

Neural Networks

TCTI-VKAAI-17: Applied Artificial Intelligence

Huib Aldewereld

Leerdoelen



- Na deze les kan de student:
 - Concepten van neurale netwerken, bijv. neurons, perceptrons, layers uitleggen en toepassen in het ontwerp van een neuraal netwerk.
 - Weloverwogen keuzes maken met betrekking tot netwerktopologie, initialisatie, gewichten en leeralgoritme in het bouwen van een neuraal netwerk voor een specifiek doel.

Inhoudsopgave



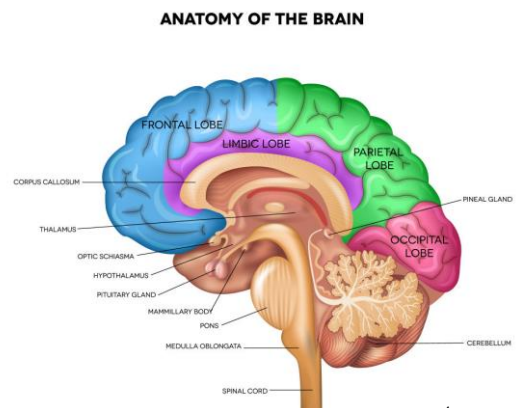
- Wat is een neurale netwerk?
 - Brein analogie
 - Concepten
 - Perceptron
- Wat een perceptron doet
 - Beperkingen van de perceptron
- Artificial neural networks
- Feed-forward netwerken
 - Bias
 - Sigmoid activation

3

Neural Network



- Geïnspireerd op menselijke intelligentie
- Het brein
 - Opgebouwd uit kleine modules: neurons, axonen, dendrieten
 - Elk simpel in functionaliteit (aan/uit)
 - Samenspel van veelvoud (86 miljard neuronen, >1 biljard verbindingen) maakt mens intelligent
- Als we dat nou eens nabouwen, hebben we dan ook meteen een intelligent systeem?

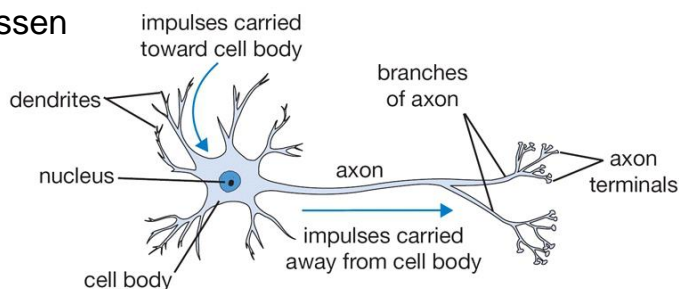


4

Neuron



- Basiscomponenten:
 - Nucleus ('reken'kern: aan of uit)
 - Axon ('verbinding' / output)
 - Dendrites ('ontvangers' / input)
 - Synapse = verbinding tussen axon en dendrite
- Door verandering aan de kern, output en ontvangers kan een neuron zich 'aanpassen', d.w.z. leren wanneer aan/uit
- Neurotransmitters zorgen voor informatieoverdracht van axon naar dendrite

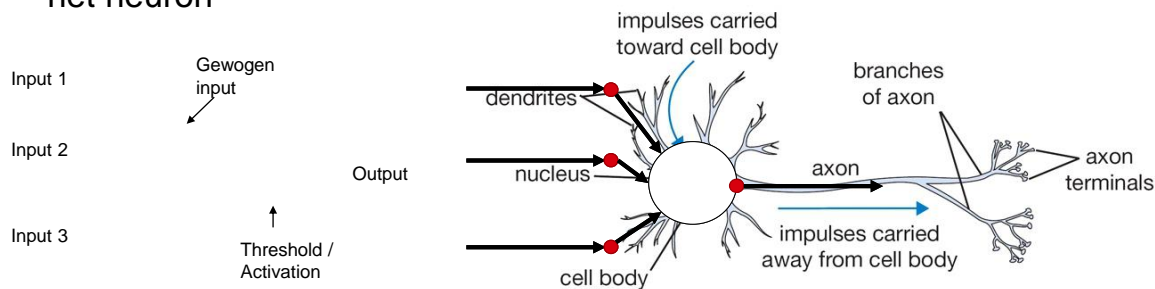


5

Artificial Neuron



- Synaps is verbinding met axon van voorgaande neuronen
- Signalen op de synaps hebben een invloed op de activatie van het neuron
- Als het neuron voldoende wordt gestimuleerd, vuurt het
- Vuren betekent een signaal over het axon naar volgende neuronen

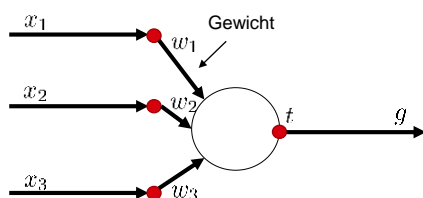


6



Artificial Neuron

- **Input**
 - 0 – 255 (grijs-/kleurwaarden in plaatje)
 - Reëel getal tussen -1 – 1
- Elke verbinding met axons **gewogen**; factor die de invloed van dat neuron bepaald
- Als de optelling van de inputs (gewogen naar belang) hoger is dan de **threshold**, stimuleert het neuron zijn opvolgers (via axon)



$$output = g = \begin{cases} 0 & \text{if } \sum_{i=1}^n w_i x_i < t \\ 1 & \text{if } \sum_{i=1}^n w_i x_i \geq t \end{cases}$$

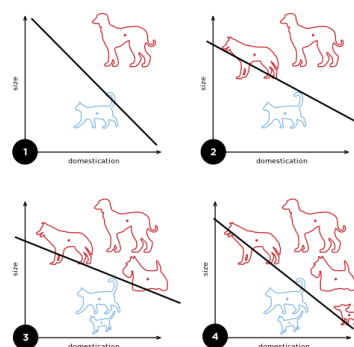
Activation function

7

Perceptron



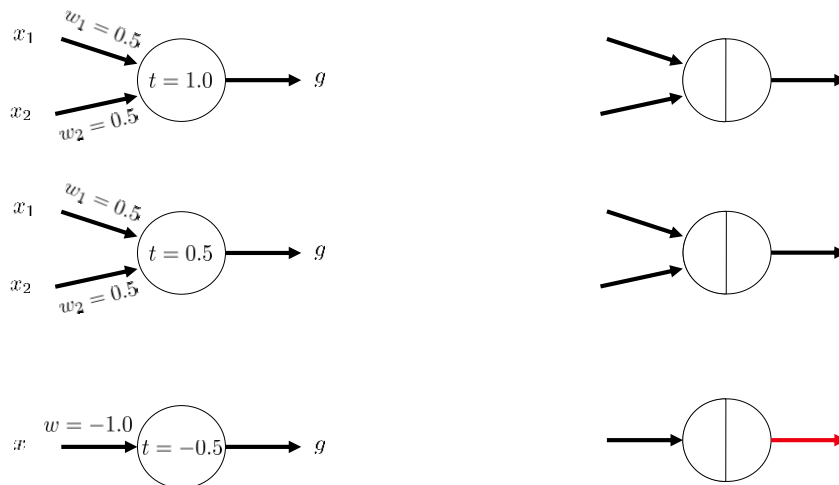
- Single-layered neural network
 - Alleen inputs, gewichten en output
- Input is multi-dimensional (vector)
- Typisch ‘fully connected’
 - Elke input heeft een invloed op de output
- Berekend gewogen som van inputs om output(s) te bepalen
- Eenvoudige binaire classifieer
 - Spam/ham, vogel/niet vogel, ...



8



Voorbeeld: AND / OR / INVERT



9



Inhoudsopgave

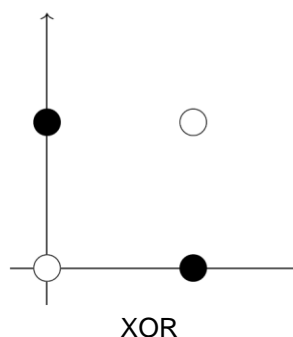
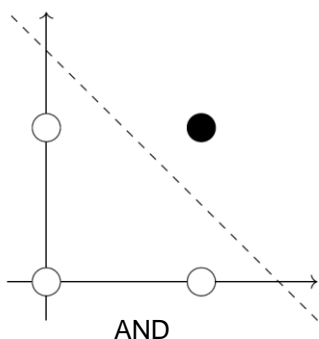
- Wat is een neurale netwerk?
 - Brein analogie
 - Concepten
 - Perceptron
- Wat een perceptron doet
 - Beperkingen van de perceptron
- Artificial neural networks
- Feed-forward netwerken
 - Bias
 - Sigmoid activation

10



Wat een perceptron doet

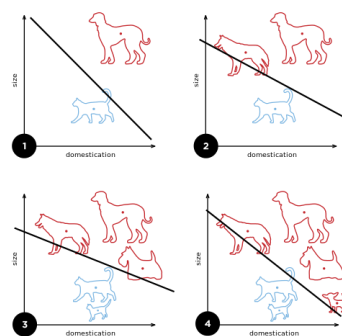
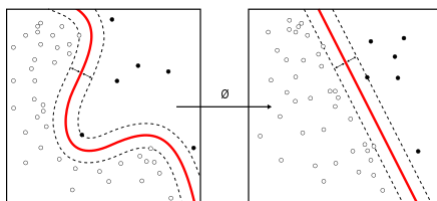
- Binair, lineair onderscheiden van classes
 - Gebaseerd op input(s)



11

Beperkingen van Perceptron

- Alleen lineaire onderscheidbaarheid
- Niet in staat om 'grillige' vormen in de classificatiegrens te leren



12



Inhoudsopgave

- Wat is een neurale netwerk?
 - Brein analogie
 - Concepten
 - Perceptron
- Wat een perceptron doet
 - Beperkingen van de perceptron
- Artificial neural networks
- Feed-forward netwerken
 - Bias
 - Sigmoid activation

13



Artificial neural network

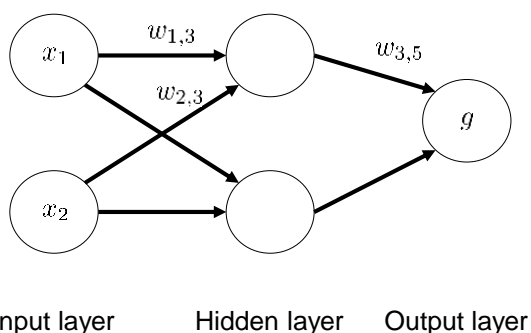
- Perceptron
 - Simplistisch
 - Redelijk krachtig
 - Maar, met beperkingen
- Maar, gebaseerd op 1 enkele neuron (ook wel unit genoemd)
- Artificial neural network is een verzameling van verbonden units
 - Opgedeeld in lagen

14



Artificial neural network

- Multi-layered neural network
 - Multi-layered Perceptron (MLP)



- Elke verbinding heeft een gewicht
- Fully connected (feed-forward):
 - Elk neuron op laag i is verbonden met elk neuron op laag $i + 1$
- Recurrent:
 - Neuronen kunnen verbindingen hebben met vorige lagen (out of scope)

15

Inhoudsopgave



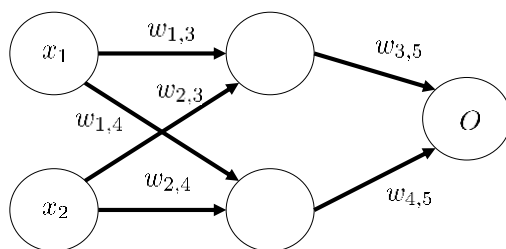
- Wat is een neurale netwerk?
 - Brein analogie
 - Concepten
 - Perceptron
- Wat een perceptron doet
 - Beperkingen van de perceptron
- Artificial neural networks
 - Feed-forward netwerken
 - Bias
 - Sigmoid activation

16



Feed-forward network

- Multi-layered neural network
 - Multi-layered Perceptron (MLP)



Input layer Hidden layer Output layer

- Input propageert *voorwaarts* door het netwerk
- Inputs → Hidden → Output
- Output berekend door:

$$\begin{aligned}
 O &= g(w_{3,5}a_3 + w_{4,5}a_4) \\
 &= g(w_{3,5}g(w_{1,3}a_1 + w_{2,3}a_2) + w_{4,5}g(w_{1,4}a_1 + w_{2,4}a_2))
 \end{aligned}$$

17

Bias

- Gebruik threshold hinderlijk
- Makkelijker te representeren door invoer van een bias

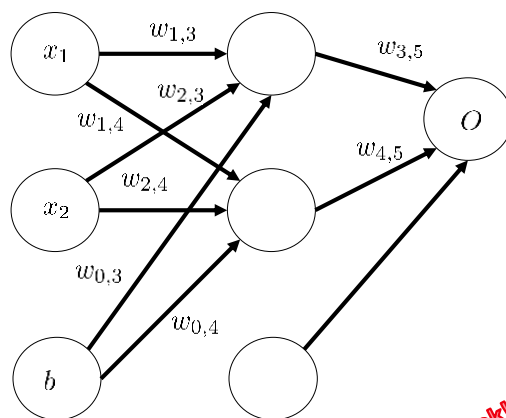
$$b \equiv -\text{threshold}$$

$$\text{output} = g = \begin{cases} 0 & \text{if } \vec{w} \cdot \vec{x} + b < 0 \\ 1 & \text{if } \vec{w} \cdot \vec{x} + b \geq 0 \end{cases}$$

- Alternatief, neem bias op als input (altijd -1):

$$\text{output} = g = \begin{cases} 0 & \text{if } \vec{w} \cdot \vec{x} < 0 \\ 1 & \text{if } \vec{w} \cdot \vec{x} \geq 0 \end{cases}$$

$$x \equiv \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} \quad \vec{w}_3 \equiv \begin{pmatrix} w_{1,3} \\ w_{2,3} \end{pmatrix}$$

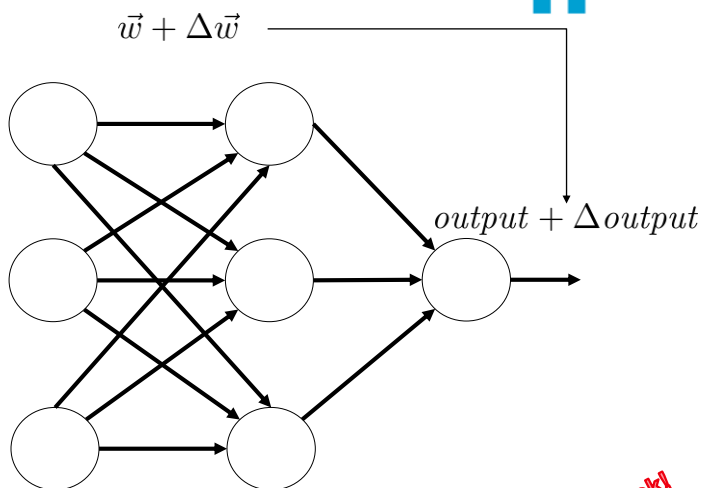


Meer volgende week!

18

Leren van NN

- Maak een aanpassing aan de gewichten, zodanig dat de output *dichter* bij de gewenste output komt
- De threshold functie (step-function) die we nu gebruiken maakt dit erg lastig!



Meer volgende week!

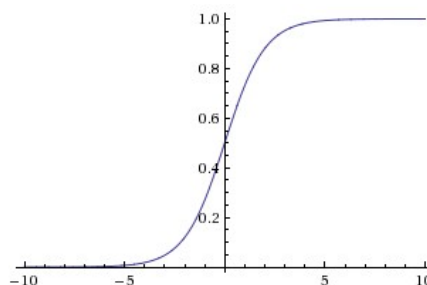
19

Sigmoid neuron

- Verander activatiefunctie van step-functie (threshold) naar een continue functie
- Sigmoid functie:

$$\sigma(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

- Neem een reëel getal en “plet” die tot een waarde tussen 0 en 1
 - Waarbij grote negatieve waarden 0 worden
 - En grote positieve waarden 1



20



Alternatieven

- Nadelen Sigmoid:
 - Sigmoid verzadigd en stopt gradients
 - Sigmoid output niet zero-centered
- Tanh
 - Sigmoid, maar dan rondom 0
$$\tanh(z) = 2\sigma(2x) - 1$$
- ReLU
 - Momenteel populairst
$$f(z) = \max(0, z)$$

