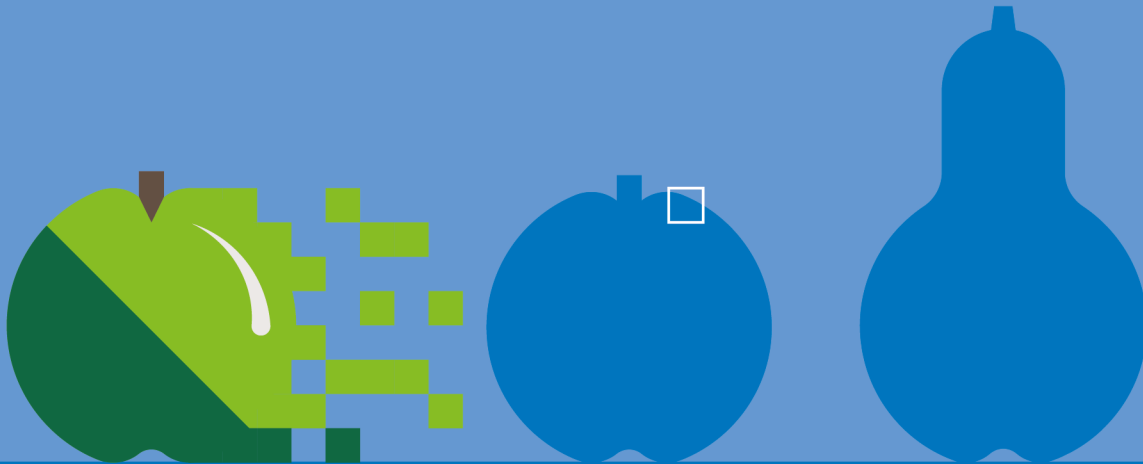
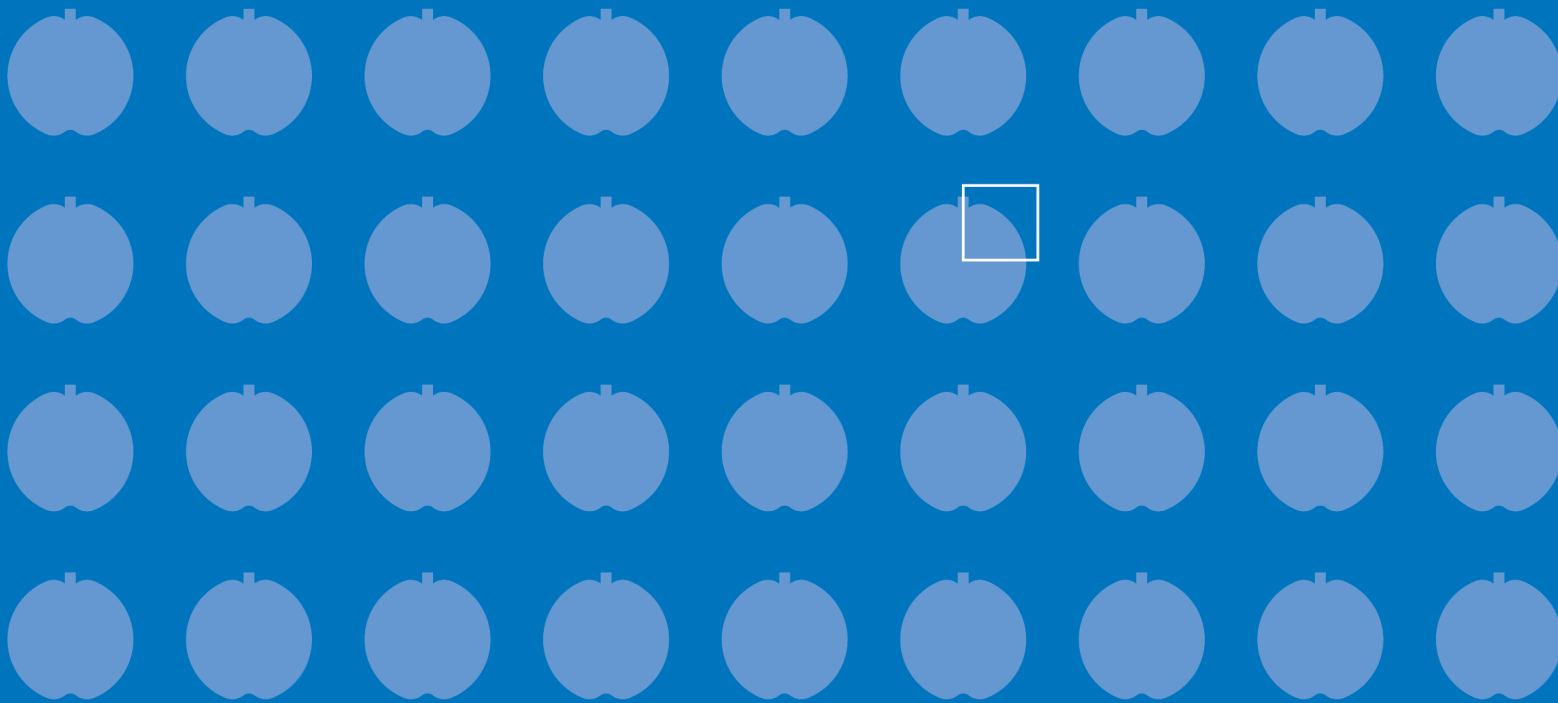




# Over appels en peren ...

Hoe AI ons leven verandert en hoe jij het kunt toepassen.

Francis wyffels, Jeroen Bourgonjon en Natacha Gesquière



Dit boek kwam tot stand dankzij de samenwerking tussen Dwengo en meerdere partners:

- UGent-imec, dankzij bijdragen van IDLab-AIRO en UGent Delta.
- KIKS, een Smart Education @ Schools project uitgevoerd door Dwengo, UGent, Sint-Bavohumaniora, KA Etterbeek, HOGENT, UAB-STEM-steunpunt, 2Link2 en Plantentuin Meise met steun van de Vlaamse Overheid en imec.
- AI Op School, een project met steun van de Provincie Oost-Vlaanderen en de Vlaamse Overheid.
- De cel iSTEM inkleuren.

# INHOUD

|                                                          |    |                                         |    |
|----------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------|----|
| 1 AI: De kracht van de toekomst                          | 3  | 7 Hoe een AI-systeem leert communiceren | 48 |
| 2 Sam en haar slimme boerderij                           | 8  |                                         |    |
| 3 Appels en peren sorteren met een zelfbedacht algoritme | 13 | 8 Hoe AI ons leven vormgeeft            | 50 |
| 4 De machine laten leren (machinelearning)               | 20 | 9 En nu? Zelf aan de slag!              | 55 |
| 5 Neurale netwerken                                      | 32 | BRONVERMELDINGEN                        | 57 |
| 6 Nóg dieper graven in deeplearning                      | 43 | COLOFON                                 | 58 |



# 1 AI: De kracht van de toekomst

## 1.1 AI zorgt voor een echte revolutie

Andrew Ng, een vooraanstaand computerspecialist, zegt dat AI onze wereld net zo ingrijpend zal veranderen als elektriciteit ooit deed. Dat klinkt misschien gewaagd, maar steeds meer experts delen deze visie.

Artificiële intelligentie biedt ontzettend veel mogelijkheden. Terwijl andere technologieën, zoals blockchain, vaak met scepsis worden ontvangen, erkennen velen dat de impact van AI écht groot is. We hebben het hier over een **disruptieve technologie** – een technologie die ons leven op allerlei manieren gaat beïnvloeden.

Stel je eens voor: dankzij AI kunnen artsen sneller en preciezer medicijnen kiezen voor hun patiënten. Journalisten kunnen sneller grote hoeveelheden nieuwsbronnen verwerken, trends herkennen en achtergrondinformatie vinden. Gamers kunnen genieten van betere spelletjes omdat de moeilijkheidsgraad zich dynamisch aanpast aan hun speelstijl, en omdat ze kunnen praten met virtuele karakters die reageren alsof ze echt zijn.

## 1.2 AI opent nieuwe deuren

AI heeft ons al veel te bieden.

Denk maar aan diensten zoals Spotify, Netflix, TikTok en Amazon, die met slimme algoritmes voorspellen welke muziek, films of boeken jij leuk zult vinden. Op Facebook herkennen algoritmes gezichten op foto's, en als we vastlopen bij het schrijven, schakelen we tools in zoals ChatGPT of Gemini. En wie heeft er niet al eens plezier beleefd met een face swap?

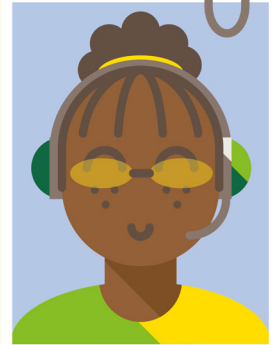
Maar AI biedt nog meer mogelijkheden om het leven beter te maken, en daarvoor hebben we jou nodig. Want het ontwikkelen van nieuwe technologieën is niet alleen een zaak voor technologen en ingenieurs. Integendeel! Mensen uit alle hoeken van de samenleving kunnen bijdragen aan het bedenken van zinvolle toepassingen die echt een verschil maken.

We kunnen AI-systemen grofweg indelen in twee groepen. Aan de ene kant heb je kennisgebaseerde systemen, die gebruikmaken van de kennis en regels van experts. Aan de andere kant zijn er datagebaseerde systemen, die leren van grote hoeveelheden gegevens, de zogenaamde machinelearning-modellen. In dit boekje nemen we je mee in deze laatste categorie, helemaal tot de diepe neurale netwerken.

## Jenna – gamer

Jenna is gepassioneerd door videogames en verliest zich graag in adembenemende virtuele werelden. Van mysterieuze sprookjesbossen tot onontdekte planeten, elk avontuur biedt haar de kans om even te ontsnappen aan de dagelijkse sleur. Jenna verbaast zich vaak over de kwaliteit van hedendaagse videogames: visueel zijn het ware kunstwerken. Toch mist Jenna iets: echte interactie met de personages in deze games.

Jenna droomt van de dag waarop AI de personages zo levensecht maakt, dat ze reageren met menselijke emoties en op een spontane manier communiceren. Personages die zich niet aan een script houden, maar echt reageren op de acties en keuzes van de speler. Stel je voor dat elk personage in de game unieke eigenschappen en persoonlijkheden heeft die veranderen en groeien, net zoals echte mensen. Dat zou de spelervaring revolutionair veranderen, waardoor elke sessie uniek en onvoorspelbaar wordt.



## Freek – onderzoeksjournalist

In tijden van fakenieuws wil Freek onderwerpen tot op de bodem uitspitten. Daarom doet hij talloze interviews en steekt hij veel tijd in research. Hij wil zelfs data van sociale media analyseren om de waarheid boven te halen. Maar dan blijft er echter minder tijd over om zijn artikels te schrijven. Als oplossing denkt Freek eraan om het schrijven deels uit te besteden, zodat hij zijn journalistieke taak nog grondiger kan doen, zoals de tijd nemen om de juiste vragen te kunnen stellen.

Freek zou op verschillende manieren een beroep kunnen doen op AI. Ten eerste kan machinaal leren Freek ondersteunen bij het analyseren van socialemediaposts. Dankzij algoritmes ziet hij verbanden die hij nooit alleen had kunnen vinden. Ten tweede kan de computer Freek helpen om teksten te schrijven: Freek zou zijn opnames in de computer kunnen inladen om er een basistekst van te laten maken, waarop hij dan verder kan werken.



## 1.3 Ontdek hoe AI ook jóúw wereld verandert

In dit boek nemen we je mee in de wereld van artificiële intelligentie, aan de hand van het verhaal van Sam, een gepassioneerde bioboer en fruitteler. Samen verkennen we hoe Sam AI gebruikt om haar boerderij efficiënter en milieuvriendelijker te maken.

Misschien ben jij geen bioboer, maar je hebt ongetwijfeld ook uitdagingen in je dagelijks leven of werk.

Als verpleegkundige hoop je misschien dat AI kan helpen bij het personaliseren van behandelingsplannen.

Als leerkracht droom je misschien van een platform dat lesmateriaal aanpast aan het leerniveau van elke student.

Als journalist fantasieer je er misschien over om terugkerende artikels door AI te laten schrijven, zodat je tijd krijgt voor diepgaand journalistiek onderzoek.

Wat ook jóúw uitdagingen zijn, blijf zeker lezen, want Sams verhaal werkt inspirerend voor ons allemaal. Samen ontdekken we hoe we AI kunnen gebruiken.

Stel je alvast even de volgende vragen:

- Hoe zou AI jouw werk of dagelijkse activiteiten kunnen verbeteren?
- Zijn er taken die AI van jou mag overnemen?
- Wat zijn volgens jou de belangrijkste voor- en nadelen van AI?

## 2 Sam en haar slimme boerderij

### 2.1 De uitdagingen van een bioboer en fruitteler

Sam is een bioboer met een missie: ze wil verse, gezonde groenten en fruit kweken op een duurzame manier. Zonder pesticiden en met oog voor de natuur werkt ze aan een gezondere planeet. Naast de gewassen om te verkopen, teelt ze ook planten die de bodem verbeteren en plagen helpen voorkomen, waardoor biodiversiteit op haar velden floreert.



Maar Sam staat voor een paar grote uitdagingen. Zo staan de fruitbomen van Sam allemaal door elkaar. Dat is gezonder voor de planten, maar minder makkelijk voor Sam. Wanneer al het fruit geplukt wordt, raken de appels en peren al snel door elkaar. Al het fruit met de hand uitsorteren kost veel tijd. Zou een machine dit sorteerwerk niet kunnen overnemen? Misschien kan deze machine het fruit ook onmiddellijk labelen op basis van kwaliteit.

Zo kan Sam een eerlijke prijs vragen voor alle appels en peren.

En het wieden van onkruid? Dat is voor Sam een tijdrovende en ongemakkelijke klus. Ze ligt vaak op haar buik op een wiedebed, een soort bed op wielen waarmee ze tussen de rijen groenteplanten rijdt. Ze ligt met haar buik op het ondersteunende frame en heeft haar handen vrij om te werken. Handig, want zo hoeft ze zich niet constant te bukken of te knielen. Maar ook dat wordt pijnlijk na verloop van tijd. Misschien zou een slimme robot haar kunnen helpen door

onkruid te herkennen en te verwijderen, zonder de groenteplanten te beschadigen.

Daarnaast beschikt Sam over veel kennis van planten en dieren. Ze weet hoe ecosystemen werken en wil hier slim op inspelen. Ze wil bijvoorbeeld insecten aantrekken die haar planten bestuiven of plagen bestrijden. Maar hoe kan ze de juiste combinaties van planten en dieren vinden?

In al deze gevallen kan AI Sam helpen haar uitdagingen aan te pakken.

## 2.2 Appeltje, eitje, toch niet zo'n simpel karweitje

Kunnen we met AI in één klap al Sams problemen oplossen?

Helaas niet. Op dit moment bestaat er nog geen AI-systeem dat zelfstandig al onze problemen kan aanpakken. Veel mensen dromen van een systeem dat net zo slim is als de mens – **Artificiële Algemene Intelligentie** (in het Engels heet dat *Artificial*

*General Intelligence* of AGI). Zo'n systeem zou niet alleen specifieke taken kunnen uitvoeren, maar ook kunnen leren, redeneren en zich aanpassen aan nieuwe situaties. Zou dat niet fantastisch zijn?

## De Turingtest: Kan een machine ons doen geloven dat ze een mens is?

In 1950 stelde de wiskundige Alan Turing een intrigerende vraag: kunnen we een machine bouwen die er in een conversatie in slaagt om een mens te doen geloven dat zij een mens is? Dit idee leidde tot de beroemde *Turingtest*.

Bij deze test stelt een mens vragen aan een onbekende in een andere ruimte. Die onbekende kan zowel een mens als een machine zijn. Het doel is om te bepalen of de antwoorden afkomstig zijn van een mens of een computer. Als de machine erin slaagt om de vragensteller te laten geloven dat ze een mens is, dan slaagt de machine voor de test.

Turing gaf hiermee de start aan het onderzoek naar kunstmatige intelligentie, een vakgebied dat onderzoekt hoe machines menselijk gedrag kunnen nabootsen. Maar het is belangrijk om te begrijpen dat, zelfs als een machine slaagt voor de Turingtest, dit niet betekent dat de machine echt zo intelligent is als een mens. Het toont enkel aan dat ze in staat is om menselijk gedrag te imiteren.

## De Chinese kamer: Begrijpt een machine echt wat ze doet?

De *Chinese kamer* is een beroemd gedachtenexperiment van filosoof John Searle, dat ons laat nadenken over wat het betekent om iets écht te begrijpen.

Stel je voor dat iemand in een afgesloten kamer zit en geen Chinees kan spreken of lezen. Die persoon ontvangt echter boodschappen in het Chinees en heeft boeken vol instructies over hoe hij daarop moet reageren. Met behulp van deze instructies kan hij passende antwoorden sturen op de Chinese boodschappen, zonder ook maar één woord te begrijpen. De ontvangers van de antwoorden zouden kunnen denken dat de persoon Chinees spreekt, omdat de reacties correct zijn.

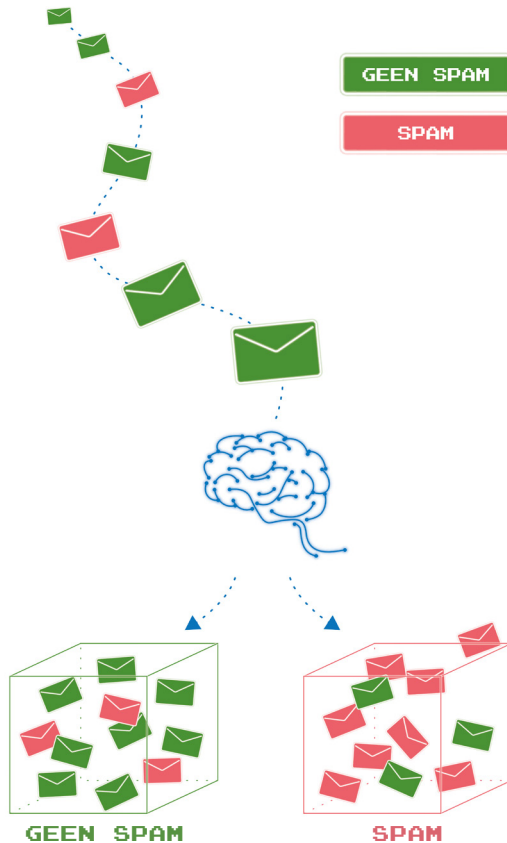
Maar begrijpt die persoon in de kamer dan echt wat hij zegt? Dit experiment stelt dezelfde vraag voor computers: ook al lijken hun antwoorden intelligent, betekent dat ook dat ze écht begrijpen wat ze doen?

## 2.3 Hoezo, AI belooft toch een revolutie?

Machines die zelfstandig kunnen denken en handelen zijn nog toekomstmuziek, maar AI kan Sam wél al helpen om haar werk makkelijker en efficiënter te maken.

Zo kan AI al gericht taken uitvoeren die een zekere mate van intelligentie vereisen. Denk aan systemen, machines en robots die oplossingen vinden voor heel concrete problemen, zoals een spamfilter of je smartphone ontgrendelen met gezichtsherkenning. Dit noemen we ook wel **smalle AI**.

Maar niet elke vorm van automatisering vraagt om AI. Denk bijvoorbeeld aan de deuren bij de ingang van de supermarkt, of kranen die je kan laten lopen zonder ze aan te raken, of het licht in de gang dat vanzelf uitgaat wanneer daar niemand meer loopt. Misschien is er helemaal geen AI nodig om het volgende probleem van Sam op te lossen: hoe sorteert je appels en peren?



## Smalle en brede AI, en AGI

AI-systemen die maar één bepaalde taak kunnen uitvoeren, zoals een systeem om vingerafdrukken te herkennen of een systeem voor automatische vertaling, delen we in bij **smalle AI**.

Een butlerrobot hoort bij **brede AI** omdat zo'n robot heel veel verschillende taken moet kunnen doen, van het beantwoorden van de telefoon tot het bakken van een eitje.

Een generatieve chatbot valt daar ergens tussenin, omdat hij meer dan één taak aankan, zoals tekst genereren, samenvatten en vertalen.

**AGI** staat voor artificial general intelligence en gaat over een systeem dat de menselijke intelligentie evenaart.

### 3 Appels en peren sorteren met een zelfbedacht algoritme

#### 3.1 Sorteren op het zicht: dikke appels, dunne peren

Sam, onze gepassioneerde bioboer, staat in de vroege ochtendzon tussen haar appel- en perenbomen. Haar boerderij is een levendig en chaotisch landschap waar de bomen kriskras door elkaar groeien. Dat levert een prachtig gezicht, maar het brengt ook uitdagingen met zich mee. Wanneer de oogsttijd aanbreekt, komt al het fruit tegelijk binnen – appels en peren door elkaar. Het is Sams taak om ze nauwkeurig te sorteren, en dat is geen kleine klus. Elke dag staat ze urenlang te kijken, te voelen en te controleren welke vruchten bij welke stapel horen. Al deze tijd zou ze liever besteden aan de zorg voor haar bomen.

Terwijl ze haar handen vol appels heeft, vraagt ze zich af: “Kan dit niet makkelijker?” Het sorteren met de hand is zo tijdrovend, en er moet toch een slimmere manier zijn? Een manier waarbij ze niet urenlang gebogen hoeft te staan over kratten vol fruit. Wat als ze de hulp van technologie kon inschakelen? Misschien een machine, of nog beter: een systeem dat met één blik het verschil ziet tussen een appel en een peer, en ze netjes uit elkaar haalt zonder haar tussenkomst.

Terwijl Sam nadenkt over de mogelijkheden, begint een idee vorm te krijgen. Wat als dit hele proces automatisch zou kunnen verlopen?

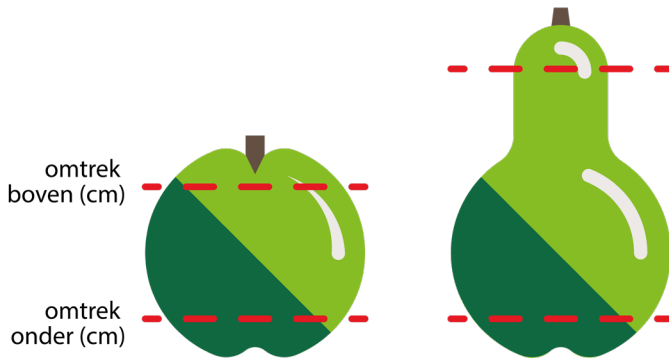
Een slimme oplossing die haar tijd bespaart en haar helpt haar boerderij efficiënter te runnen. De gedachte maakt haar enthousiast – technologie zou haar leven hier op de boerderij niet alleen makkelijker maken, maar haar ook de ruimte geven om zich te focussen op waar ze het meest van houdt: haar bomen en gewassen laten floreren.

Hoe beginnen we hieraan? Wij mensen zien het verschil tussen een appel en een peer vrijwel meteen, vooral door hun vorm. Appels zijn rond, en peren... tja, die hebben een peervorm. Maar hoe bereiken we dat een computersysteem dit ook kan?



### 3.2 Sam bedenkt een formule om appels en peren te sorteren

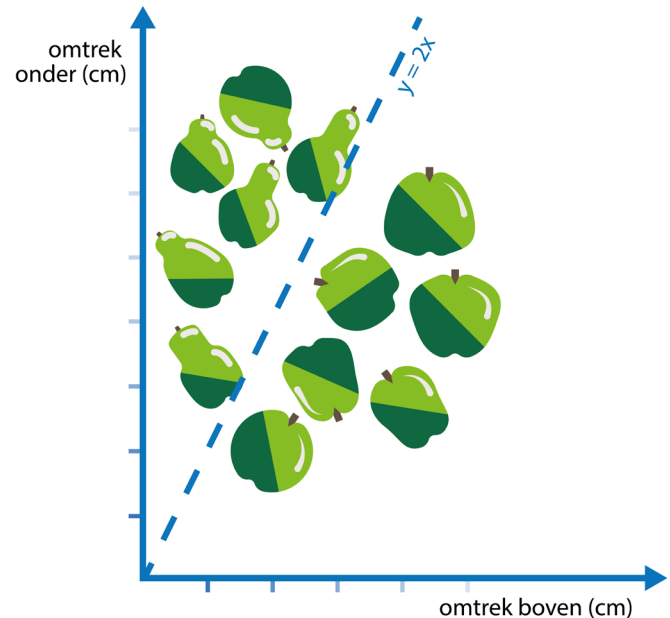
Computers werken niet met beelden, maar met getallen. Dat brengt Sam op een idee. Wat als ze van elk stuk fruit de omtrek meet, onderaan en bovenaan. Daar kan het systeem vast wél mee werken.



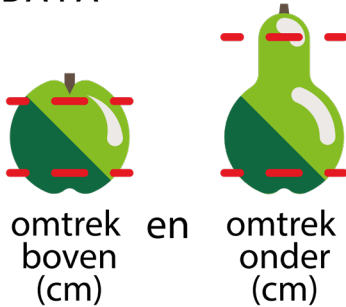
Wanneer Sam de omtrek van deze stukken fruit noteert, en al deze metingen netjes in een grafiek zet, ontdekt ze al snel een patroon in de gegevens. Aangezien bij peren de omtrek bovenaan altijd kleiner is dan onderaan, en bij appels de omtrekken boven en onder vrijwel gelijk zijn, vormen de appels en peren twee groepen op de grafiek.

Sam bedenkt dat ze appels en peren kan scheiden door simpelweg een rechte lijn te trekken in de grafiek. Ze stelt zelfs een regel op: als de omtrek onderaan het dubbel is van die bovenaan, dan is het stuk fruit waarschijnlijk een peer, in andere gevallen is het een appel. Dat zagen wij als mens natuurlijk op het zicht! Maar nu spreekt Sam ook de taal van de computer.

Joepie! Sam heeft een regel bedacht die het systeem helpt om appels van peren te onderscheiden. Dit heeft ze gedaan met kennis en logisch nadenken. Ze gebruikt echter nog geen AI. Daarom noemen we deze aanpak de **traditionele methode**.



## DATA

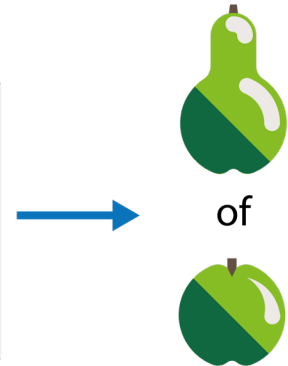


## REGELS

**ALS** omtrek onder groter is dan  
twee keer omtrek boven

**DAN** peer

**ANDERS** appel

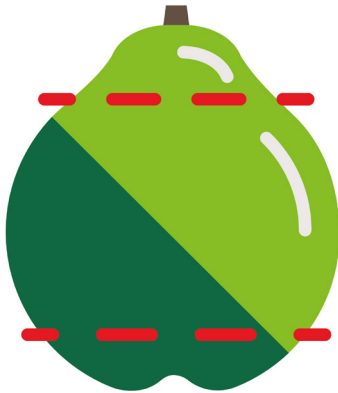


## ANTWOORD

Automatisch systeem volgens traditionele methode volgens regels die we zelf bedenken.

### 3.3 Oeps! Iedereen maakt wel eens een foutje ...

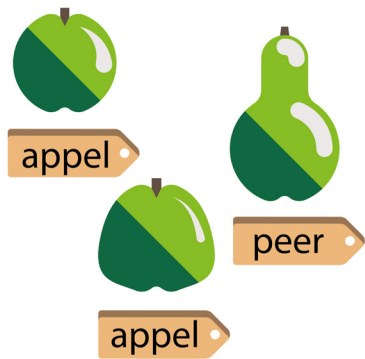
Maar wacht eens, we hebben een probleem. Sams heerlijk biologisch fruit heeft soms een onregelmatige vorm. Hoe gaat ons systeem daarmee om? Kijk eens naar de afbeelding hieronder.



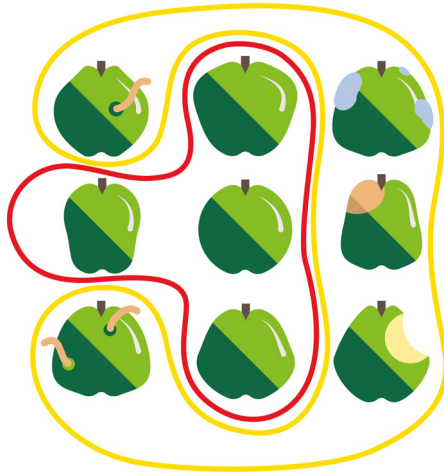
Dit lijkt op een peer, maar volgens de regel die we eerder bedachten, zou het systeem deze als een appel classificeren. Met andere woorden, als we alleen naar de omtrek boven en onder kijken, kunnen we fouten maken.

Regels die we zelf bedenken, werken dus niet altijd of leveren niet altijd het juiste resultaat op. We hebben een betere oplossing nodig.

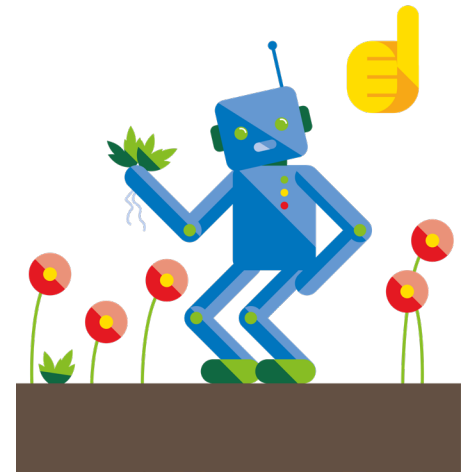
Sams probleem is relatief eenvoudig, maar stel je voor dat we nog complexere taken moeten oplossen. Denk aan de arts die zoekt naar subtiele afwijkingen op medische beelden. Of aan de journalist die onderzoekt of een foto niet gemanipuleerd is. Welke stappen moeten we daarvoor nemen? Hoe vertalen we die problemen naar acties? En hoeveel regels zouden we daarvoor moeten bedenken?



Gesuperviseerd leren



Ongesuperviseerd leren



Versterkend leren

Databaseerd AI-systeem trainen.

## 4 De machine laten leren (machinelearning)

### 4.1 Machinaal leren

Oké, we hadden al even een succeservaring, maar kwamen er snel achter dat zelf regels opstellen voor dit probleem misschien niet de beste oplossing is. Bestaat er dan geen andere manier om het sorteringsproces te automatiseren?

Absoluut! In plaats van zelf regels te bedenken, kunnen we AI gebruiken om de machine verbanden en patronen te laten ontdekken. Dit noemen we **machinaal leren**. We voeren honderden gegevens van appels en peren in het systeem, en geven de computer de opdracht om deze netjes van elkaar te onderscheiden met een algoritme. De computer gaat direct aan de slag. Hij test het algoritme en probeert het steeds verder te verbeteren. Je zou kunnen zeggen dat de computer leert van zijn eigen fouten en successen. Dat kan op verschillende manieren. Laten we deze van dichterbij bekijken.

Bij **machinaal leren** maken we gebruik van verschillende technieken. Er bestaan meerdere algoritmes waarop machinelearning-systemen gebaseerd kunnen zijn, afhankelijk van wat we ermee willen bereiken. Tegenwoordig worden we vooral geconfronteerd met toepassingen van neurale netwerken. Bovendien zijn er verschillende manieren waarop de algoritmes kunnen leren. In dit boek nemen we je eerst mee in de principes van hoe we zulke systemen trainen. Daarna vertellen we meer over neurale netwerken.

## 4.2 Gesuperviseerd leren: “Dit is een appel, dát is een peer”

Sam gaat onmiddellijk aan de slag. Ze meet wel honderden appels en peren.

In een bijbehorende databank slaat ze de gegevens zorgvuldig op. Voor elke vrucht noteert ze de omtrek bovenaan en onderaan. Maar daar blijft het niet bij. Ze geeft elke vrucht ook een **label**: “Dit is een appel, dat is een peer”. En waar Sam in de vorige stap nog zelf een regel bedacht, vraagt ze nu de computer om dat zelf te doen.

De computer gaat op zoek naar patronen in de gegevens, en leert door al deze voorbeelden het verschil tussen appels en peren herkennen. Sterker nog, na verloop van tijd kan de computer zelfs nieuwe vruchten juist benoemen.

**Gesuperviseerd leren:** De computer leert uit een heleboel voorbeelden die we als mens zelf een correct label geven. Daarom wordt deze methode ook leren onder toezicht genoemd.

Deze toepassingen gebruik je vast zelf: objectherkenning, zoals gezichtsherkenning wanneer je een foto neemt met je smartphone, of bij het opzoeken van foto's van je huisdier of de zonsondergang op Google Foto's, en spraakherkenning wanneer je aan Siri vraagt welk weer het morgen zal zijn ... En ja, dat zijn AI-systemen die gesuperviseerd leerden.

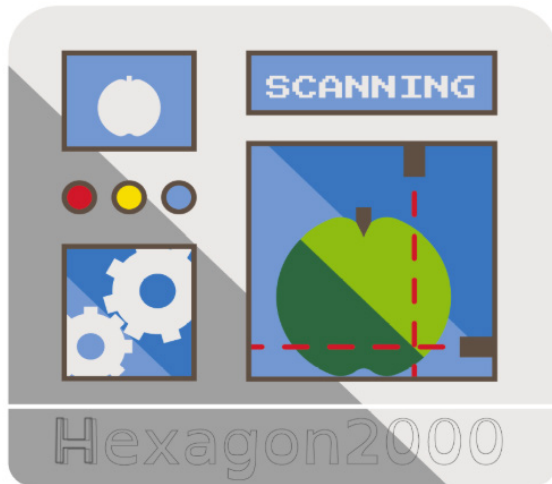
## DATA & LABELS

| Omtrek onder (cm) | Omtrek boven (cm) | Label |
|-------------------|-------------------|-------|
| 4                 | 4                 | appel |
| 5                 | 3                 | appel |
| 4                 | 1                 | peer  |
| 4                 | 3                 | appel |
| 5                 | 2                 | peer  |
| ⋮                 | ⋮                 | ⋮     |



REGELS

Gelukkig hoeft Sam niet al haar fruit handmatig te meten. Anders zou deze toepassing veel meer tijd kosten dan uitsparen. Sam kan sensoren gebruiken. Dat zijn elektronische onderdelen die vergelijkbaar zijn met onze zintuigen.



Net zoals onze ogen licht waarnemen en onze huid aanraking voelt, kunnen sensoren eigenschappen zoals licht en beweging detecteren en omzetten in digitale signalen. Met sensoren kan je ook temperatuur, tijd en afstand meten.

Sam zou dus een machine kunnen aanschaffen die eenvoudig het fruit kan scannen en alle eigenschappen ervan kan invoeren in de databank.

### 4.3 Ongesuperviseerd leren: “Computer, trek je plan!”

Sam is echter niet alleen geïnteresseerd in het sorteren van appels en peren. Ze wil ook de kwaliteit van haar fruit kunnen beoordelen. Appels met een kwaliteitslabel brengen nu eenmaal meer op.

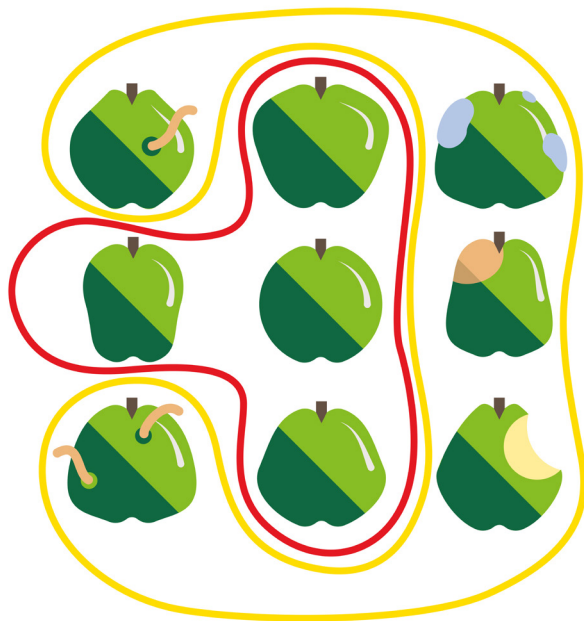
Daarom vult Sam met behulp van de automatische scanner haar databank aan met extra informatie over de kleur, grootte, soort, oneffenheden en textuur van elke vrucht. Sam beschikt nu over een grote databank met gegevens van elke vrucht.

Maar Sam heeft geen zin om opnieuw alle vruchten zelf te moeten labelen. Ze wil de computer het werk laten doen. Gelukkig bestaat hiervoor een goede techniek:

**ongesuperviseerd leren.** Sam hoeft nu niet langer van elk stuk fruit te zeggen: “Dit is een kwalitatieve appel en dit niet”, maar kan de computer zijn plan laten trekken.

De computer gebruikt alle beschikbare gegevens in de databank om zelf groepen te vormen. En dat lukt zelfs zonder dat de computer op voorhand weet welke kenmerken hiervoor belangrijk zijn.

**Ongesuperviseerd leren:** De computer leert uit ongelabelde data. Hij gaat op zoek naar patronen en verbanden in grote hoeveelheden gegevens.



In het dagelijks leven kom je vaak ongesuperviseerd leren tegen. Denk aan je mailprogramma dat spam herkent, of aanbieders zoals Netflix die aanbevelingen doen op basis van je kijkgedrag. Zoekmachines gebruiken deze techniek om documenten te groeperen en informatie te organiseren. De resultaten zijn vaak verrassend. Er wordt zelfs gefluisterd dat de Amerikaanse supermarkt Target, door aankoopgedrag te analyseren, soms al weet dat een klant zwanger is voordat zij dat zelf doorheeft!

## 4.4 Versterkend leren

Sam droomt van een onkruidwiedende robot



Op een warme zomerdag ligt Sam weer eens op haar wiedzbed. Maar, hoewel ze dankzij dit wiedzbed haar rug en knieën minder belast, begint ook deze ligpositie na verloop van tijd ongemakkelijk aan te voelen. Het blijft fysiek zwaar werk. Sam vraagt zich af of er geen betere manier is om onkruid te wieden.

Terwijl ze de aarde onder haar handen voelt en zorgvuldig elk klein onkruidje uittrekt, dwalen haar gedachten af. Wat als er een robot bestond die haar zou kunnen helpen? Een slimme machine die, net als zij, het verschil zou kunnen zien tussen onkruid en de kostbare groentepanten. Zo'n robot zou rustig tussen de rijen kunnen rijden, onkruid kunnen herkennen en zonder enig probleem verwijderen, zonder ook

maar één gezonde plant te beschadigen. Sam glimlacht bij de gedachte. “Dat zou mijn lichaam redden én me een hoop tijd besparen,” denkt ze. Met een beetje hulp van technologie zou ze meer tijd hebben om zich te concentreren op wat ze het liefste doet: haar gewassen verzorgen en haar boerderij verder laten bloeien.

Misschien, denkt ze, is die droom van een onkruidwiedende robot helemaal niet zo ver weg. Met de juiste innovaties en misschien wat hulp van AI, zou haar werk binnenkort een stuk lichter kunnen worden. Terwijl ze verder wiedt, blijft dat idee door haar hoofd spoken. Wat als de toekomst dichterbij is dan ze denkt? Stel dat we een robot willen leren om onkruid te wieden, hoe zouden we dat moeten doen?

### Ik doe het wel voor (imitatieleren)

Misschien moet Sam aan de robot tonen wat de correcte handeling is? Inderdaad, Sam zou ernaast kunnen lopen en alle handelingen voordoen: ze neemt de robotarm vast, geeft instructies om de grijper te sluiten en laat zien hoe de robot het onkruid moet plukken. We noemen dit **imitatieleren**.

Jammer genoeg blijkt deze techniek in de praktijk zelden goed te werken voor complexe taken zoals onkruid wieden.

## Leren met behulp van een beloning (versterkend leren)

Sam speelt met haar hond, Poekie. Telkens wanneer Sam een tak wegwerpt, brengt Poekie die vrolijk terug. “Flinke hond,” kirt Sam. En terwijl ze Poekie een koekje geeft, krijgt ze ineens een idee. Misschien moeten we robots gewoon trainen, zoals we honden africhten. Wat als we de robot een aai over zijn hoofd geven als hij iets goed doet?

Sams idee is helemaal zo gek nog niet. Robotexperten gebruiken deze techniek al langer. Ze noemen dit **versterkend leren** of in het Engels *reinforcement learning*. Telkens wanneer de robot iets goed doet, krijgt hij een beloning. En zo wordt zijn gedrag versterkt. Natuurlijk eet een robot geen koekjes. Zijn ‘koekjes’ zijn punten. Doet hij iets goed, dan verhoogt zijn score. Maakt hij een fout, dan worden er punten afgetrokken.

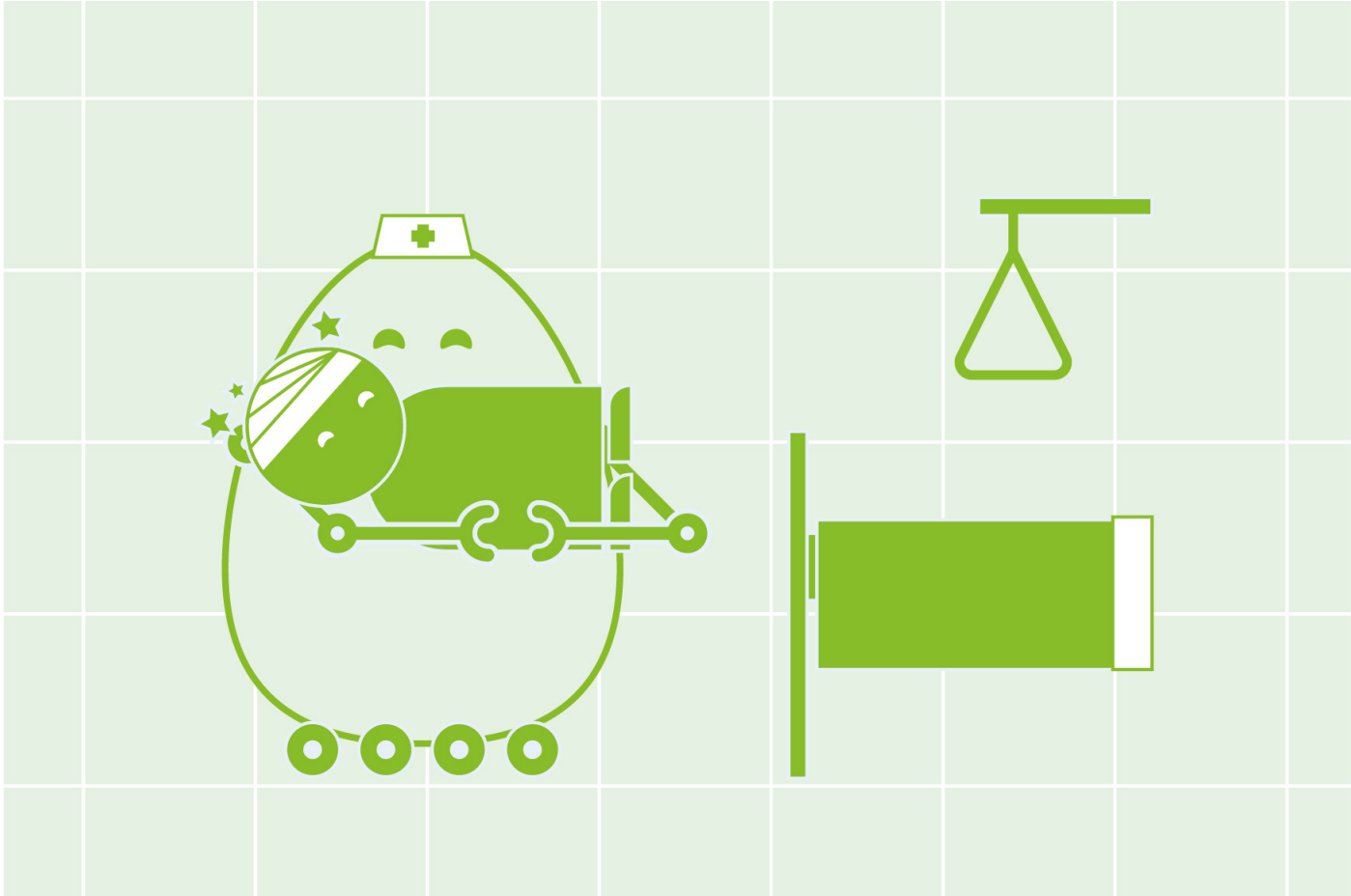
Stel je voor dat Sam de robot in haar groentebedden laat experimenteren. De robot probeert willekeurige handelingen uit: sommige leveren een goed resultaat op, zoals een perfect geplukt stukje onkruid, en daarvoor krijgt de robot een ‘beloning’. Andere handelingen leveren niets op. Naarmate de robot verder oefent, leert hij steeds beter welke acties tot succes leiden en kiest hij vaker de acties die een beloning opleveren. Op deze manier leert hij zelfstandig hoe hij het onkruid efficiënt kan plukken.

Helaas, een robot leren hoe hij onkruid kan wieden op Sams boerderij is nog veel complexer. Die robot moet leren rijden, in evenwicht blijven op moeilijk terrein, onkruid detecteren en onderscheiden van wenselijke plantjes, een grijparm afstellen ... Kortom, de robot zou oneindig veel moeten oefenen, en dat kost veel tijd. Want wie zal die robot elke keer weer oprapen wanneer hij omvalt? In 2016 duurde het bijvoorbeeld twee maanden om een robot te leren alledaagse objecten op te rapen. En daarvoor werden maar liefst 14 robots ingezet, zodat ze tegelijk konden oefenen en zo het leerproces versnellen.

Een bekend voorbeeld is **AlphaGo Zero**, ontwikkeld door Google DeepMind. In 2017 werd dit programma via versterkend leren de beste speler ter wereld van het bordspel Go. Het leerde zichzelf strategieën aan door miljoenen spellen tegen zichzelf te spelen, waarbij het elke keer de acties onthield die winst opleverden. Het resultaat? AlphaGo Zero was zodanig krachtig dat het niet alleen al na drie dagen zijn voorganger versloeg, maar ook volledig nieuwe strategieën ontwikkelde die zelfs voor menselijke experts innovatief waren.

Speel eens dit spel: **[dwengo.org/rl](https://dwengo.org/rl)**. Dan krijg je alvast een idee van hoe versterkend leren eraan toe kan gaan.

**Versterkend leren:** De computer leert wanneer hij verschillende acties herhaalt, omdat het algoritme dat hem aanstuurt, hem die acties doet kiezen die een zo groot mogelijke beloning opleveren.



## Robothelpers

In 2008 voorspelde Bill Gates dat elk huis een butlerrobot zou hebben, maar helaas is dat nog niet uitgekomen. Ook voor Sam lijkt dit soort van robothelper nog ver weg. Toch zien we in de magazijnen van grote bedrijven al robots pakketjes sorteren. Waarom kan het daar wel, maar niet op Sams boerderij? Of bij ons thuis?

De reden is dat Sams boerderij en ons huis veel minder voorspelbaar zijn. Er gebeuren elke dag weer nieuwe dingen: er ligt gereedschap op de grond, er hangt een tak van een fruitboom wat lager, of we zijn gewoon vergeten op te ruimen. Dat is heel anders dan in een fabriek, waar de omgeving veel voorspelbaarder is. Om goed te functioneren in een onvoorspelbare omgeving, zoals op de boerderij, moet een robot niet alleen slim zijn, maar ook flexibel.

Dit vereist vooruitgang op het gebied van software, mechanica en elektronica, en ook begrip van hoe mensen en robots met elkaar omgaan.

Maar er is hoop! Al zal ons zeker kunnen helpen bij het ontwikkelen van robots die beter met een rommelige omgeving kunnen omgaan, maar Sam zal voorlopig nog even moeten wachten op haar robothelper.

## 5 Neurale netwerken

### 5.1 Complexe taken

Sam weet niet altijd goed welke gegevens ze best verzamelt voor een complexe taak. Ze twijfelt soms wat ze allemaal moet meten en observeren. Wat als Sam liever komaf wil maken met metingen en genoteerde observaties?

Eerder zagen we hoe Sam met behulp van sensoren en een computer - via de traditionele methode - haar appels en peren kon onderscheiden door bepaalde metingen te doen, zoals het meten van de omtrek van het fruit. Door AI-technieken van machinaal leren los te laten op gegevens verzameld in uitgebreide databanken kon ze nog andere taken automatiseren. Sam vindt het echter niet altijd duidelijk wat ze juist moet meten en observeren. Ze zoekt een andere manier. En ja, die is er!

Ze kan ook simpelweg foto's aan de computer geven en de computer laten beslissen welke kenmerken er van belang zijn voor een specifieke taak.

Informatie halen uit tabellen van metingen is een relatief eenvoudige taak. Maar kleur, textuur, kwaliteit ... van appels en peren uit foto's halen, is een ander paar mouwen. Door de computer echter te voorzien van de nodige algoritmes, een neuraal netwerk, kan de computer patronen in de beelden herkennen.

## 5.2 Wat is een neuraal netwerk?

Voor complexe problemen waarbij heel veel parameters in rekening moeten worden gebracht, is een neuraal netwerk een succesvolle machinelearning-techniek. Neurale netwerken zijn in staat om patronen te detecteren in grote hoeveelheden van gegevens, in welke vorm ook.

Met neurale netwerken kan de computer een onderscheid maken tussen appels en peren en zelfs verschillende kwaliteitseigenschappen herkennen. Dit maakt neurale netwerken tot een krachtige tool voor Sam.

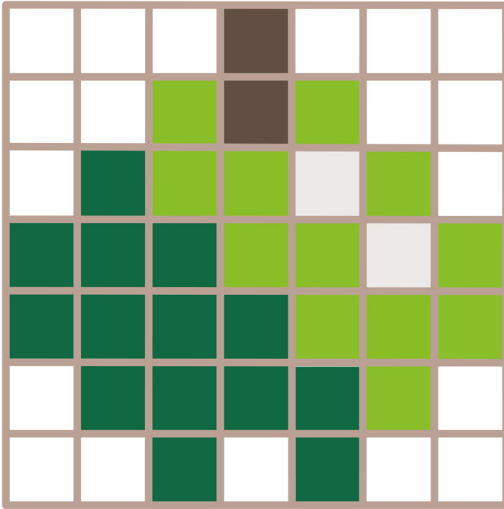
Het systeem leert door ervaring en kan steeds nauwkeuriger voorspellingen doen, zonder dat Sam alles vooraf hoeft te definiëren. Sams netwerk wordt steeds beter door te oefenen.

Als het een fout maakt ("Dit is geen appel!"), past het zichzelf aan, net als mensen een recept verbeteren telkens wanneer ze er een taart mee bakken.

## 5.3 Afbeeldingen als getallen

Hoezo, leren via foto's? Daarnet leerden we toch dat computers met getallen en niet in beelden werken? Dat klopt, maar daar hebben we iets op gevonden. Een digitale foto bestaat eigenlijk uit duizenden kleine puntjes, die we pixels noemen. Bij een zwart-witafbeelding, eigenlijk een afbeelding in grijswaarden, krijgt elke pixel een grijs tint die overeenkomt met een getal. 0 is zwart en 255 is wit en alle getallen ertussen zijn grijs. Hoe kleiner het getal hoe donkerder grijs, hoe groter het getal hoe lichter. De kleuren die wij zien, kunnen benaderd worden door een samenstelling van rode, groene en blauwe tinten. Daarom heeft bij een kleurenafbeelding elke pixel drie waarden: een voor rood, een voor groen en een voor blauw (RGB).

Je kan een foto dus voorstellen met drie tabellen, met daarin de rode, groene en blauwe waarden. Samen vormen deze een driedimensionaal raster van getallen. En dat is precies waar de computer iets mee kan. Wanneer een computer naar een afbeelding 'kijkt', dan gaat hij feitelijk aan de slag met al die getallen in zo'n tabel.



## 5.4 Neurale netwerken en taartjes bakken

Maar wacht eens, als je geen tabel met kenmerken invoert, hoe weet de computer dan waar hij op moet letten? Dat is het mooie van diepe neurale netwerken: ze nemen dat werk van de mens over. Waar ingenieurs bij andere machinelearning-technieken zorgvuldig moeten bedenken welke kenmerken belangrijk zijn, vindt het neurale netwerk deze automatisch.

Stel je voor dat groepjes kinderen samen een appeltaart moeten bakken aan de hand van een ingewikkeld recept. De eerste groep zorgt voor de ruwe ingrediënten zoals appels, bloem, suiker en eieren. Zij wegen ook alle ingrediënten. Daarna maakt een tweede groep er een deeg van. Een derde groep stopt het mengsel in de oven. De vierde groep haalt de taart uit de oven en decoreert ze. Telkens wanneer een taart klaar is, passen de kinderen hun werkwijze een beetje aan. De eerste groep kiest ervoor

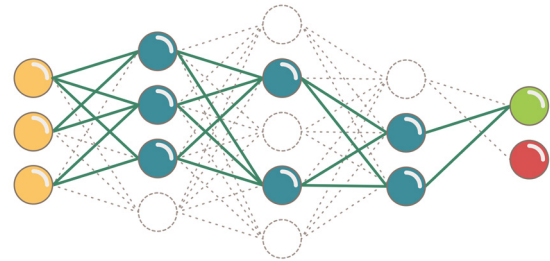
om wat minder suiker te gebruiken. De tweede groep klopt wat meer lucht in het beslag. De derde groep zet de oven iets minder hard. En de vierde groep haalt de taart wat sneller uit de oven. Na heel wat oefening slagen de kinderen erin om de perfecte taart te bakken.

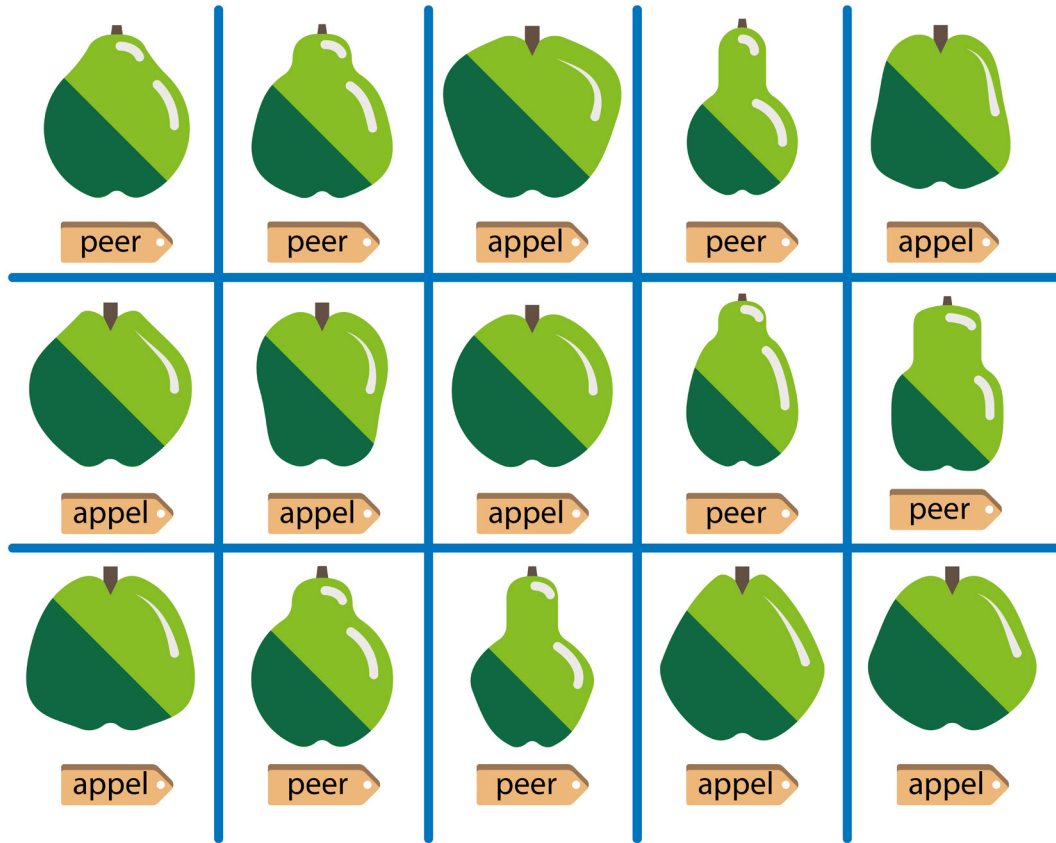
Elke keer wanneer ze een nieuwe taart bakken, doen de kinderen in ons voorbeeld kleine berekeningen op getallen in het recept.

Het eerste groepje past de hoeveelheid suiker aan. De tweede groep past de duurtijd aan. De derde de temperatuur van de oven. En de vierde de baktijd. Telkens wanneer ze klaar zijn, geven ze informatie door aan het volgende groepje kinderen.

Neurale netwerken doen iets gelijkaardigs, maar dan met lagen neuronen in plaats van groepjes kinderen. Neuronen zijn kleine helpers die informatie ontvangen, daar een wiskundige bewerking op uitvoeren, en het resultaat weer doorsturen naar de volgende neuronen. Elke verbinding tussen neuronen heeft een '**gewicht**', een getal dat zegt hoe belangrijk een stukje informatie is. Tijdens het leerproces past het neurale netwerk deze gewichten aan, tot het resultaat goed genoeg is.

Door heel veel neuronen te combineren kunnen we complexe berekeningen uitvoeren. Alleen spreken we bij neuronen niet van groepjes, maar van lagen. Hoe meer lagen, hoe **dieper** het neurale netwerk en hoe beter we er complexe problemen mee kunnen oplossen.





## 5.5 Diep leren om appels en peren te vergelijken

Kortom, mocht Sam beschikken over een ruime collectie foto's, kan ze ervoor kiezen om appels en peren te onderscheiden met een diep neuraal netwerk.

Maar hoe begint ze hier nu aan? Wel, daarvoor voert ze een grote verzameling gelabelde foto's in. Voor elke foto geeft ze aan of het om een appel of een peer gaat. Op basis hiervan kan ze het neurale netwerk trainen.

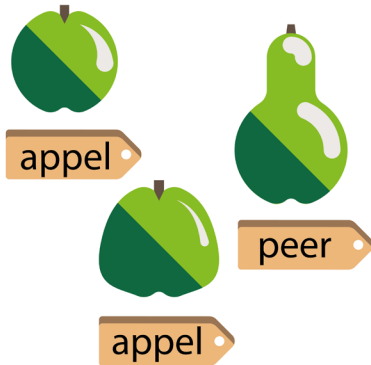
Sam begeleidt dit proces. Ze kiest het algoritme, kiest het aantal lagen en neuronen, bepaalt hoe het algoritme leert, hoe snel het leert, en hoelang het doorgaat met trainen. De computer leert uit zijn fouten, maar het is Sam die beslist wanneer het resultaat goed genoeg is.

Het doel van het **leerproces** is om een willekeurige foto van een vrucht zo goed mogelijk te koppelen aan het bijbehorende

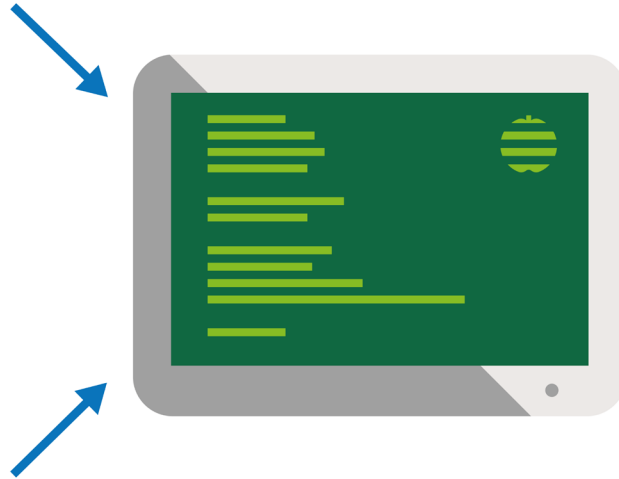
label: "dit is een appel". Het neurale netwerk vertrekt in de eerste laag neuronen van de ruwe gegevens, zoals de pixels van de foto en spoort er kenmerken in op: vorm, kleur, schakeringen of zelfs kenmerken die wij als mens niet begrijpen.

Daarna komen er een heleboel verborgen lagen. Die neuronen combineren alle kenmerken beetje bij beetje. Zo kunnen ze bijvoorbeeld vormen herkennen.

DATA



LABELS



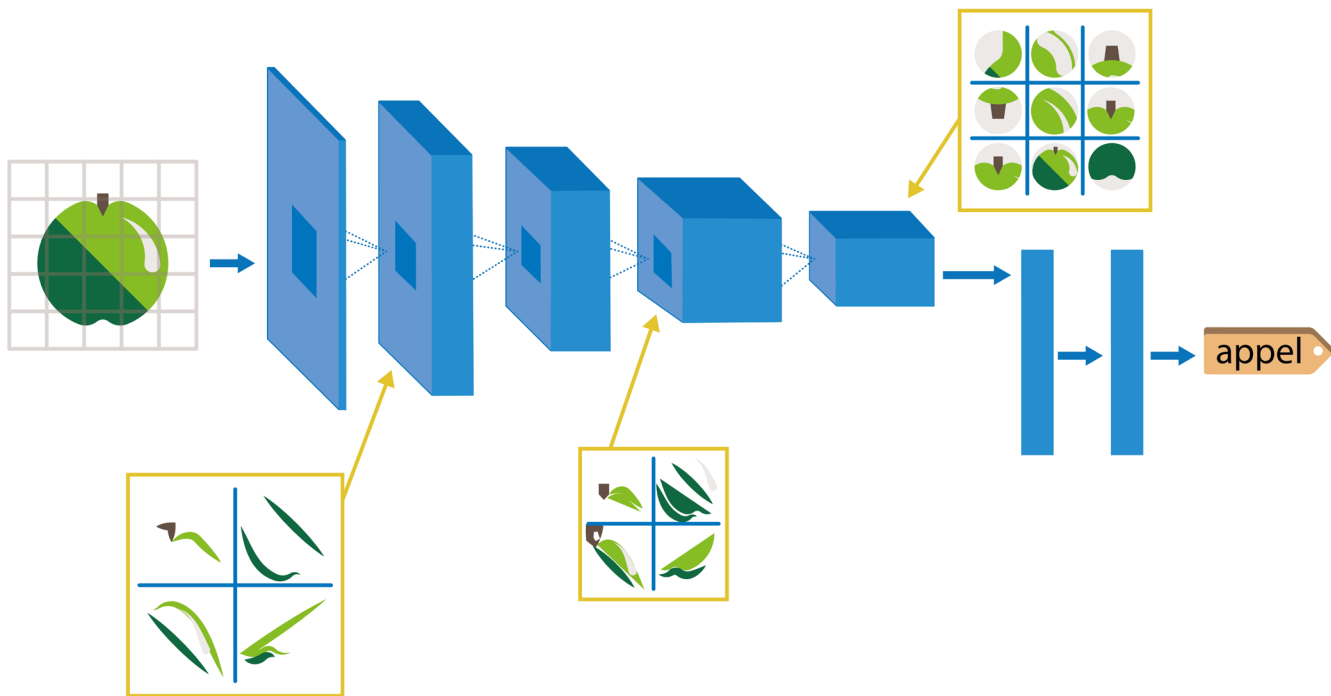
REGELS

De uitvoerneuronen van de laatste laag doen een **voorspelling**: "Dit is een appel!" En op dat ogenblik vergelijkt het neurale netwerk zijn zelf voorspelde label met het correcte antwoord.

De allereerste keer heeft het neurale netwerk nog geen flauw idee wat het aan het doen is. Het geeft elk van de gevonden kenmerken willekeurige gewichten en test of het daarmee correct kan raden of er een appel op de foto staat. Maar door vele voorbeelden te bekijken, de gewichten te verfijnen en fouten te verbeteren, wordt het neurale netwerk steeds beter in het herkennen van appels. Als blijkt dat een ronde vorm belangrijk is om een appel te herkennen, dan krijgt dat stukje een hoger gewicht. Of wanneer het merkt dat de kleur minder van belang is, dan krijgt dat een lager gewicht.

Stap voor stap leert het netwerk zo om in de laatste laag te bepalen wat er op de foto staat: een appel of een peer. En wat leuk is, het systeem geeft ook aan hoe zeker het is van die keuze.

Een **neuraal netwerk** is dus opgebouwd uit verschillende lagen die bestaan uit neuronen met elk een specifieke taak. Het neurale netwerk begint met de ruwe informatie (voor een foto zijn dat de pixels) en stuurt die door verschillende lagen. In de eerste lagen detecteert het netwerk simpele dingen, zoals randen of hoeken in de afbeelding. In de volgende lagen combineert het netwerk deze stukjes informatie om meer te leren over vormen en patronen, bijvoorbeeld de ronde vorm van een appel.



## 6 Nóg dieper graven in deeplearning

### 6.1 Deeplearning voor complexe problemen

Sam, onze bioboer, heeft al geleerd hoe ze neurale netwerken kan gebruiken om haar appels en peren te sorteren. Maar wat als ze nog grotere uitdagingen wil aanpakken, zoals het voorspellen van ziektes in haar fruitbomen of het herkennen van honderden verschillende soorten fruit? Ook daar komt deeplearning om de hoek kijken.

Deeplearning is een specifieke vorm van machinelearning waarbij gebruikgemaakt wordt van neurale netwerken met veel lagen. Het verschil tussen 'gewone' neurale netwerken en deeplearning ligt vooral in het aantal lagen. In plaats van slechts één of twee verborgen lagen zoals in de meeste traditionele neurale netwerken, hebben deeplearning-netwerken veel meer lagen, vaak tientallen of zelfs honderden. Grotere netwerken, dus met veel lagen en neuronen, kosten meer tijd en energie om te trainen. Als Sam een neuraal netwerk ontwerpt voor een bepaalde taak, maakt ze een afweging

tussen hoe goed het moet werken en hoe groot het is.

Hoeveel lagen zouden AI-modellen hebben die tekst, afbeeldingen en zelfs video kunnen genereren?

Je kan ervan uitgaan dat systemen voor generatieve AI, zoals ChatGPT, Claus, Stable Diffusion en Gemini, een beroep doen op neurale netwerken met ongeveer 100 lagen en meer dan honderd miljard parameters.

## 6.2 Voorbeelden van deeplearning in actie

Deeplearning is niet alleen nuttig voor Sam op haar boerderij, maar wordt ook op veel andere plekken gebruikt. Denk bijvoorbeeld aan Netflix, Amazon en Spotify. Zij lijken altijd te weten welke films, boeken of muziek jij leuk vindt. Dat komt omdat ze deeplearning toepassen.

Ook je virtuele assistenten zoals Siri en Alexa leren op deze manier jouw verwarming of verlichting bedienen. Misschien heb je wel eens gebruikgemaakt van ChatGPT om een vraag te beantwoorden. Zelfs oude zwart-witfoto's krijgen dankzij deeplearning weer kleur, en er zijn nu zelfrijdende taxi's die met behulp van deze technologie veilig door bepaalde steden navigeren.

In de toekomst zal deeplearning nog verder evolueren. Wie weet, misschien kijk je binnenkort wel naar een film die volledig door AI is gemaakt: van het script, over de muziek, tot de regie.

En Sam? Zij kan deeplearning gebruiken om nog beter voor haar gewassen te zorgen en misschien zelfs de relatie tussen planten en insecten te bestuderen.

## Sofie – biologe

Sofie wil weten welke planten bestand zijn tegen de klimaatverandering. Dat is immers belangrijk voor onze voedselvoorziening. Om dat te onderzoeken, moet ze heel veel microscopische foto's van bladeren van planten bekijken en er de huidmondjes op tellen en meten. Best wel saai en tijdrovend werk!

Omdat deze foto's digitaal zijn, kan ze een computer inzetten om dit werk te automatiseren. Aan de hand van gelabelde afbeeldingen kunnen we immers een neurale netwerk trainen dat huidmondjes op foto's herkent. Andere algoritmes kunnen deze huidmondjes nadien tellen of de grootte ervan inschatten. Dit AI-systeem brengt het werk van Sofie in een stroomversnelling. De vrijgekomen tijd kan ze nu besteden aan het onderzoeken van nog meer interessante dingen.



## 6.3 Hoe werkt het?

Wanneer Sam met deeplearning grote problemen wil aanpakken, dan zijn er een paar kenmerken van deeplearning waarmee ze rekening moet houden.

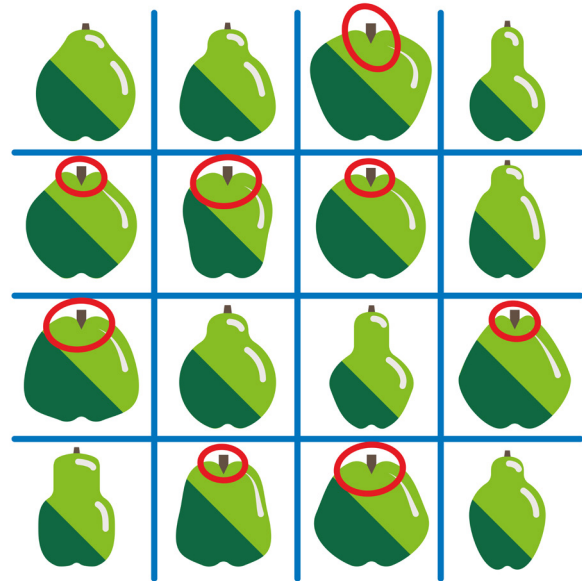
**Meer lagen, meer mogelijkheden:** Deeplearning-netwerken hebben veel verborgen lagen, waardoor ze dieper kunnen graven in de data. Dit helpt bij het leren van complexere taken, zoals het herkennen van kleine afwijkingen in haar fruit die kunnen wijzen op ziektes.

**Veel data nodig:** Omdat deeplearning zo diep in de data duikt, heeft het veel voorbeelden nodig om goed te kunnen leren. Maar voor Sam betekent dit dat ze veel foto's van haar fruit moet verzamelen, zodat het netwerk kan leren welke appels perfect zijn en welke niet.

**Complexe taken:** Deeplearning is tot veel in staat. Denk aan gezichtsherkenning zoals op sociale media, spraakherkenning zoals Siri of Alexa, of zelfs tekst samenvatten en vertalen. Voor Sam kan het helpen bij het analyseren van complexe gegevens over haar gewassen en bodem.

**Krachtige computers:** Deeplearning vraagt om veel rekenkracht, omdat het zoveel lagen en data moet verwerken. Dit wordt mogelijk gemaakt door moderne technologie zoals speciale chips. Misschien heeft Sam zelf geen supercomputer, maar gelukkig kunnen veel van deze deeplearning-toepassingen ook online worden gebruikt via clouddiensten.

Hoewel de basisideeën van deep learning al tientallen jaren bekend zijn, begon de echte opmars pas rond 2010. Dit kwam door belangrijke ontdekkingen, krachtigere computers en de enorme hoeveelheid data die tegenwoordig beschikbaar is via het internet. De krachtige chips, zoals de grafische processoren die oorspronkelijk voor games werden ontwikkeld, maakten het mogelijk om dieper in data te graven en patronen te vinden die voorheen onzichtbaar waren.



## 7 Hoe een AI-systeem leert communiceren

Nu we een beter beeld hebben van hoe Sam de technieken van machinelearning, in het bijzonder deep learning, kan gebruiken op haar boerderij, kunnen we eens kijken naar een ander indrukwekkend voorbeeld van AI: ChatGPT.

Dit is een taalmodel dat getraind is om menselijke gesprekken te voeren. Net zoals Sams systemen leren om appels van peren te onderscheiden, leert ChatGPT om teksten te genereren.

ChatGPT leert op verschillende manieren, waarbij de drie vormen van leren samenkomen: gesuperviseerd leren, ongesuperviseerd leren, en versterkend leren. Laten we eens kijken hoe dit werkt.

### 7.1 Gesuperviseerd leren: patronen in teksten herkennen

Net zoals Sam haar foto's van appels en peren labelt om het systeem te laten leren, is ChatGPT getraind met een enorme hoeveelheid gelabelde data – in dit geval teksten. Denk aan miljarden teksten van websites zoals

Wikipedia, online boeken en fora. Door de opbouw van al die teksten te analyseren, leert ChatGPT patronen herkennen.

Net zoals het systeem van Sam leert om appels van peren te onderscheiden, leert ChatGPT welke woorden vaak

samen voorkomen, in welke contexten ze voorkomen, enz. Zo kan hij, wanneer je een stukje tekst invoert, voorspellen wat het meest waarschijnlijk het volgende woord

of de volgende zin is. Daarna leert ChatGPT ook om te reageren op vragen, zodat het echt met mensen in gesprek kan gaan.

## 7.2 Ongesuperviseerd leren: zelf verbanden leggen

Net zoals Sam soms niet precies weet hoe ze haar fruit moet sorteren op basis van kwaliteit, en dit overlaat aan een ongesuperviseerd model, wordt ChatGPT getraind met ongesuperviseerd leren. Het systeem genereert zélf teksten, en mensen

ordenen deze teksten vervolgens van goed naar slecht. Op basis daarvan leert ChatGPT waaraan het menselijke teksten kan herkennen zonder dat hij daarvoor exacte regels meekrijgt, en ontstaat er een systeem dat een score toekent aan elke tekst.

## 7.3 Versterkend leren: verbeteren door beloning

Tot slot gebruikt ChatGPT dat scoresysteem om zichzelf te trainen in het genereren van betere teksten. ChatGPT gebruikt dus versterkend leren, net zoals de plukrobot van Sam leert welke bewegingen het best onkruid verdelgen. ChatGPT leert

zichzelf te verbeteren door ‘beloningen’ te krijgen voor goede antwoorden. Door steeds betere antwoorden te genereren, wordt het systeem steeds ‘slimmer’ in het voeren van gesprekken.

## 8 Hoe AI ons leven vormgeeft

Sam is heel blij met de voordelen die AI haar biedt op de boerderij. Dankzij slimme systemen kan ze haar appels en peren sneller sorteren, ziektes eerder opsporen en zelfs haar werk efficiënter plannen.

### 8.1 Veranderingen op de werkvloer

Sam stelt zich vragen over wat de impact zal zijn als ze voor alle taken AI begint in te schakelen. Hoe zal AI de werknemers op haar boerderij beïnvloeden? Hun job zal minder zwaar worden, maar ook veranderen. Willen ze dat wel? Sam is niet de enige die zich vragen stelt. Denk aan acteurs en scenaristen die zich afvragen of AI hun creatieve werk zal overnemen, of leerkrachten die zich afvragen of het traditionele evalueren nog wel werkt in een wereld waarin leerlingen AI kunnen gebruiken voor huiswerk. Zelfs artsen krijgen hulp van AI, zoals radiologen

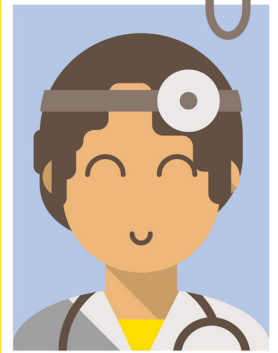
om medische beelden te beoordelen. Maar in hoeverre kunnen we AI daarin vertrouwen?

Steeds vaker worden beslissingen die voorheen door mensen werden genomen, nu door algoritmes gemaakt. Bijvoorbeeld bij de beoordeling van een lening of het selecteren van kandidaten voor een baan. En dat leidt soms tot onzekerheid: trekt AI de juiste conclusies? Versterkt het niet de menselijke/maatschappelijke vooroordelen die in onze gegevensbanken geslopen zijn? En hoe houden we de controle over deze technologie?

## Xiao Xin – arts

De medicijnen die Xiao Xin ter beschikking heeft, zijn niet alleen heel duur, soms zorgen ze ook voor vervelende bijwerkingen. Daarom is ze op zoek naar een manier om voor elke patiënt de optimale dosis te bepalen.

Als we voldoende patiëntendossiers en -gegevens in de computer stoppen, kunnen we met machinaal leren complexe relaties tussen al deze gegevens opsporen. Het is daarbij belangrijk dat we de computer goed vertellen wat voor elke patiënt het effect was van een bepaalde dosis medicijnen. Op basis van een heleboel persoonlijke kenmerken, van lichamelijke tot erfelijke, zal de computer bepalen welke medicatie het meest geschikt is en wat de meest optimale dosis is. Dat is niet alleen goedkoper, maar levert ook minder bijwerkingen op.



## 8.2 De digitale kloof

Sam leerde hoe AI haar kan helpen met haar boerderij, maar niet iedereen heeft die kans of kennis. De snelle ontwikkelingen op het gebied van AI zijn best overweldigend. We gebruiken AI voor alles: van automatische vertaling, bij het browsen, tot nummerplaatherkenning in parkeergarages. Hierdoor dreigt een digitale kloof te ontstaan, waarbij sommigen moeite hebben om bij te blijven in de steeds sneller digitaliserende wereld.

Dit zorgt ervoor dat mensen soms bang zijn dat ze niet meer mee kunnen of dat ze afhankelijk worden van technologie die ze niet begrijpen. Net zoals Sam leerde hoe ze AI op een praktische manier kan inzetten, is het belangrijk dat iedereen de basisprincipes van AI en technologie begrijpt om mee te kunnen in deze snel veranderende wereld.

## 8.3 Sociale veranderingen

Ook in ons sociaal leven heeft AI een grote invloed. Terwijl Sam nog steeds contact heeft met klanten en collega's, zijn er veel mensen die thuis werken, hun boodschappen online doen en hun sociale contacten vooral via virtuele kanalen onderhouden. Dit kan leiden tot een gevoel van isolatie.

Sommige mensen zoeken dan hun toevlucht bij apps die vriendschap simuleren, wat hen enerzijds troost kan bieden, maar hen anderzijds in een bubbel steekt. AI kan op veel manieren ons leven verrijken, maar we moeten ook letten op de sociale gevolgen van deze technologische vooruitgang.

## 8.4 Uitdagingen en risico's van AI

**Bias** in AI ontstaat wanneer het systeem bevooroordeelde beslissingen maakt op basis van onevenwichtige of foutieve data. Als de gegevens die je invoert vooringenomen zijn, kunnen de resultaten van AI ook vooringenomen zijn. Stel dat Sam slechts één type appel gebruikt om haar model te trainen, maar vijf verschillende soorten appelbomen heeft, dan zal haar model fouten maken in de voorspellingen. Het zou immers goed kunnen dat het systeem de andere vier appelsoorten niet herkent.

Daarnaast zorgt **generatieve AI** ervoor dat het makkelijker is om valse informatie te creëren, zoals deepfakes of fakenieuws. Dit roept de vraag op: hoe weten we nog wat echt is? Generatieve AI doet ons ook nadenken over wat creativiteit is. En dan is er nog de **energiekost** van AI. De training van een groot AI-model, zoals ChatGPT,

verbruikt veel energie, en naarmate meer mensen AI gebruiken, groeit ook de behoefte aan datacenters die energie slurpen. In een tijd waarin klimaatverandering een steeds groter probleem wordt, is dit een belangrijke kwestie.

Er zit bias in alle generatieve AI die tekst en afbeeldingen genereert. Geef zelf een opdrachtprompt aan een tool zoals ChatGPT om bias in het model te ontdekken.

## 8.5 Leren omgaan met AI

Sam heeft geleerd dat AI haar werk makkelijker kan maken, maar ze begrijpt ook dat ze het op de juiste manier moet gebruiken. Net zoals Sam haar kennis van AI heeft vergroot, is het belangrijk dat wij allemaal begrijpen hoe deze technologie werkt. Digitale vaardigheden voldoen niet meer; we moeten ook leren om kritisch te denken over technologie. Door inzicht te krijgen in de manier waarop AI werkt, kunnen we de voordelen benutten en de risico's beter inschatten.

AI is geen magie, en je hoeft geen ingenieur te zijn om te begrijpen wat het doet. Net zoals Sam heeft geleerd hoe AI haar werk kan ondersteunen, kunnen wij allemaal leren om AI op een verstandige en verantwoordelijke manier in te zetten.

## 9. En nu? Zelf aan de slag!

### 9.1 AI is er voor iedereen, ook voor jou

Nu je een beter begrip hebt van wat AI is en hoe het werkt, heb je vast een beter beeld van hoe AI de wereld om ons heen kan veranderen. Of het nu gaat om het sorteren van fruit op Sams boerderij, het ontwikkelen van zelfrijdende auto's of het analyseren van medische gegevens, AI opent de deur naar een wereld vol mogelijkheden.

Maar AI gaat niet alleen over grote bedrijven of geavanceerde machines. Het gaat ook over jou. AI is een technologie die voor iedereen toegankelijk wordt, en waarvan de impact voelbaar zal zijn in vrijwel elke sector en elk beroep. Daarom is het belangrijk om te blijven leren en na te denken over hoe je AI in je eigen werk of leven kunt inzetten. Misschien wil je het gebruiken om je dagelijkse taken efficiënter te maken, of misschien zie je mogelijkheden om AI te gebruiken om maatschappelijke uitdagingen aan te pakken.

Wat dit boek je vooral wil meegeven, is dat AI niet iets is om je door te laten overweldigen, maar iets waar jij, ongeacht je achtergrond, mee aan de slag kunt gaan. Het is niet meer alleen een zaak voor techexperts. AI is van ons allemaal, en dat betekent dat jij een rol kunt spelen in hoe het zich verder ontwikkelt en toegepast wordt.

## 9.2 AI Op School: De volgende generatie klaarstomen voor de toekomst

Het lesmateriaal van AI Op School speelt in op precies deze behoefte: ervoor zorgen dat iedereen, van jong tot oud, de kans krijgt om AI te begrijpen en ermee te experimenteren. Vooral voor de nieuwe generatie is het cruciaal om te leren wat AI is, hoe het werkt, en hoe ze het kunnen toepassen in hun eigen leven en werk.

The logo for AI Op School features the letters 'AI' in a large, blue, sans-serif font. To the right of 'AI', the words 'OP' and 'SCHOOL' are stacked vertically in a smaller, blue, sans-serif font.

Met AI Op School maakt Dwengo AI toegankelijk voor leerlingen van alle leeftijden door het te integreren in het onderwijs. Zo zorgen we ervoor dat de technologie niet iets blijft dat alleen door specialisten wordt begrepen, maar dat jongeren leren hoe ze het kunnen gebruiken om hun eigen ideeën te realiseren. AI Op School zorgt voor lesmateriaal voor het secundair onderwijs rond AI, gelinkt aan de minimumdoelen en de leerplandoelen. Leerkrachten kunnen er een leerlijn mee uitbouwen van het eerste t.e.m. het zesde middelbaar.

**[www.dwengo.org/aiopschool](http://www.dwengo.org/aiopschool)**

## BRONVERMELDINGEN

Bill Gates. (1 februari 2008). A Robot in Every Home. *Scientific American. Special Editions*, 18(1), 58-65.

Te raadplegen via **[www.doi.org/10.1038/scientificamerican0208-4sp](https://www.doi.org/10.1038/scientificamerican0208-4sp)**

Sergey Levine, Peter Pastor, Alex Krizhevsky, Julian Ibarz, Deirdre Quillen. (2018). Learning Hand-eye Coordination for Robotic Grasping with Deep Learning and Large-scale Data Collection. *The International Journal of Robotics Research*, 37(4-5), 421-436.

Te raadplegen via **[www.doi.org/10.1177/0278364917710318](https://www.doi.org/10.1177/0278364917710318)**

Shana Lynch. (11 maart 2017). Andrew Ng: Why AI is the New Electricity. *Insights by Stanford Business*.

Te raadplegen via **[www.gsb.stanford.edu/insights/andrew-ng-why-ai-new-electricity](https://www.gsb.stanford.edu/insights/andrew-ng-why-ai-new-electricity)**

## COLOFON

Copyright © 2025 Dwengo vzw  
ISBN 9789464441086  
D/2025/Dwengo/1  
NUR 984

**We willen graag zo veel mogelijk mensen laten kennismaken met de basisconcepten van AI en ze warm maken voor wetenschap en techniek.**

Daarom brengen we dit boek uit onder Creative Commons.



### **De gebruiker mag:**

- het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven;
- remixen, veranderen en afgeleide werken maken.

### **Onder de volgende voorwaarden:**

- Naamsvermelding: de gebruiker dient bij het werk steeds de auteurs en Dwengo vzw te vermelden (maar zonder de indruk te wekken dat Dwengo vzw instemt met je werk of jouw gebruik van het werk).
- Gelijk delen: indien de gebruiker het werk bewerkt, kan het daaruit ontstane werk uitsluitend krachtens dezelfde licentie als de onderhavige licentie of een gelijksoortige licentie worden verspreid.
- Voor de foto's die in de lijst met foto's aangeduid zijn met een \*, zijn de beperkingen van het auteursrecht toepasselijk.

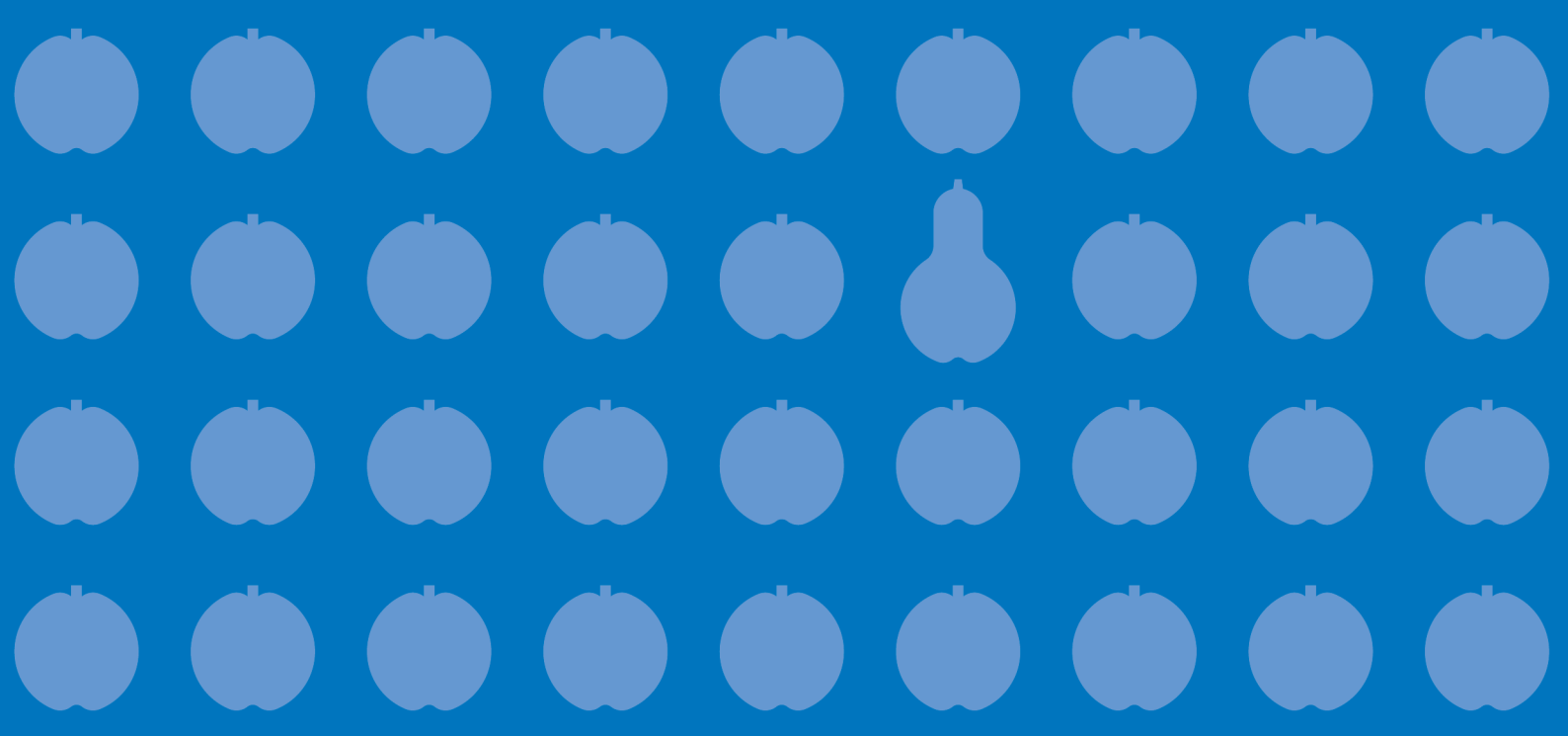
**info@dwengo.org · [www.dwengo.org](http://www.dwengo.org)  
[www.dwengo.org/aiopschool](http://www.dwengo.org/aiopschool) · [www.dwengo.org/kiks](http://www.dwengo.org/kiks)**

dwengo

AI OP  
SCHOOL

provincie  
Oost-Vlaanderen





Corrector: Annick Dehennin

Illustraties en lay-out: Margot De Saegher en Zimcke Van de Staey

Onderga je al die AI-toepassingen?  
Of wil je er bewust mee omgaan?

