuðning við forsamkeppnislegar rannsóknir og þróun.** Í fámennu þjóðfélagi þarf að vera náið samstarf háskóla og atvinnulífs. Þetta má gera með sjálfseignarstofnun sem helgar sig gervigreindarvæðingu á lýðræðislegum grundvelli, opnum aðgangi í lausnir, opins hugbúnaðar og forsamkeppnislegri þróun nýrra tæknilausna.
  6. **Styðja beint við hagnýtar grunnrannsóknir og tækniyfirfærslu milli atvinnugreina og markaða.** Það er hlutverk hagnýtra grunnrannsókna að forkanna möguleika á endurnýtingu tækni sem var þróuð í öðrum tilgangi – að beiðni markaðarins – og sýna fram á nýja möguleika. Hin Norðurlöndin, Frakkland, Þýskaland og Bretland, eru flest með eina eða fleiri stofnanir sem sinna þessu hlutverki á sviði Fjórðu iðnbyltingarinnar.
  7. **Styðja betur við þarfir Íslenskra stofnana,** s.s. Lögreglu, Landhelgisgæslunnar og 112, Persónuverndar, Hagstofunnar, Seðlabankans, Samkeppniseftirlitsins, og atvinnulífsins í heild, svo nokkur séu talin, með því að tryggja staðbundna þekkingu á sviði gervigreindar og tengdri tækni á Íslandi.

Mörgum þessum markmiðum er hægt að ná með stofnun sérstakra rannsóknastofnana sem sinna hlutverkum sem markaðir og háskólar ná ekki yfir, ásamt eflingu sjóða og rannsóknarinnviða sem fyrir eru, eins og hefur verið gert í flestum nágrannalöndunum.

Fyrri hluti þessarar greinargerðar leitast við að setja gervigreindarsviðið og hugtök tengd gervigreind í rétt ljós, og skýra eðli fyrirbærisins í stuttu máli. Þetta er mikilvægt þegar svara á spurningum á borð við *Hvaða gildi á Íslenskt samfélag að hafa að leiðarljósi við innleiðingu nýrrar tækni gervigreindar?*, *Á hvaða vettvangi ætti Ísland að ræða og leysa álitamál sem upp munu koma varðandi innleiðingu og notkun nýrrar gervigreindartækni?*, *Á hvaða vettvangi ætti Ísland að ræða og leysa álitamál sem upp munu koma varðandi innleiðingu og notkun nýrrar gervigreindartækni?* og *Hvað þarf til svo að íslenskt atvinnulíf geti að fullu nýtt tækni gervigreindar?* Þetta er einmitt það sem við leitumst við að gera í seinni hluta þessarar greinargerðar.



## INNGANGUR

Gervigreind (e. artificial intelligence, skammstafað ‘AI’) er heiti á rannsóknarsviði sem fæst við að smíða vélar með greind. Upphaf gervigreindarsviðsins miðast oft við ráðstefnu í Dartmouth háskólanum í BNA, þar sem heiti sviðsins var valið af upphafsmönnum þess árið 1956. Gervigreindarsviðið á sér því skýrara upphaf en mörg önnur svið vísindanna, og saga þess liggur að miklu leyti samhliða tölvunarfræðisviðsins sjálfs, enda margir upphafsmenn upplýsingatækninnar fyrir og uppúr miðri 20. öldinni áhugasamir um greind. Hugtakið ‘greind,’ líkt og mörg önnur algeng hugtök s.s. ‘heimili’ eða ‘hamingja,’ er nokkurs konar „ferðatöskuhugtak” (e. suitcase concept) eins og einn af upphafsmönnum gervigreindarsviðsins Marvin Minsky orðaði það,<sup>1</sup> þ.e.a.s. það vísar að einhverju leyti til lauslega tengdra undirfyrirbæra sem eru jafnvel sjálf ferðatöskuhugtök.

‘Greind’ er heiti yfir flókið náttúrufyrirbæri sem ekki er til heildstæð, viðtekin kenning um, enn sem komið er.<sup>2</sup> En þar sem ekki er hægt að stunda vísindalegar rannsóknir án skilgreininga styðjast vísindamenn og verkfræðingar í gervigreind við svokallaðar ‘vinnuskilgreiningar’ á hugtökum tengdum rannsóknum sínum—tímabundnar og takmarkaðar skilgreiningar sem þó nægja til að rannsaka valdar hliðar fyrirbærisins og hefja framsetningu tilgátna um það.


Vinnuskilgreiningar á gervigreind eru fjölmargar, nánast jafn margar og kerfin sem menn hafa þróað í nafni slíkra rannsókna.<sup>3</sup> En þær gera vísindamönnum og verkfræðingum kleift að smíða vélar sem nú á tímum hafa sýnt fram á hagnýtanlegar framfarir með óyggjandi hætti. Sextíu árum frá því að skipulagðar tilraunir hófust við að þróa greindar vélar eru nú flestir sammála um að fyrsta skrefi í þá átt hafi verið náð, þ.e. að smíða praktíska tækni sem hægt er að láta framkvæma flókin verk, verk sem áður þurfti mannsvit til að framkvæma. Sum gervigreindartækni er nú orðin nægilega meðfærileg, ódýr, og einföld í notkun til að vera á færi flestra þeirra sem telja sig geta haft not af henni. Tæknin er þó enn ýmsum annmörkum háð—hún getur verið töluvert dýr í rekstri og viðhaldi, og sérþekking er nauðsynleg til að þróa hana og uppfæra. En sjálfvirknivæðing með gervigreind svarar í mörgum tilvikum kostnaði. Eins og með aðra tækni, eftir því sem fram líða stundir lækkar

---

<sup>1</sup> Marvin Minsky (1991); persónuleg samskipti.

<sup>2</sup> Kenning Wang (2006) um greind kemst næst því að vera heildstæð, en hún er, enn sem komið er, ekki mjög þekkt utan þröngs sviðs alhliða gervigreindarrannsókna.

<sup>3</sup> Legg, S. and M. Hutter (2007). A collection of definitions of intelligence. In B. Goertzel, P. Wang (Eds.), *Advances in Artificial General Intelligence: Concepts, Architectures and Algorithms—Proceedings of the AGI Workshop*, Amsterdam IOS (2007), 17-24.



kostnaðurinn tækninni sem nú er verið að beita og þróunartíminn styttest. Jafnframt birtist iðulega ný útgáfa hennar á sjóndeildarhringnum.

Á rannsóknarstofum víða um heim er jafnframt verið að þróa fjölmargar nýjar gervigreindaraðferðir, byggðar á ýmsum forsendum og skilgreiningum; „næsta kynslóð“ gervigreindartækni er nú mun stærri en nokkru sinni fyrr í vísinda- og tæknisögunni. Það leikur enginn vafi á því að stofnendur gervigreindarsviðsins ætluðu sér alltaf að smíða vélar sem væru jafn greindar og menn. Hvað gæti verið praktískara en vél sem hægt er að láta sjá um hvaða verkefni sem er sem manneskjur gætu framkvæmt? Slík vél gæti verið beintengd við verksmiðjur, þungavélar, tölvur, og annan búnað sem til þarf. Slík vél gæti tekið yfir nánast hvaða verk sem manneskjur gera núna. Þrátt fyrir fjölmargar blaðagreinar og yfirlýsingar heimspekinga og annarra sem tala eins og tími vitiborinna véla sé rétt handan við hornið, er þessi framtíðarsýn enn vísindaskáldskapur. Hvenær mun „tími vitiborinna véla“ koma, ef hann kemur þá nokkru sinni? Er gervigreind kannski tískubóla?

Þessum spurningum er auðvitað mjög erfitt að svara—nema þeirri síðustu: Gervigreind er ekki tískubóla. Vit er undirstaða allrar menningar, viðskipta, samskipta, og alls þjóðfélagsins eins og það leggur sig.<sup>4</sup> Vitiborni afkomandi forföðurs apanna – homo sapiens – hefur búið til umhverfi á plánetunni sem byggir á þekkingu, reynslu, fyrirhyggju og forsjá, í gegnum manngerðar afurðir sem telja ekki aðeins hluti eins og samskiptakerfi, tölvur og bíla, heldur líka manngerð fyrirbæri eins og stærðfræði, heimspeki, tónlist, þjóðgarða, og lýðræði. Ein þessara afurða er gervigreind.

Gervigreindarrannsóknarsviðið er enn ungt—það má segja það nýskriðið úr hreiðrinu. En þótt skilngur vísindamanna á greind sé enn í mótun fer ekki á milli mála að gervigreindartækni nýtist nú þegar í atvinnulífinu beint, og áhrifa hennar er þegar að gæta í daglegu lífi flestra. Þessi áhrif munu verða sífelld meiri þegar fram líða stundir, vegna þess að engin önnur tækni er eins hagnýtanleg á eins breiðum grundvelli; svo fremi sem hún sé skilvirk-tækni til sjálfvirknivæðingar er hagkvæmust allrar tækni, því henni má beita til að bæta sjálfa sig. Alhliða greind – hvort sem henni verður náð að heilu eða hálfu, eða litlu leyti, á næstu tveimur áratugum – býr yfir möguleikum sem gætu gjörbreytt hagkerfum, umhverfi, starfi og afkomu milljóna manna.

---

<sup>4</sup> Sumir myndu benda á að heimaska eigi þar líka hlut í máli, sem má vel vera, en hugtakið hefur enga merkingu nema sem andheiti ‘vits.’



## STAÐA OG FRAMTÍÐ GERVIGREINDAR

Helsta afurð gervigreindarrannsókna er hugbúnaður. Töluvert stór hluti hans er í engu frábrugðin „venjulegum“ hugbúnaði. Stundum er hann þó sagður „hafa gervigreind.“ Það sem greinir þá þar á milli er oftast en ekki eiginleiki hans til að „læra“—að aðlagast sjálfkrafa ákveðnum aðstæðum í ljósi ákveðinna markmiða. Flest nútímagervigreindarforrit gera slíkt reyndar sjaldnast alfarið sjálfkrafa—þau þurfa enn verulega hjálp frá forriturum til að stunda sinn „lærdóm“ og ná fullu hagnýtingargildi. Eiginleikar þessarar tækni er jafnframt takmörkuð: Flest gervigreindartækni nútímans, eins og t.d. gervitauganet (e. neural networks) og styrkingarnámsalgrím (e. reinforcement learning algorithms), flokkast sem „einhliða“ gervigreind (e. narrow AI); þau geta aðeins lært eitt (þröngt skilgreint) verkefni og læra ekki eftir að „þjálfun“ lýkur.


Gervigreind samtímans hefur tvö hlutverk, stýring og greining (eða flokkun). Af þessu tvennu er flokkunarhlutverkið mun algengara, enda hefur hagnýting mynstursgreiningartækni á borð við djúptauganet (e. deep learning), Bayes reglakerfi (e. Bayesian logic) og genaalgírím (e. genetic algorithms) borið verulegan árangur. Slík tækni er oftast notuð til aðstoðar í þeim verkefnum sem manneskjur sjá um (t.d. til að greina prentaðan texta á blaði—t.d. nafn fyrirtækis, heildarupphæð reiknings, tímabil hans—þannig að verkþáttum sem krefjast aðkomu mannshuga fækkar), en vissulega einnig í stjórnkerfum, svo sem sjálfkeyrandi bílum. Í þeim tilvikum er þó mikilvægur hluti kerfisins handgerður hugbúnaður sem brúar bilið milli gervigreindartækni og hefðbundins hugbúnaðar.<sup>5</sup>

Framtíð gervigreindar, rétt eins og annarrar tækni, er erfitt að spá fyrir um. Menn eru yfirleitt sammála um að áhrif sjálfvirknivæðingar með gervigreind geti orðið veruleg, og þótt hún sé að einhverju leyti háð því hvernig tækninni er beitt, þá er hraði framfara bein afleiðing af framförum grunnrannsókna. Öll spá sem horfir lengra fram í tímann en sjö til tíu ár byggir því á getgátum; engin aðferðafræði hefur enn verið sett fram sem auðveldar okkur að spá fyrir um þróun atvinnuvegarins, hvað tækni Fjórðu iðnbyltinguna varðar, til lengri tíma,<sup>6</sup> enda mun hún nýta afurðir grunnrannsókna sem ekki er ljóst að svo stöddu hverjar verða. Við getum talað um framfarir af tveimur ólíkum tegundum eða í tveimur flokkum: Annars vegar framfarir í notkun gervigreindartækni nútímans, með þeim viðbótum sem liggja

---

<sup>5</sup> Útkoman úr samsetningu mynsturgreiningarkerfa og stjórnkerfa tilheyrir oftast gervigreindarránsóknum þar sem fjölbreytileiki aðstæðna sem slík kerfi er ætlaður, t.d. sjálfkeyrandi bílar, og þau þurfa að mæta (og sjálfkeyrandi bílar mæta ekki enn, án aðstoðar) er svo mikill að hefðbundnar hugbúnaðarþróunaraðferðir og prófanir duga einfaldlega ekki til við þróun þeirra.

<sup>6</sup> Þorsteinsson, H., G. Jónsson, R. H. Magnúsdóttir, L. D. Jónsdóttir og K. R. Þórisson (2019). *Ísland og fjórða iðnbyltingin*. Stjórnarráð Íslands, Forsætisráðuneytið.



nokkuð beint fyrir og hægt er að gera án grunnrannsókna, og hins vegar framfarir í næstu kynslóð tækninnar—þ.e. nýjar tegundir gervigreindar. Oftast eru menn aðeins að tala um fyrri flokinn þegar rætt er um áhrif gervigreindar, en mikilvægt er að hafa í huga að gervigreind er á upphafsreit: Stærstu áhrifin eiga enn eftir að koma.

Flestir telja sig þekkja greind þegar þeir sjá hana, og allir eru sammála um að homo sapiens, almennt séð, búi yfir greind. Framfarir næstu áratuga munu færa tölvur sífellt nær því sem almenningur myndu kannski kalla „alvöru“ greind—og gervigreindarrannsækendur kalla *alhliða gervigreind* (e. artificial general intelligence; general machine intelligence). Framfarir næstu 60 ára verða án efa hraðari en þeirra fyrstu 60, ef ekki nema fyrir þá staðreynd að nú er komin eftirspurn eftir tækninni. Ef við horfum til næstu 30 ára er líklegt að breytingar á flestum þjóðfélögum heims verði gífurlegar—ekki aðeins vegna gervigreindar heldur einnig annarrar tækni. En fá sem engin önnur tækni er líkleg til að hafa sömu margföldunaráhrif og gervigreind, enda næsta víst að ný kynslóð tækninnar verður þróuð með hjálp gervigreindar fyrri kynslóðar, og sú þarnæsta ennþá meira—og svo framvegis. Það er ekki að ástæðulausu að flestar þjóðir heims líti á sjálfvirkinvæðingu með gervigreind sem verðugt keppikefli.

## HLUTVERK GERVIGREINDAR Á ÍSLANDI

Framar allri annarri tækni sem mætti færa rök fyrir að eigi erindi til Íslands er gervigreind sú sem hefur mestu möguleikana til að auka magn og gæði framleiðslu og þjónustu. Þar með ætti hún að spila stórt hlutverk í framtíðaráformum landsins. Markmiðið ætti að vera aukin lífsgæði fyrir alla landsmenn. Þetta er það hlutverk sem við viljum ætla henni á Íslandi. Hún gæti jafnframt spilað mikilvægt hlutverk í þróun sjálfstæðis landsins og haft áhrif á stöðu okkar í alþjóðlegu samhengi. Það er mikilvægt að skilja það samhengi og hvernig það gæti breyst á komandi árum og áratugum.

Til þess að þessum markmiðum verði náð þarf að tryggja nokkur atriði:

1. Greiður aðgangur að sérfræðingum í hagnýtingu og þróun gervigreindar fyrir íslenskar aðstæður og þarfir.
2. Jafna sem mest aðgengi að þekkingu á, og beitingu, tækninnar.
3. Sporna við neikvæðum áhrifum og óæskilegum hliðarverkunum.
4. Gagnsæi við nýtingu sjálfvirkni.
5. Jöfn dreifing hagrænna áhrifa.


Þessum markmiðum verður aðeins náð ef næg þekking innanlands er til staðar til að sinna (a) greiningu tækifæra og ógna, (b) rannsóknum og þróun gervigreindartækni, (c) sérþekking og notkun á öllum þróunarstigum hennar, og (d) menntun í gervigreind og tengdri tækni fyrir breiðan hóp.

Gervigreindarsetur og Tölvunarfræðideild HR sinna háskólarannsóknum og menntun á þessu sviði mjög vel, þótt vissulega væri hægt að styrkja þá starfsemi betur, á ýmsan hátt. Að hluta til er það innanhúsmál HR, en þar sem Gervigreindarsetrið er eina háskólarannsóknarsetrið á þessu sviði hérlendis er það að vissu leyti hagsmunamál allra að þar sé sem best búið um hnútana til að það geti sinnt þessu mikilvæga hlutverki. Staðbundnar grunnrannsóknir, eins og Gervigreindarsetur HR stundar, kynnir nemendur ekki aðeins fyrir samtímagervigreind heldur veitir hún þeim einnig innsýn í komandi kynslóðir gervigreindartækni. Önnur menntun er af skörnum skammti á þessu sviði hérlendis; huga þarf að að búa til fleiri tækifæri, fyrir breiðari hóp. Rannsóknarsjóðir á Íslandi hafa sífellt verið að styrkjast á síðustu tveimur áratugum; ekki er hér talin þörf á sjóðum tileinkuðum Fjórðu iðnbyltingunni sérstaklega, að undanskildum þeim sem takmarkast við máltækni (skref í þá átt hefur þegar verið tekið með stofnun sérstakra sjóða og Almennaróms). Aðgangur íslenskra rannsakenda að Evrópustyrkjum hefur yfirleitt verið góður.

Það sem stendur útaf til að ná markmiði nr. 1 hér að ofan er að mynda samfellu milli atvinnuvegar og grunnrannsókna. Framfarir í innleiðingu sjálfvirkni er háð því, eins og minnst var á að ofan, að ný tækni sem þróuð er við rannsóknarstofnanir verði nægilega meðfærileg sem fyrst til að hægt sé að nýta hana í ýmsum tilgangi í fyrirtækjum og stofnunum. Grunnrannsóknir geta verið misjafnlega langt á veg komnar í hagnýtingu,<sup>7</sup> og því er mikilvægt að tækifæri séu til staðar fyrir nemendur til áframhaldandi þjálfunar í frumgerðasmíð og áframhaldandi þróunar tækni næstu kynslóðar—þannig skapast m.a. tækifæri til stofnunar sprotafyrirtækja og sköpun annarra hagnýtingarmöguleika. En yfirfærsla úr grunnrannsóknum til atvinnuvegar tekur oft tíu til fimmtán ár. Öll löndin í kringum okkur eru með sérstakar stofnanir sem *sérhæfa sig í að brúa þetta bil* milli þekkingar á tækni nútíðarinnar og tækni framtíðarinnar—óslitin keðja er nauðsynleg til að tryggja möguleika yfirfærslu þegar litið er til lengri tíma. Gervigreindarvæðingin mun setja mark á næstu 30 árin, jafnvel næstu 60. Ísland þarf að bæta þennan síðasta brotna legg í undirbúningi fyrir þátttöku í Fjórðu iðnbyltingunni.

<sup>7</sup> Sjá t.d. „technological readiness“ kvarða Evrópusambandsins, sem telur 9 stig frá frumstigi til hagnýtingar (EARTO, 2014); í gervigreind er mikil óvissa á stigum 3 - hugmyndarþróun og tækifærisgreining, til stigs 7 - frumraun til beitingar frumgerðar; þar koma inn rannsóknarstofnanir eins og DFKI og Vitvélastofnun sem stunda hagnýtar grunnrannsóknir.






Flest gervigreindartækni mun eiga uppruna sinn erlendis, en til að geta fylgst með í þeirri þróun verður að vera rannsóknarhópur innanlands sem stundar grunnrannsóknir á sviðinu. Samfella í hagnýtingu og djúp þekking innanlands er nauðsynleg jafnvel þótt engin gervigreindartækni ætti sér uppruna innanlands. Ástæða er þó til að ætla að einhverjar grunnrannsóknir í íslenskum háskólum leiði til nýrrar hagnýtrar gervigreindartækni, því sérþarfir Íslands snúast meðal annars um gagnafæð, frekar en gagnagnótt, og sömu oftast en ekki þarf gjörólíka tækni þegar fá gögn eru til.

Ná má öllum fimm markmiðunum hér að ofan með stofnun einnar (eða fleiri) stofnana sem sinna hagnýtum grunnrannsóknum. Gervigreindarstofnun Þýskalands (DFKI), Alexandra Institute, Digital Hub Denmark og Institute of Automation (Danmörk), og Finnska gervigreindarstofnunin (FCAI) eru slíkar stofnanir. Þær eru í nánu samstarfi við bæði háskóla og atvinnuveg en stunda *hagnýtar grunnrannsóknir* og hagnýta þróun í nánu samstarfi við atvinnulífið: Forsamkeppnisleg þróun og rannsóknir sem miða að ákveðinni hagnýtingu og beitingu tækni Fjórðu iðnbyltingarinnar til lausna vel skilgreindra vandmála. Hagnýtar grunnrannsóknir, ólíkt grunnrannsóknum í háskólum, stjórnast af þörfum atvinnulífsins. Þær sinna hlutverki sem hvorki háskólarnir né atvinnuvegurinn geta sinnt: Yfirfærslu tækni og hugmynda úr grunnrannsóknum í hagnýtanlegt form, og yfirfærslu lausna úr einni iðngrein og einum markaði yfir á annan, í ljósi þarfa þjóðfélagsins. Þar sem sama gervigreindartæknin getur nýst á mörgum sviðum er mikilvægt að auka aðgengi ólíkra atvinnugreina að tækninni; yfirfærsla aðeins á færi sérfræðinga, en það er einmitt hlutverk hagnýtra grunnrannsókna að forkanna möguleika á slíkri endurnýtingu að beiðni markaðarins, og sýna fram á nýja möguleika, og minnka þannig áhættu sem aðeins voldug fyrirtæki myndu taka. Hin Norðurlöndin, Frakkland, Þýskaland og Bretland, eru flest með nokkrar stofnanir sem sinna þessu hlutverki á sviði Fjórðu iðnbyltingarinnar. Hér á landi er aðeins ein: Vítvélastofnun Íslands hefur, síðan 2009, stundað hagnýtar grunnrannsóknir að hætti þessara stofnana erlendis, og hefur nú safnað reynslu á rúmum áratug í hvernig megi framkvæma slíkt. Engin ofantaldra stofnana hefur, hins vegar, starfað án stuðnings hins opinbera. Það er vegna þess að annars er ekki hægt að tryggja nægilegan stöðugleika starfseminnar. Engar ástæður eru til að ætla að hægt sé að gera það eitthvað frekar hér.

Hvaða gildi á íslenskt samfélag að hafa að leiðarljósi við innleiðingu nýrrar tækni gervigreindar? Að frátöldu því sem ofan er nefnt er Norrænt velferðarsamfélag, þ.m.t. Ísland, almennt séð vel í stakk búið til að nýta sér hátækni Fjórðu iðnbyltingarinnar án mikilla tilfærslna eða breytinga á lagaumhverfi, löggæslu, persónuvernd, tryggingarkerfi,



eða öðrum þáttum velferðarríkisins.<sup>8</sup> Sé það gert í ljósi mannréttinda, með jafnrétti að leiðarljósi, og raunhæf markmið um aukna velferð og hagsæld, ætti að vera hægt að njóta góðs af þessari tækni. Nýting opinna hugbúnaðarleyfa og lýðræðislegs aðgangs að tækninni minnkar líkur á að tæknin safnist á hendur fárra og þar með minnka einnig líkurnar á misnotkun, misdreifingu auðs sem af henni hlýst, og möguleikar löggæslu til að sporna gegn glæpum aukast.

Á hvaða vettvangi ætti Ísland að ræða og leysa álitamál sem upp munu koma varðandi innleiðingu og notkun nýrrar gervigreindartækni? Ekki er hægt að gefa alhliða og eitt svar við þessari spurningu; svarið fer eftir því hvaða tækni á í hlut, til hvers er verið að beita henni, hverjar aðstæðurnar eru og hverjar hliðarverkanirnar gætu verið. Hvort eigi að fara til dómsstóla landsins þegar álitamál koma upp við innleiðingu nýrrar gervigreindartækni, Alþjóðadómstólsins í Haag, stofna til umræðu á Alþingi, eða láta blaðaumfjöllun duga, gæti verið ólíkt hverju sinni. Í það minnsta krefst svarið þekkingar á tækninni sem um ræðir, aðstæðum, og Íslenskri menningu. Góð staðbundin þekking á gervigreind er því grundvöllur uppbyggingar heildrænnar þekkingar innanlands á séríslenskum málum á þessu sviði, og meðferð álitamála.

## NEIKVÆÐ ÁHRIF GERVIGREINDARTÆKNI

Nýrri tækni og hröðum breytingum fylgja oft óæskileg, ófyrirséð og neikvæð áhrif. Ástæða er að líta í sem flest horn þegar sjálfvirknivæðing með gervigreind er annars vegar; nú þegar hefur lýðræði verið ógnað með tækninni<sup>9</sup> og ýmsar blíkur eru á lofti um að gervigreind muni breyta þjóðfélögum og starfsviðum í nánustu framtíð.

Helstu neikvæðu áhrif sjálfvirknivæðingar með gervigreind tengjast eftirfarandi sviðum, og Íslendingar ættu að veita þeim sérstaka athygli (í handahófskenndri röð):

- a. Friðhelgi einkalífsins, njósnum, og persónugögnum.
- b. Skipulagðri glæpastarfsemi og hátækniglæpum.
- c. Tölvuöryggi - mikilvægt þegar flest gögn þjóðfélags eru tölvutæk.
- d. Lýðræði.

---

<sup>8</sup> Sjá t.d. Þorsteinsson, H., G. Jónsson, R. H. Magnúsdóttir, L. D. Jónsdóttir og K. R. Þórisson (2019). *Ísland og fjórða iðnbýltingin*. Sjónarráð Íslands, Forsætisráðuneytið.

<sup>9</sup> Carole Cadwalladr og Emma Graham-Harrison (2018). *Revealed: 50 million Facebook profiles harvested for Cambridge Analytica in major data breach*. The Guardian, 17. mars, 2018.

- e. Frjálsri og óháðri upplýsingaveitu.
- f. Breytingum á atvinnumarkaði.
- g. Stöðugleika hagkerfisins - m.a. vegna gjaldmiðla, breytinga á atvinnumarkaði.
- h. Misdreifing arðsemi vegna hagkvæmni sjálfvirknivæðingar og ójöfnuður tekna.
- i. Sjálfvirk vopn og vígbúnaðarkapphlaup.
- j. Samlegðaráhrif tveggja – og fleiri – þátta hér að ofan.

Allt eru þetta mál sem Ísland getur tekið, og ætti að taka, áhrifaríka og afgerandi afstöðu til. Of langt mál væri að fara nákvæmlega í hvern þátt hér, enda krefðist slíkt djúprar sérþekkingar og greiningar á sviðunum sem talin eru upp jafnt svo og sjálfvirknitækninni sem hættu er á að verði misbeitt—og samráðs og samræðna sérfræðinga á þeim sviðum. Sérfræðinga á öllum ofantöldum sviðum má finna nú þegar á Íslandi, flestir styrktir af ríki og/eða sveitarfélögum—t.d. Lögreglan, Persónuvernd, Landhelgisgæslan, Hagstofan, Seðlabankinn, og Stjórnarráðið. En þá *skortir sérþekkingu á gervigreind*. Stofnun „gervigreindarsérsveitar” eða -deildar á öllum þessum stofnunum er ólíkleg, enda yrði hver þeirra að telja a.m.k. fimm til sjö manns til að ná utanum öll undirsvið gervigreindartækninnar. Það er auðvitað æskilegt að allar þessar stofnanir hafi fólk sem sé vel að sér í beitingu gervigreindar á sínum sviðum, en þar sem sérfræðingarnir sem þar störfuðu myndu aldrei hafa gervigreind sem *aðalstarf*, og þekking þeirra á mögulegri beitingu (og misbeitingu) nýjustu gervigreindartækninnar því ekki eins breið og þeirra sem stunda gervigreindarrannsóknir og þróun á hverjum degi í fjölbreyttum tilgangi, undirstrikar þetta þörfina á Íslenskri rannsóknarstofnun í hagnýtri gervigreind og tengdri tækni sem tengir ólík svið, atvinnugreinar og markaði.

## HVAÐ ÞARF AÐ GERA?

Mælt er með að viðbrögð íslenskrar ríkisstjórnar við gervigreind og Fjórðu iðnbyltingunni, á næstu mánuðum og árum, feli í sér beinan fjárstuðning við eftirfarandi:

1. Staðbundna og stöðuga þekkingu á tækni Fjórðu iðnbyltingarinnar. Driffjöður Fjórðu iðnbyltingarinnar er gervigreind; án staðbundinnar þekkingar eiga fyrirtæki mun minni möguleika á að verða sér úti um áreiðanlega þekkingu og ráðgjöf; slíkt myndi bitna á frumkvöðlastarfsemi, ungsprotum, og tækifærum nýnema á praktískri þjálfun, en einnig á möguleikum fyrirtækja og stofnana að nýta sér nýjustu tækni og gera áætlanir og tæknistefnu lengra en tvö til þrjú ár fram í tímann. Stöðugleiki næst

með skuldbindingu til slíks stuðnings til áratugar eða lengur. Ef Reykjavík og Akureyri geta orðið „snjallborgir” getur Ísland allt orðið „snjallland.”

2. Bóknám jafnt sem verknámsþjálfun í gervigreind og tækni tengda henni. Gervigreind er hluti af „fremstu víglínu” upplýsingatæknisviðsins, sem er örast vaxandi atvinnu- og iðngrein í heimi, og byggir að miklu leyti á aðferðum og tækni hugbúnaðargerðar. Þess vegna er mikilvægt að styðja við hátæknimenntun í hugbúnaði og tölvunarfræði almennt. Hins vegar hefur gervigreindarsviðið séreinkenni sem erfitt að verða sér úti um menntun í án sértæks og fjölbreytts gervigreindarnáms. Ekki er nóg að mennta almenning í grundvallaratriðum gervigreindar, þó það sé í sjálfu sér ágætt átak—en er öllu er á botninn hvolt er mun mikilvægara að kenna grundvallaratriði tölvunarfræði og hugbúnaðargerð í grunnskólum en að veita fullorðnum kynningarnámskeið í gervigreind: Dýptin er mikilvægari en breiddin, því ef hún er ekki til staðar hefur hún ekki næga kjölfestu.<sup>10</sup>
3. Sérhannaða brú milli hagnýtrar hugbúnaðarþróunar annars vegar, og grunnrannsókna í gervigreind hins vegar. Huga þarf sérstaklega að tækniyfirfærslu, þ.e. að mynda samfellu í þekkingu á öllum stigum gervigreindar, frá grunnrannsóknum til beinnar hagnýtingar, með sjóndeildarhring til a.m.k. tveggja áratuga. Rannsóknir og þróun eru ekki spretthlaup heldur langhlaup. Ekki nægir að stofna til klasa—gervigreind gengur þvert á alla klasa. Hún krefst jafnframt hagnýtrar sérþekkingar á smíði kerfa sem aðeins er hægt að tryggja með smíði slíkra kerfa.
4. Forsamkeppnislegar rannsóknir og þróun. Gervigreindarhugbúnaður krefst töluverðrar aðlögunar og jafnvel sérsmíðaðs umhverfis. Þróun gervigreindarkerfa, og innleiðing nýs gervigrhugbúnaðar í verkefni og verkferla fyrirtækja, verður ekki gerð án sérþekkingar og ríkrar reynslu í tækninni. Gervigreindarsetur HR, stofnað 2005, hefur veitt hundruðum nemenda reynslu í grunnrannsóknum, sem hluti af sumarverkefnum, lokaverkefnum, og námskeiðum. Vitvélastofnun Íslands ses, stofnuð 2009, hefur sýnt að eftirspurn eftir sérþekkingu í hagnýtri þróun og innleiðingu sérsniðinna gervigreindarlausna er mikil og fer sífellt vaxandi. Hvergi á Íslandi finnst meiri þekking á sviði gervigreindar og sjálfvirknivæðingar en í þessum tveimur setrum. Samstarf þeirra, og tengingu þeirra við atvinnulífið og aðra háskóla, þarf að efla með beinum fjármagnsstuðningi. Sjálfseignarformið hentar vel í þessum tilgangi; hin 1000-manna DFKI stofnun í Þýskalandi t.d., sem starfar með fjölda einkafyrirtækja og fimm háskólum, er rekin á þeim forsendum.

---

<sup>10</sup> Að því gefnu að næg staðbundin þekking fyrirfinnist í gervigreindartækninni innan háskóla mætti einnig auka fjölbreytileika til náms, t.d. með því að bjóða uppá samsettar gráður þar sem gervigreind er í hvoru hlutverkinu sem er, aðalfag eða aukafag.



5. Hagnýtar grunnrannsóknir og tækniyfirfærslu milli atvinnugreina og markaða. Yfirfærsla sjálfvirknivæðingar milli atvinnugreina, markaða og starfssviða gerist ekki að sjálfu sér. Háskólar og atvinnuvegurinn getur komið að því aðeins að mjög litlu leyti, og alls ekki skipulega. Nágrannalönd okkar hafa öll tekið skref í að setja á laggirnar ríkisstyrktar stofnanir sem hafa þetta eitt af sínum meginmarkmiðum.
6. Háttæknilöggæslu á Íslandi. Tæknivæða þarf íslenska lögreglu, og styrkja stöðu hennar í meðhöndlun hátækniglæpa. Enn og aftur, staðbundin, miðlæg og þverfagleg þekking á nýjustu gervigreindinni er nauðsynleg til að ná þessu markmiði.
7. Alþjóðlegar aðgerðir gegn gervigreindarvæðingu sjálfvirkra vopna. Íslendingar eru í sérstöðu til að taka frumkvæði og setja fordæmi í því að sporna við nýju alþjóðlegu vopnakaþlaupi með gervigreindum drápsvélum.



## TILVITNANIR OG ÍTAREFNI

Carole Cadwalladr og Emma Graham-Harrison (2018). Revealed: 50 million Facebook profiles harvested for Cambridge Analytica in major data breach. *The Guardian*, 17. mars, 2018.

EARTO (2014). The TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool, EARTO Recommendations. Sjá

[https://www.earto.eu/wp-content/uploads/The\\_TRL\\_Scale\\_as\\_a\\_R\\_I\\_Policy\\_Tool\\_-\\_EARTO\\_Recommendations\\_-\\_Final.pdf](https://www.earto.eu/wp-content/uploads/The_TRL_Scale_as_a_R_I_Policy_Tool_-_EARTO_Recommendations_-_Final.pdf), sótt 12. mars 2021 - sótt 15. mars 2021.

Legg, S. and M. Hutter (2007). A collection of definitions of intelligence. In B. Goertzel, P. Wang (Eds.), *Advances in Artificial General Intelligence: Concepts, Architectures and Algorithms—Proceedings of the AGI Workshop, Amsterdam IOS (2007)*, 17-24.

Þorsteinsson, H., G. Jónsson, R. H. Magnúsdóttir, L. D. Jónsdóttir og K. R. Þórisson (2019). Ísland og fjórða iðnbyltingin. Sjónarráð Íslands, Forsætisráðuneytið.

Þórisson, K. R. (2020). Discretionarily Constrained Adaptation Under Insufficient Knowledge & Resources. *Part I: Introductory Commentary, Special Issue: On Defining Artificial Intelligence, Journal of Artificial General Intelligence*, 11(2):7-12.

Wang, P. (2020). On defining artificial intelligence. *Journal of Artificial General Intelligence*, 11(2):73–86.

Wang, P. (2006). *Rigid flexibility - the logic of intelligence*. New York: Springer Science & Business Media.