

AI in het onderwijs

Inge Molenaar & Johan Jeuring

.....

Onderwijs is overal. Iedere Nederlander ouder dan vier jaar neemt er aan deel of heeft eraan deelgenomen. Het funderend onderwijs vindt plaats in scholen, met klassen waarin een docent instructie geeft en/of leerlingen helpt bij hun leerproces. Dit globale beeld is al eeuwenlang niet veranderd. Wat wel veranderd is, zijn de middelen waarmee het onderwijs verzorgd en ondersteund wordt. Leerlingen hebben nog steeds boeken en schriftjes, maar bij veel instructie en oefeningen gebruikt het onderwijstechnologie zoals filmpjes en ‘slimme’ technologie zoals software om rekensommen mee te oefenen. Deze slimme technologie maakt tegenwoordig vaak gebruik van AI. AI in het onderwijs is een onderzoeksveld dat al meer dan vijftig jaar bestaat, maar zeker de laatste jaren heeft het veld een enorme vlucht genomen. Dit hoofdstuk introduceert AI in het onderwijs, en beschrijft de doelen, de rol, en manieren waarop het gebruikt wordt.

Dit hoofdstuk is gebaseerd op eerder werk van Inge Molenaar (Molenaar, 2022). De oratie van Inge Molenaar geeft een overzicht van meer recente ontwikkelingen (Molenaar, 2024).

De rol van AI in het onderwijs

Het boek waarin dit artikel een bijdrage is beschrijft de rol van AI in heel veel toepassingsdomeinen. In veel van die domeinen, zoals de automobielandustrie en de maakindustrie, is het doel van AI om taken te automatiseren zodat er minder mensen nodig zijn om een taak uit te voeren of om productielijnen flexibeler te maken, wat in het algemeen leidt tot toegenomen productiviteit. De eerste experimenten met AI in het onderwijs volgden deze lijn door intelligente tutoringsystemen te ontwikkelen. Deze systemen kunnen gebruikt worden om iedere leerling een persoonlijke tutor te geven, die daarmee de taken van een docent op onderdelen vervangt. Dit

vervangende perspectief op AI in het onderwijs is geleidelijk aan verschoven naar het vermeerderingsperspectief. Dit perspectief benadrukt de rol van AI om leraren en leerlingen te ondersteunen in het onderwijs en bij het leren. Leren is een fundamentele menselijke activiteit, en hoewel de omstandigheden waaronder een leerling leert veranderen, blijft de betrokkenheid van leraren en medeleerlingen essentieel bij het leren. AI kan mensen ondersteunen door middel van snelle gegevensverzameling, analyse en vertaling naar betekenisvolle inzichten en acties. Door dit toe te passen in onderwijssituaties kan AI het leren en onderwijs verbeteren. Dit vermeerderingsperspectief verschilt sterk van het vervangingsperspectief dat impliciet suggereerde om leraren te vervangen en de begeleiding van leerlingen te optimaliseren met AI.

Het vermeerderingsperspectief sluit goed aan bij het centrale idee van hybride intelligentie, dat gericht is op het onderzoeken en ontwikkelen van intelligente systemen die de competenties van mensen versterken in plaats van vervangen. Mensen en AI worden gezien als gelijkwaardig, en lossen taken samen op. Hybride intelligente systemen zijn gericht op het optimaliseren van de complementaire sterke punten van menselijke intelligentie en AI, zodat zij samen meer voor elkaar krijgen dan afzonderlijk, in een sociaal-technologisch ensemble.

Hybride intelligentie wordt uitgebreid onderzocht, maar er zijn nog tal van uitdagingen bij het ontwerpen en ontwikkelen van dergelijke systemen, zoals: 1) hoe ontwikkelen we AI-systemen die in synergie met mensen werken, 2) hoe leren deze systemen en passen ze zich aan hun omgeving aan, 3) hoe zorgen we voor ethisch en verantwoordelijk gebruik van deze systemen, en 4) hoe kunnen mensen en AI hun kennis van de situatie, doelen en strategieën met elkaar delen en uitleggen? Het ontwikkelen van samenwerkende, adaptieve, verantwoordelijke en verklaarbare hybride intelligente systemen is belangrijk in veel toepassingsgebieden, maar is vooral nuttig voor ons denken over de rol van AI in het onderwijs. De focus op de interactie tussen leerlingen, leraren en AI om leren te optimaliseren, zal centraal staan in de succesvolle toepassing van AI op dit gebied.

Samenvattend introduceren we het vermeerderingsperspectief en het concept van hybride intelligentie om ons denken over AI in het onderwijs te beschrijven. Bij leren zijn AI en menselijke cognitie met elkaar verweven. Het is moeilijk om AI in het onderwijs te scheiden van menselijke cognitie, en het systeem moet worden bekeken, ontwikkeld en onderzocht als een hybride mens-AI-systeem. Dit benadrukt het

unieke karakter van onderwijs als toepassingsgebied van AI waarin mens-AI-samenwerking en visie op een gecombineerde kracht van menselijke en kunstmatige intelligentie essentieel is.

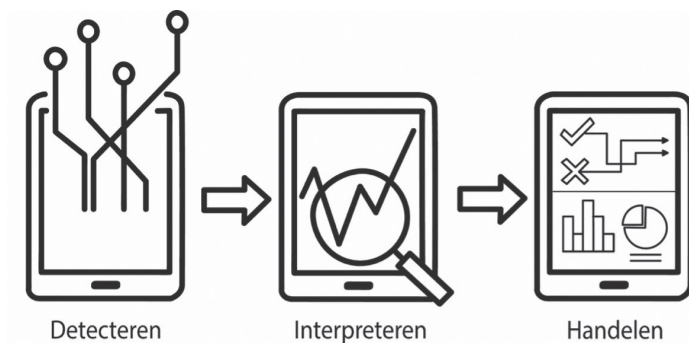
Hybride intelligentie in leertechnologie

Drie kritische elementen hebben bijgedragen aan de recente ontwikkeling van AI in het onderwijs in westerse landen. Ten eerste beschikken vrijwel alle leerlingen over een computer, zowel thuis als in de klas. Ten tweede weten we door onderzoek in *learning analytics* en de onderwijswetenschappen beter hoe data helpen bij het begrijpen van hoe mensen leren. Ten derde beschikken we tegenwoordig over intelligente leertechnologieën voor scholen die gebruikmaken van *learning analytics* en grootschalige AI-technieken. Bovendien is de digitalisering van het onderwijs versneld tijdens de COVID-19-pandemie, gedreven door veel initiatieven om onderwijs thuis te ondersteunen tijdens schoolsluitingen. Tot voor kort richtten de meeste leertechnologieën zich op het aanbieden van leermaterialen, het plannen van onderwijs of het administreren van resultaten. Hoewel deze technologieën geen gebruikmaken van intelligente ondersteuning, vormen ze wel een solide basis voor ontwikkelingen richting intelligentere leertechnologieën.

Computerondersteunde leertechnologieën worden vaak gebruikt om de vaardigheden van individuele leerlingen te remediëren. Intelligente tutoringsystemen optimaliseren leertrajecten van individuele leerlingen. Adaptieve leertechnologieën ondersteunen individuele leerlingen op basis van hun behoeften. Computerondersteunde leertechnologieën, intelligente tutorsystemen en adaptieve leertechnologieën richten zich in het algemeen op interactie met individuele leerlingen. Een nieuw type adaptieve leertechnologieën wordt ontwikkeld in klaslokalen in nauwe samenwerking met leraren. Deze technologieën zijn een eerste stap naar hybride intelligentie met gecombineerde verantwoordelijkheid van het systeem en de leraar. De focus op het verdelen van taken en wederzijdse interactie tussen leraar en adaptieve technologie staat centraal bij de ontwikkeling van deze technologieën. De snelle opmars van deze hybride adaptieve leertechnologieën kan worden verklaard door de meer expliciete rol voor leraren in de toepassingen in het onderwijs. De schatting is dat in Nederland tenminste zestig procent van de leerlingen in het basisonderwijs dagelijks met een dergelijke technologie werkt voor wiskunde, spelling en grammatica.

Detecteren, interpreteren, en handelen

Om de werking van AI in het onderwijs te beschrijven gebruiken we het detecteren-interpreteren-handelen-raamwerk, zie figuur 1. Detecteren staat voor de input voor AI, de data die worden verzameld in het onderwijs. Deze input bepaalt in welke mate AI de context, de leerling en de leraar kan observeren. Leertechnologieën gebruiken doorgaans *keystroke*- en *mouse-events* om het gedrag van leerlingen te analyseren, en de antwoorden van leerlingen om hun huidige kennis te meten.



Figuur 1: Het detecteren-interpreteren-handelen-raamwerk

Anne Horvers & Inge Molenaar, CC BY 4.0

Vervolgens worden de verzamelde data geïnterpreteerd om het huidige niveau van een leerling te bepalen en op de toekomstige ontwikkelingsmogelijkheden te anticiperen. AI gebruikt verschillende algoritmen om een relevant niveau van een leerling te interpreteren. Kennis en vaardigheden van leerlingen in gestructureerde vakken zoals wiskunde en natuurkunde worden gebruikt om een leerlingmodel op te bouwen. Hoewel minder ontwikkeld, wordt er ook vooruitgang geboekt bij het bepalen van de kennis van leerlingen in minder gestructureerde vakken. Voorspellende technieken worden gebruikt om zicht te krijgen op toekomstige ontwikkelingsmogelijkheden, zoals het bepalen hoe succesvol een leerling zou kunnen zijn in een bepaald vak. Naast generieke algoritmen om de kennis van leerlingen te analyseren, worden specifieke algoritmen gebruikt om specifieke vaardigheden te beoordelen, zoals het vermogen om te lezen of schrijven of dyslexie.

De laatste stap is om de interpretatie te vertalen naar betekenisvolle pedagogisch-didactische handelingen die leerlingen en leraren ondersteunen. Deze handelingen worden onderverdeeld in twee typen. Ten eerste handelingen om de gebruiker

(leraar of leerling) te informeren over de interpretatie, waarbij de daadwerkelijke uitvoering van acties aan de leraar of de leerling wordt overgelaten. Meestal worden dashboards gebruikt om deze informatie te communiceren. Hoewel AI hier geen actie onderneemt, kan dashboardinformatie de didactische handelingen van leraren en leeractiviteiten van leerlingen ingrijpend veranderen.

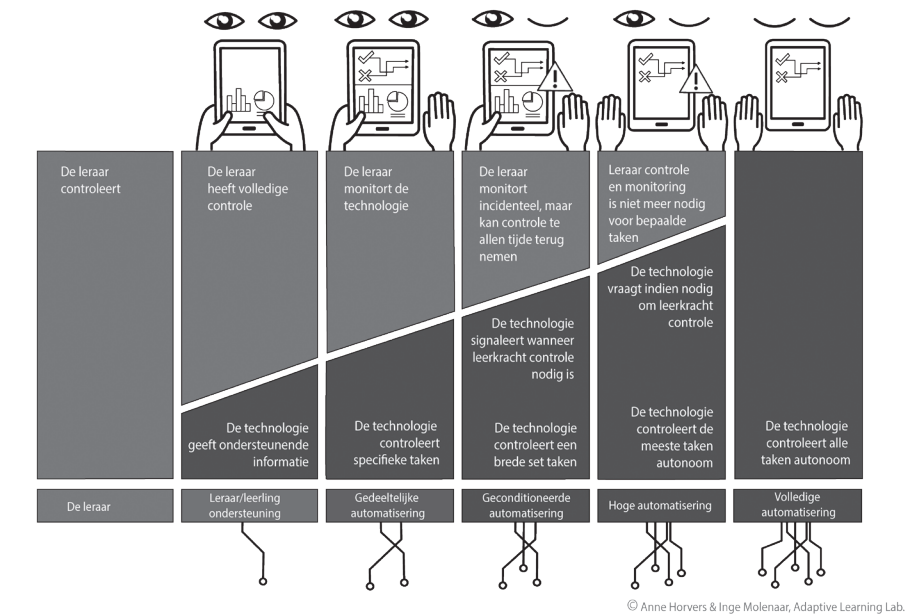
Ten tweede zijn er adaptieve handelingen waarbij de AI activiteiten uitvoert. Er zijn verschillende soorten adaptiviteit, zoals stap-, taak- of curriculumadaptiviteit. Stapadaptiviteit geeft feedback op de handelingen van leerlingen binnen een probleem om hen te helpen bij vervolgstappen die een oplossing dichterbij brengen. Taakadaptiviteit selecteert een volgende taak voor een leerling die past bij de huidige kennis of vaardigheidsontwikkeling van de leerling. Curriculumadaptiviteit bepaalt de leerdoelen of onderwerpen waarin een leerling vooruitgang kan boeken of onderwerpen die een leerling nog niet voldoende beheerst. Momenteel worden deze verschillende vormen van adaptiviteit voornamelijk geïsoleerd gebruikt in leertechnologieën. Meestal zijn leertechnologieën goed in één type adaptiviteit, terwijl docenten vaak om combinaties van verschillende typen adaptiviteit vragen. Het combineren van verschillende vormen van adaptiviteit is dus één van de thema's waar het onderzoeksveld nu naar kijkt. Het detecteren-interpreteren-handelen-raamwerk kan worden gebruikt om de werking van AI in onderwijssituaties te begrijpen. Het is ook nuttig om de beperkingen van de huidige AI te analyseren. Hoewel dit raamwerk nuttig is voor het beschrijven van de werking van AI in onderwijssituaties, helpt het ons niet om de relaties tussen verschillende actoren te begrijpen. Het volgende model dat zes niveaus van automatisering beschrijft helpt om de relaties tussen de actoren helder te krijgen.

Zes niveaus van automatisering in AI in het onderwijs

Het model met zes niveaus van automatisering is geïnspireerd op vergelijkbare modellen uit de automobieliindustrie en het medisch veld. Het helpt bij het analyseren van de rol van AI in het onderwijs en verklaart de relaties tussen de actoren in onderwijssituaties. In dit model wordt de overgang van controle tussen leraar, leerling en technologie op zes verschillende niveaus uitgedrukt. Automatisering betreft hier de monitoring en controle van de AI, en dus niet het automatiseren van specifieke vaardigheden door een leerling, zoals bijvoorbeeld het optellen onder de tien. Waar veel vormen van automatisering neerkomen op het vervangen van taken

die mensen uitvoeren, kan AI in het onderwijs soms meer mogelijkheden bieden dan een leraar, zoals feedback op iedere stap die een leerling zet. Anders dan in andere gebieden is het niet noodzakelijk het doel om een zo hoog mogelijk niveau van automatisering te bereiken: het vermeerderingsperspectief benadrukt juist de gedeelde verantwoordelijkheid tussen leraar en AI.

In het model staat de verdeling van controle tussen leraar, leerling en AI centraal, zie figuur 2. De witte lijn geeft aan op welk niveau de controle overgaat van AI naar de leraar. De invoer van verschillende gegevensstromen wordt onderaan gevisualiseerd. De veronderstelling is dat er steeds meer gegevensstromen nodig zijn om de rol van AI te vergroten. Op het bovenste niveau van het model worden het verwachte niveau van monitoring (ogen) en controle (handen) van de leraar weergegeven voor elk automatiseringsniveau.



Figuur 2: Het model van de zes niveaus van automatisering.
 Anne Horvers & Inge Molenaar, CC-BY 4.0

Vanaf het niveau van geconditioneerde automatisering geeft de waarschuwings-driehoek het cruciale belang aan van AI die communiceert met menselijke actoren. Wederzijds begrip is essentieel voor beide vormen van intelligentie om elkaar te

versterken. Tweedimensionale dashboards zijn de meest gebruikte manier om die interactie vorm te geven. AI informeert de docent of de leerling, maar deze actoren hebben ook waardevolle inzichten en kennis om AI te informeren. Tweerichtingsinteractie tussen AI en leerlingen of docenten is essentieel om het vermeerderingsperspectief op AI in het onderwijs verder te ontwikkelen. Toekomstig onderzoek zal duidelijk moeten maken hoe die tweerichtingsinteractie op een goede manier vorm kan worden gegeven.

Op niveau één van het model controleren leraren (of leerlingen) alle aspecten van het onderwijs. AI wordt voor het eerst geïntroduceerd op niveau twee, waar het de leraar ondersteunende informatie geeft. Op niveau drie helpt AI bijvoorbeeld bij het selecteren van een goede vervolgtak voor een leerling, maar controleert een leraar het onderwijs. Op het volgende niveau neemt AI taken op verschillende niveaus over, bijvoorbeeld bij zowel het oplossen van problemen als het suggereren van passende vervolgtaken. Op niveau vijf wordt bijna de hele ondersteuning van het onderwijs verzorgd door AI, en op niveau zes verzorgt AI alle taken.

Conclusie

De rol van AI in het onderwijs kan allerlei vormen aannemen, maar we zien dat vooral een aanvullende rol, waarin AI een leerling of leraar ondersteunt, tot hybride intelligentie en succesvolle inzet leidt. Om de werking van AI te beschrijven gebruiken we het detecteren-interpreteren-handelen-raamwerk, waarin op abstract niveau de onderdelen waarop de AI acteert aan de orde komen. De relatie tussen leraar, leerling en AI wordt gemodelleerd in het model van de zes niveaus van automatisering, waarin de rol van AI varieert van informatie verschaffen tot het volledige onderwijs overnemen.

- AI vervangt niet, maar versterkt: het vermeerderingsperspectief benadrukt AI als aanvulling op leraren, niet als vervanging, met hybride intelligentie als leidend principe.
- Interactie tussen mens en AI is cruciaal: effectieve AI in het onderwijs vereist tweerichtingsverkeer waarin leraren, leerlingen en systemen elkaar informeren en versterken.
- Automatisering is een schaal, geen einddoel: AI kan taken ondersteunen of overnemen, maar de optimale verdeling van controle tussen leraar, leerling en AI blijft situationeel.

Bronnen

- Molenaar, I., (2022). *Towards hybrid human-AI learning technologies*. European Journal of Education, 57, 4, pp. 632—645.
- Molenaar, I., (2024). *Mens-AI-samenwerking in het onderwijs: de hybride toekomst*. Inaugurele rede, 26 september 2024, Radboud Universiteit Nijmegen.