



Human Factors en intelligente machines

Hoe ons werk verandert door steeds slimmere apparaten

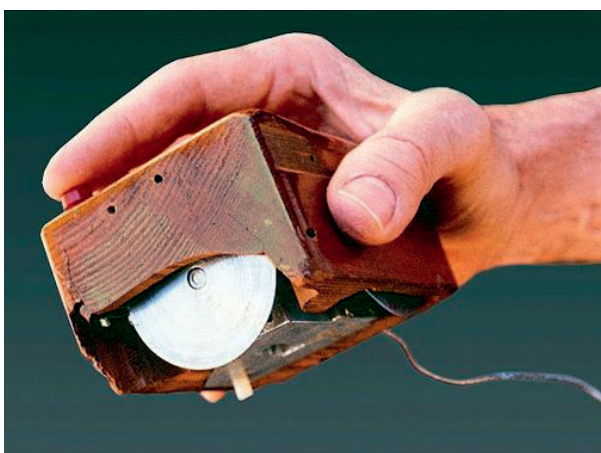
De intelligentie van apparaten in onze omgeving wordt snel krachtiger en goedkoper. Dit artikel presenteert de stand van automatisering in 1975, 1995, 2015 en een grove schatting voor 2035. Goedkopere en betere intelligentie brengen nieuwe ontwikkelingen met zich. Ook zijn er grote commerciële belangen ontstaan door de publieke verspreiding van intelligente machines (smart devices), met als gevolg meer investeringen in de ergonomie van die apparaten en sterke (de-facto) standaards voor interactiepatronen. Deze ontwikkelingen hebben het werk van de Human Factors-consultant vernieuwd en verschoven.

Erik Mulder

Leeftijd en digitalisering

Alvorens in te gaan op de effecten van intelligente machines, staan we eerst even stil bij een globale schets van informatie-technische ontwikkelingen. Daarbij is het interessant te kijken naar de stand van de techniek die mensen in hun jeugd vanzelfsprekend vonden (zie tabel 1 op de volgende pagina).

Tabel 1 maakt aannemelijk dat de houding van gebruikers ten opzichte van automatisering deels af zal hangen van hun leeftijd.



Afbeelding 1. De eerste muis van Douglas Engelbart, Stanford, 1968. Zien we hier ook al de eerste sporen van TRA (Technology Related Anger)?

Intelligentie in de communicatie tussen mens en machine

In 1975 zijn programmeurs vrijwel de enige directe gebruikers van computers. Zij communiceren met computers in codes en programmeertalen. De media voor invoer zijn ponsmachines en terminal-toetsenborden; voor uitvoer dienen beeldschermen en 'eindeloos' kettingpapier. De eindgebruikers communiceren indirect met de computers door opdrachten te geven aan programmeurs en de resultaten te ontvangen in de vorm van papieren uitdraaien. Kortom, papier is het belangrijkste interface tussen eindgebruiker en machine. In 1975 is er nog een sterke scheiding tussen secretariaal werk en inhoudelijk werk.

Opmerkelijk: de eerste experimentele muis (afbeelding 1) is al in 1968 gemaakt door pionier Douglas Engelbart. Commercieel begint de muis op heel bescheiden schaal in 1983 met de Apple Lisa. Tussendoor is dan in 1979 een killerapp ontwikkeld die de PC uit de hobby sfeer weet te trekken: Visicalc, de eerste spreadsheet waarmee ook een niet-technicus zijn apparaat zinvol kon laten rekenen (zie afbeelding 2).

In 1995 is het gewoon dat eindgebruikers direct de computer gebruiken. De grafische interface (aanwijzen en klikken met muis) is aan een opmars bezig, maar een deel van de opdrachten wordt nog alfanumeriek

Tabel 1. Welke techniek vind je normaal in het decennium van je jeugd?

1900	Energiedistributie en kleinschalige bewegingsenergie wordt gemakkelijker met elektriciteit.
1910	Grote bedrijven en rijke particulieren beginnen met telefoon.
1920	Eerste openbare radio-uitzendingen. Mijn, toch echt wel ruimdenkende, opa zegt in 1925 tegen mijn 10-jarige moeder: 'Marietje, je moet deze jaren goed opletten, want zoveel als er nu verandert, dat komt niet weer.'
1930	Elektrische energie, licht en krachtopwekking is gemeengoed. Eerste experimentele televisie-uitzendingen.
1940	Tweede Wereldoorlog is een katalysator voor techniek en ergonomie.
1950	Mensen raken gewend aan diverse elektrische apparaten die o.a. 'geautomatiseerd' kunnen zijn met een thermostaat.
1960	Eenvoudige automatisering, vaak gebaseerd op mechanica, tijd klokken, relais en luchtdruk(pneumatiek); zoals een automatische wasmachine.
1970	1970 wordt vaak aangeduid als de digitale scheidslijn van generaties. Mensen die na 1970 zijn geboren groeien op met digitale technieken in hun omgeving.
1980	Computers worden persoonlijk gebruikt. Digitale informatieverwerking en aansturing zit verstopt in diverse apparatuur, zoals magnetrons en videorecorders.
1990	Mensen van na 1990 zijn vanzelfsprekend online.
2000	Mensen van na 2000 gaan ervan uit dat apparaten zelf beslissingen nemen en invloed uitoefenen.

ingevoerd. Op kantoren wordt veel seriewerk verricht. Voor dataverwerking is het stereotype beeld: twee stapels papier 'te doen' en 'gereed', met daartussen een medewerker (vaker een -ster), toetsenbord, muis en beeldscherm. Papier speelt dus nog een grote rol, maar is niet meer essentieel in de communicatie met de computer. De eerste grote internetorganisaties ontstaan. RSI grijpt om zich heen.

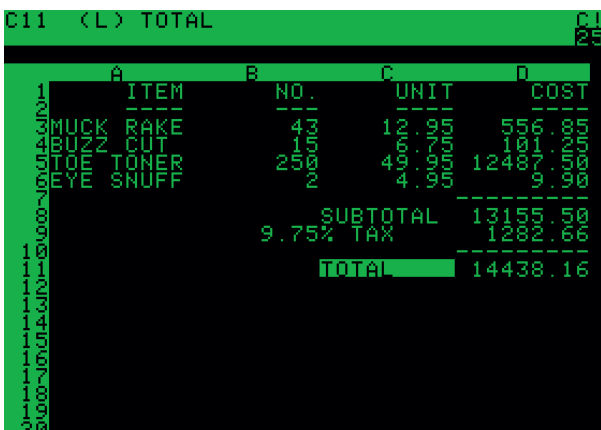
In 2015 zijn smart devices gemeengoed, ze kenmerken zich door draagbaarheid en zijn daarom alom aanwezig. De devices zijn niet alleen smart van 'binnen', maar ook in hun communicatie; die verloopt redelijk gemakkelijk. Welk device een persoon gebruikt, hangt inmiddels minder af van zijn opleiding, maar eerder van het budget en de leeftijd. De digitale scheiding zoals genoemd in tabel 1 is niet scherp, maar het gebruiksgemak en de leercurve zijn wel afhankelijk van de leeftijd. Omdat het interface soepeler is, wordt het ook minder merkbaar voor de gebruiker. Over een tablet schrijven

gaat bijvoorbeeld veel ongemerkter dan met een muis een scroll-bar bewegen op een desktopscherm. Een ander voorbeeld: bijna ieder van ons heeft in 2015 een telefoon in zijn zak en kan op het microfoonicoontje drukken van het Google-zoekveld om te vragen 'Hoeveel is vier euro gedeeld door 25?' of 'Wat is ergonomie?' De antwoorden op die vragen vergen niet zoveel hogere goochelkunsten. Het bijzondere is dat zelfs de goedkoopste smartphone dit kan zonder spraaktraining. Interfaces krijgen ook intuïtievormen zoals *Virtual Reality* (eigen beeld en geluid) en *Augmented Reality* (beeld en geluid toegevoegd aan de werkelijkheid).

Voorspellen hoe het er over tien jaar uitziet is lastig. Wel is duidelijk dat de trends door zullen zetten: een 'ongemerkter' interface door bescheidener fysieke vormen en intelligentere interpretatie van onze invoer. Een aantal interfaces die nu nog bijzonder zijn, zullen dan gemeengoed zijn. Denk aan interfaces geïntegreerd in je mouw, in je lichaam (RFID-chips) of aan je vingers. We geven input via beweging, stem, camerabeeld, tast en door (onbewust) gedrag zonder dat specifiek te richten op devices. Uitvoer van devices kan eveneens geluid, beeld, beweging en haptisch zijn.

Mens en machine, model van Rasmussen

Rasmussen (1983) beschreef een veel gebruikt model voor 'Human decision making in complex systems'. Dit artikel gaat daar niet diep op in, dat deden veel anderen al en bovendien zijn er sinds 1983 veel bruikbaarere modellen opgesteld als het gaat om de beschrijving van systemen met mensen en intelligente machines (o.a. Endsley, 2016). Voor dit artikel zijn de drie niveaus in het model van Rasmussen zeer bruikbaar om de samenwerking met intelligente automatisering simpel te duiden. Het model is weergegeven in afbeelding 3 met het originele bijchrift van Rasmussen.



Afbeelding 2. Scherm met Visicalc spreadsheet, 24 regels met 40 vaste posities. Kleine letters zijn er nog niet; de lettermatrix telt 5x7 beeldpunten.

Themanummer: De menselijke factor in de digitale wereld

Het model wordt vaak uitgelegd aan de hand van rijden door een ervaren automobilist.

Skill-based behaviour, routine, zorgt ervoor dat de automobilist de rijbaan volgt. Ook als de weg een bocht maakt, zal een ervaren automobilist onbewust het stuur draaien om de bocht te volgen.

Rule-based behaviour, regels selecteren. Afhankelijk van de actuele situatie worden bekende, parate, regels gekozen voor het inhalen van een auto of om een kruising over te steken. Dit vergt enige aandacht van de mens.

Knowledge-based behaviour, bewust probleemoplossend, bijvoorbeeld als de automobilist noodgedwongen een nieuwe route moet plannen.

De mens kiest voor acteren op een zo laag mogelijk niveau, waardoor er nog aandacht en capaciteit over blijft om naar de autoradio te luisteren. Dus als het kan hanteren we onbewuste routines (skill). Pas als dat niet meer werkt, zoals bij een langzame auto voor je, kiezen we regels (rule) om de ongewenste situatie het hoofd (hersens) te bieden. Als er een flinke file wordt aangekondigd op de route, dan zal het kiezen van een standaardregel niet helpen en is brede kennis (knowledge) nodig om een zo slim mogelijke keuze te maken. Daarbij is ook doelstellende invoer nodig, bijvoorbeeld om af te wegen of het nog wel de moeite waard is als de filevertraging op kan lopen tot een uur.

Gaat u vooral zelf even oefenen met het model.

Vraag: Wat is de invloed van een 'TomTom' op de rijtaak: verandert het mentale chauffeursgedrag van niveau?

Antwoord: Het navigatiesysteem is vooral actief op het rule-based niveau van de chauffeur. Slimme systemen zullen ook actief zijn met *knowledge* als het gaat om het vertalen van file-informatie naar een nieuwe voorkeursroute. De chauffeur kan daarom langer blijven hangen in *skills*; hij laat zich leiden door de *rules* van 'TomTom'.

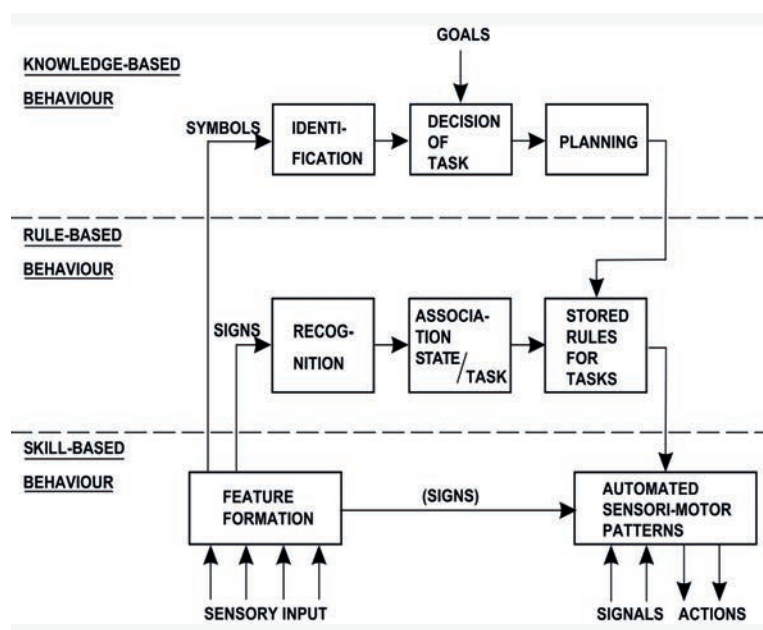
Belangrijke conclusie: Het is dus niet zo dat intelligente machines in eerste instantie op het laagste niveau actief zijn. En bijgevolg is het ook niet zo dat mensen altijd op een hoger niveau actief zijn dan automatisering.

Het is wel zo, dat als automatisering niet toereikend is voor een actueel probleem, de menselijke gebruiker de escalatie naar het hogere niveau voor zijn rekening zou moeten nemen. *Zou*, want het komt helaas geregeld voor dat onverwachte problemen de menselijke gebruiker overvallen, waarbij de mens niet voldoende snel kan achterhalen waarom de machinale intelligentie niet toereikend was.

Nog twee vragen om te oefenen met het model:

1. Hoe kun je het verschil duiden tussen een expertchauffeur die elke dag dezelfde woon-werk-route rijdt en iemand die zijn rijbewijs nog moet halen?

Antwoord: De forens rijdt de hele rit grotendeels skill-



Afbeelding 3. Simplified illustration of three levels of performance of skilled human operators. Note that the levels are not alternatives, but interact in a way that is only rudimentary represented in the diagram (naar Rasmussen, © 1983 by IEEE).

based, ook als er een file staat waar wij als buitenstaander ons hoofd over zouden breken. Een beginner escaleert al naar rule-based bij het bedienen van de versnelling: gas terug, koppeling in, op tast de pook zoeken, enzovoort.

2. Werkt een 'TomTom' intern ook rule-based?

Antwoord: Nee, de 'TomTom' is intern een en al routine (skill); een beperkte expert in één kunstje. En dan nu de serieuze NEE: Rasmussens model is zeer behulpzaam voor het beschrijven van mentale informatieverwerking bij mensen en heeft een accent op de bewuste aandacht die nodig is op elk niveau: niets, kort, veel. Maar het model is zinloos voor de interne werking van machines. Machines doen niet aan mentale belasting, aandacht, *situational awareness* of andere mentale fenomenen.

Het belang van het model voor dit artikel is dat het helpt om machinale intelligentie een plaats te geven ten opzicht van menselijke mentale inspanning. Met dat in ons achterhoofd bekijken we hierna de ontwikkelingen op het gebied van automatisering in een paar toepassingsgebieden.

Een schets van intelligente automatisering in enkele domeinen

De trein in 1975 werd rechtstreeks bestuurd door de machinist, onder andere op basis van seinen. Wissels worden individueel en lokaal aangestuurd. ATB (Automatische TreinBeïnvloeding) werkt op veel geëlektrificeerde baanvakken om de gevolgen van menselijk falen te beperken. In 1995 is er meer beslissondersteuning voor verkeersleiding. En in plaats van individuele wissels, worden rijwegen aangestuurd.

In 2015 is ERTMS (European Rail Traffic Management System) aanwezig op enkele nieuwere verbindingen zoals HSL en Betuwelijn. Het gaat daarbij niet alleen om Europese consistentie, de trein aansturen gaat ook meer lijken op 'managen'. Deutsche Bahn zegt in 2023 volautomatisch te willen rijden. In 2035 verwachten we op veel lijnen volautomatisch te kunnen rijden. Het mensenwerk is dan gericht op plannen en optimaliseren van capaciteit en efficiëntie.

Containers in havens en op de weg worden in 1975 nog individueel vervoerd door kraanmachinisten en chauffeurs. In 1995 zijn kraanbewegingen geautomatiseerd. In 2015 rijden robots zelfstandig op containerparken. Het mensenwerk is dan opdrachtverstrekking en bewaking vanuit een centrale ruimte. Voor 2035 verwachten we dat containers zelfstandig hun eigen route zoeken door een grotendeels geautomatiseerde infrastructuur. Althans zo lijkt het dan van de buitenkant, in werkelijkheid zit het gros van de intelligentie verweven in de infrastructuur en zijn de containers slechts een 'nummer'. Ik verwacht nog wel menselijke chauffeurs op een deel van die route.

In de procesindustrie wordt in 1975 pneumatiek (regelaars op basis van luchtdruk) steeds meer vervangen door eenvoudige digitale techniek. Operators grijpen vooral in door het verstellen parameters voor afzonderlijke regellussen. In 1995 worden die afzonderlijke regellussen aangestuurd door hogere automatisering. Operators grijpen vooral in op het niveau van receptuur, efficiëntie en starts en stops. In 2015 wordt receptuur automatisch uitgevoerd op basis van opdrachten die direct vanuit planning in het besturingssysteem komen. De operator bewaakt en beslist over de inzet van productielijnen. In 2035 zullen veel productieprocessen zo zelfcorrigerend zijn, dat operators eigenlijk beter zijn te betitelen als managers. Ze beslissen dan namelijk meer over wel of niet produceren dan over hoe te produceren.

Op het gebied van taal is informatietechnologie altijd schromelijk overschat. Sinds 1945 horen we voortdurend: 'over 10 jaar vertalen we automatisch', een gevalletje van *mañana mañana* (om maar eens wat idioom te noemen waar machines over struikelen). Inmiddels zijn er wel indrukwekkende resultaten, zoals hagelslag halen in Hongarije waarbij je tegen je telefoon praat die vervolgens Hongaars uitspreekt richting winkelier. Machinaal liplezen overtreft met glans professionele menselijke liplezers (Assael, 2016). Vooralsnog zitten machinale vertalingen in 2016 nog vol fouten. Maar het is wel zover dat live ondertiteling van gesproken woord al behulpzaam is. Zelf heb ik wat moeite met gesproken woord als meer mensen tegelijk praten. Daarom kijk ik uit naar 2035, ik verwacht dan een gemakkelijk apparaat dat vergaderingen live ondertitelt, zodat ik meer tijd heb om mij op de inhoud

te concentreren in plaats van op het verstaan. Dat moet dan natuurlijk wel met *Augmented Reality* zodat ik mensen aan kan kijken terwijl de ondertiteling in mijn zichtveld verschijnt.

Mens en intelligente machine

Het samenwerken met intelligente machines kan al snel leiden tot misverstanden. Terzijde: Onderzoekscommissies bij ongevallen betitelen dat meestal als 'menselijke fout'; het neutralere 'misverstand' schijnt alleen van toepassing te zijn als mensen onderling communiceren.

Zelfs de 'intelligentie' van een simpele thermostaat leidde in de jaren zestig nog gemakkelijk tot een misverstand: namelijk de neiging om de verwarming dicht te draaien als het te warm werd. Er is veel ervaring en onderzoek op het vlak van samenwerking tussen mens en intelligente machine. Luchtvaart en defensie zijn voorbeelden van domeinen die hierin voorop lopen. De komende jaren hebben we behoefte aan 'cross-industry'-initiatieven om deze expertise te exploiteren in andere domeinen, zoals dat nu ook gebeurt bij het ontwerp van zelfrijdende auto's. Richtlijnen voor het ontwerpen van systemen met mensen en intelligente machines zijn onder andere te vinden in Endsly (2016).

De trends vertaald naar werk voor ergonomen

Omdat machines intelligenter worden, kan de communicatie ermee soepeler verlopen. Het interface is zowel inhoudelijk als fysiek minder nadrukkelijk aanwezig. Ons ergonomenaandeel in het detailontwerp voor de eindgebruiker vermindert daardoor.

Ons aandeel in detailontwerp vermindert ook omdat de kwaliteit van 'interfaces kant-en-klaar uit de fabriek' enorm is toegenomen. Ons vak werd succesvol; de erkenning van de noodzaak voor ergonomische expertise is volop doorgedrongen bij omvangrijke beroepsgroepen die bezig zijn met het versoepelen van de mens-machine-communicatie en het 'disappearing interface'. Deze beroepsgroepen, met expertise op de disciplines van ergonomie, zijn flink aan de slag op universiteiten en bij ICT-bedrijven als Amazon, Apple, Google en Samsung. Een neveneffect is dat ICT-interactie in de privésfeer mede bepalend wordt voor interactieontwerp in de werksfeer; consistentie is essentieel.

De constante factor is dat vernieuwing om zich heen blijft grijpen en dat is goed voor ons. De ergonoom is voortdurend nodig om de Human Factor een goede plaats te geven in geautomatiseerde systemen. We houden ons minder bezig met details als lettertypen en overbodige franje op beeldschermen, maar kunnen ons des te meer blijven bemoeien met belangwekkende vraagstukken in deze vernieuwing. De kern daarvan is

nog steeds de taakverdeling tussen mens en machine. Door machinale intelligentie veranderde voor veel mensen de taak van uitvoerend medewerker naar meewerkend leidinggevende (van de machine) en die verschuiving zal nog verder gaan richting manager. Althans in sectoren waarin informatie een grote rol speelt; in bijvoorbeeld de uitvoerende zorg ligt dat duidelijk anders.

Een goed ontwerp van de menstaak en de machine is nog steeds nodig om te voorkomen dat die menstaak een verzameling restwerk is dat te duur was om te automatiseren; of om te voorkomen dat de mens overvallen wordt door onverwacht gedrag van de machine. De mens, niet noodzakelijkerwijs iedereen op de werkvloer, moet het hoogste woord hebben in geautomatiseerde systemen, niet geheel toevallig ook het hoogste woord in het model van Rasmussen (afbeelding 3): *GOALS*.

Naast de taakallocatie blijven ook de gebruikelijke ergonomische activiteiten nodig: analyse van beoogde systeemtaken (systeem = mensen + machines + afspraken), programma van eisen opstellen, analyse van mentale belasting, veiligheid, bedrijfszekerheid en *human error*, begeleiding bij selecteren van geautomatiseerde systemen en leveranciers, integraal ontwerp van werkruimte inclusief interacties tussen mensen onderling en met displays en bedieningsmogelijkheden, evaluatie van systeempowerformance.

Ons werk is nog niet geautomatiseerd.

Referenties

Assael, Y.M., Shillingford, B., Whiteson, S. & de Freitas, N. (2016). Lipnet: End-to-End Sentence-level Lipreading. Cornell University, Ithaca, New York eprint arXiv:1611.01599. <https://arxiv.org/abs/1611.01599v2>.

Endsley, M.R. (2016). From here to Autonomy: Lessons Learned From Human-Automation Research. *Human Factors*, Vol. 59, No. 1, February 2017, 5–27.

Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 13, 257–266.

Samenvatting

De intelligentie van apparaten in onze omgeving wordt snel krachtiger en goedkoper. Dit artikel presenteert de stand van automatisering in 1975, 1995, 2015 en een grove schatting voor 2035.

Goedkopere en betere intelligentie brengt twee ontwikkelingen: 1. Communicatie tussen apparaten en mensen verloopt gemakkelijker en wordt daardoor minder opgemerkt (*disappearing interface*). 2. Apparaten kunnen meer beslissingen zelfstandig nemen; het befaamde beslismodel van Rasmussen is nuttig om de invloed hiervan te beschrijven. Een derde ontwikkeling is dat er grote commerciële belangen zijn

ontstaan door de publieke verspreiding van intelligente machines (o.a. *smart devices*). Het gevolg is dat er ook veel geïnvesteerd is in de ergonomie van die apparaten en dat er sterke (de-facto) standaards zijn ontstaan voor interactiepatronen.

Deze drie ontwikkelingen hebben het werk van de Human Factors consultant vernieuwd en verschoven. Interfaces zijn minder nadrukkelijk aanwezig en toegenomen in kwaliteit. Er is wel een voortdurende behoefte aan HF-expertise voor het analyseren en ontwerpen van innovatieve taakverdelingen tussen mensen en intelligente machines. Op het gebied van veiligheid en samenwerking tussen mensen en machines (cobots) kunnen we onder andere leren van de luchtvaart, waar al een langere traditie is van Human Factors expertise in relatie tot intelligente automatisering.

Over de auteurs



ir. E.H.W.B. Mulder
Consultant / Ergonoom, ErgoS Human
Factors Engineering, Enschede
erik.mulder@ergos.nl