**Creëren van muziek met behulp van Artificiële Intelligentie**

Alexander Dmitryevich Znamenskiy, Maurice van de Streek, mr. Van Oorschot

*Research Scholar, V6E, Informatics, Lorentz Casimir Lyceum, Eindhoven, Noord-Brabant, Netherlands; Research Scholar, V6E, Informatics, Lorentz Casimir Lyceum, Eindhoven, Noord-Brabant, Netherlands; High School Teacher Informatics, Lorentz Casimir Lyceum, Eindhoven, Noord-Brabant, Netherlands*

***Abstract:*** *In onze tijd worden bij steeds meer taken gebruik gemaakt van Artificiële Intelligentie. Voor een lange tijd dachten mensen dat creatieve taken alleen verricht konden worden door een persoon. In dit onderzoek tonen wij het tegendeel aan met behulp van voorbeelden en demonstraties.*

# **Introductie**

Vanaf het begin van de computer dacht men dat op een dag zij net zo slim zullen zijn als wij. Dit begon met visies over robots die ons zouden vervangen en de makkelijkste taken van ons zouden overnemen. Ook al stelde de wetenschappers en denkers van toen het anders voor, is deze voorspelling grotendeels uitgekomen. AI’s komen voor in de meeste alledaagse dingen die je doet: een foto maken met je telefoon, een liedje opzetten met “OK Google”, leuke foto’s en video’s zien op sociale media, maar ook het voorkomen van het zien van foto’s die je liever niet wil zien.

# **Inhoud**

[**Introductie**](#_aiw0ofhte0c3) **1**

[**Inhoud**](#_cds3bde1iaa3) **1**

[**Onderzoeksvraag**](#_fd2vp2av9886) **2**

[**Hypothese**](#_iz80fcuepilk) **2**

[**Werkplan**](#_fy4y1jfzyd66) **2**

[**Onderzoeksproces**](#_uop7v9ynxsyb) **3**

[***Onderzoeksgegevens***](#_tmm5spzdsqvh) ***3***

[***Deelvragen***](#_58kpuqi5yt6e) ***3***

[**Eindproduct**](#_qg0zlca1qrfw) **12**

[**Resultaten**](#_pp2ndu265x94) **12**

[**Conclusie**](#_s1722rhxw6z1) **12**

[**Discussie**](#_r6qowercms62) **12**

# **Onderzoeksvraag**

**Kan AI muziek componeren waarvan men niet kan onderscheiden of een mens of een computer het gemaakt heeft?**

* 1. **Wat is AI**
  2. **Wat is onze input en output?**
  3. **Hoeveel training data is er vereist?**
  4. **Hoe goed is de gemaakte muziek?**
  5. **Deelvraag 5**
  6. **Deelvraag 6**
  7. **Deelvraag 7**

# **Hypothese**

Wij verwachten dat AI in staat is om muziek te componeren, waarvan men wel kan onderscheiden of een mens of een computer het gemaakt heeft. (De mensheid gedurende haar geschiedenis heel veel muziek heeft geschreven, die tegenwoordig allemaal via het internet toegangbaar zijn.) Vanwege deze grote hoeveelheid data aan muziek die toegangbaar is voor ons, denken wij dat het mogelijk is.

# **Werkplan**

Om de eerste deelvraag te beantwoorden gaan wij eerst literatuuronderzoek doen over verschillende vormen van AI. Daarnaast zullen wij ook kleine demonstraties uitvoeren om zo meer ervaring en kennis te verkrijgen over de werking van het gekozen type AI. Voor de tweede deelvraag zullen we literatuuronderzoek doen over muziek op zichzelf. Om de derde deelvraag te beantwoorden gaan we grondiger literatuuronderzoek verrichten op het antwoord van de tweede deelvraag. Wij zullen dan ook beginnen met het creëren van ons eindproduct. Wanneer het neerkomt op het programmeren zijn we van plan om iteratief te werken en om elkaars werk continu te beoordelen. (Wij zullen aan muzikanten vragen over muziektheorie en aan software engineers over hoe zij dit zouden aanpakken).

# **Onderzoeksproces**

## **Onderzoeksgegevens**

We begonnen het onderzoek naar dit thema bijna meteen nadat wij ons thema hadden vastgesteld.

## **Deelvragen**

1. **Welke typen AI bestaan er?**

Om te onderzoeken welke typen AI er bestaan hebben wij als eerste op internet onderzoek gedaan naar deze typen. Al snel bleek te zijn dat wij niet naar de correcte dingen zochten. We kregen steeds 4 “trivia” stijl typen te zien, die meer de globale zicht op AI uitlegden. Na verder te zoeken kwamen we er uiteindelijk achter dat de beste manier om naar typen AI te zoeken was: AI subfields ipv types of AI. Na dit opgezocht te hebben stootten wij op meerdere resultaten.

1. **Welke eigenschappen/patronen vormen muziek?**

Wij denken dat muziek bestaat uit tallen van eigenschappen, maar om een algemeen beeld te krijgen is het heel waarschijnlijk te verdelen in paar grote groepen.

Voor deze deelvraag duiken wij in de literatuur en het internet voor het ontdekken en uitbreiden van onze kennis over muziek.

1. **Welke type AI kan het beste worden toegepast op het creëren van muziek?**
2. **Wat voor type AI gaan we gebruiken?**

Het type AI dat wij gaan gebruiken is een Recurrent Neural Network (RNN)

1. **Wat is onze input en output?**

Voor de input van ons product is het het meest waarschijnlijk dat wij het MIDI formaat gaan gebruiken.

Voor het makkelijk aflezen van informatie uit een audiofile zijn meerdere formaten aanwezig. De meest bekende hieruit zijn de ABC formaat en de MIDI formaat. Het zou erg moeilijk zijn om voor dit project formaten zoal mp3 of wav gebruiken. Deze formaten bevatten namelijk alleen de golf audiofile en geen extra informatie. Een file zoals MIDI daarentegen bevat informatie over alle noten, de verschillende instrumenten, de ritmes en de verschillende stemmen. Het is ook veel handiger om het MIDI formaat te gebruiken in tegenstelling tot het ABC formaat omdat er veel meer libraries van bestanden in het MIDI formaat te vinden zijn op het internet.

Hier onderzoeken wij de resultaten van de vorige deelvraag en bepalen wij wat het beste formaat van in- en output wij kunnen gebruiken voor ons netwerk.

1. **Hoeveel training data is er vereist?**
2. **Wat zijn de gevaren van AI?**
3. **Hoe werken Neural Networks in detail?**
4. **Deelvraag 6**
5. **Lijkt het gemaakte muziekstuk op een muziekstuk dat door een mens gemaakt kon worden?**
   1. **Oefenmodellen**

Allebei Alexander en Maurice hebben oefenmodellen gemaakt voor het leren van tensorflow. Deze zijn te vinden in de bijlagen als .ipynb files met bij elk zijn uitleg.

# **Eindproduct**

Als eindproduct hebben wij een Neural Network gemaakt die muziek genereert. Deze doet dit door als input MIDI files te nemen en dan een MIDI file als output te geven. Hieronder beschrijven we in detail het proces van het maken van de Neural Network en de werking ervan in detail.

* 1. **Proces**

In het begin waren we begonnen met het maken van een plan voor het maken van het eindproduct. Na ons onderzoek hebben we besloten dat van alle AI technologieën wij de RNN (Recurrent Neural Network) met LSTM zullen gebruiken.

* 1. **Werking**

Hieronder beschrijven wij in detail de werking van ons programma.

Programma:

seed **=** 42

tf**.**random**.**set\_seed(seed)

np**.**random**.**seed(seed)

*# Sampling rate for audio playback*

\_SAMPLING\_RATE **=** 16000

Run one to download a dataset:

DATASET 1: GAME MUSIC

In [349]:

data\_dir **=** pathlib**.**Path('data/game')

**if** **not** data\_dir**.**exists():

tf**.**keras**.**utils**.**get\_file(

'game',

origin**=**'https://drive.google.com/file/d/14e0MCJD7RH\_m7CpsFZWPIpO0WgQrwi64/view',

extract**=True**,

cache\_dir**=**'.', cache\_subdir**=**'data',

)

DATASET 2: BACH

In [230]:

data\_dir **=** pathlib**.**Path('data/bach/bach')

**if** **not** data\_dir**.**exists():

tf**.**keras**.**utils**.**get\_file(

'bach',

origin**=**'http://www.bachcentral.com/download.html',

extract**=True**,

cache\_dir**=**'.', cache\_subdir**=**'data',

)

In [350]:

filenames **=** glob**.**glob(str(data\_dir**/**'\*\*/\*.mid\*'))

print('Number of files:', len(filenames))

Number of files: 1284

take a sample file

In [351]:

sample\_file **=** filenames[0]

print(sample\_file)

data\game\1\1 \_Raid and Pacific Attack\_ Title Screen Song.mid

Out[354]:

retrieve instrument

In [355]:

print('Number of instruments:', len(pm**.**instruments))

instrument **=** pm**.**instruments[0]

instrument\_name **=** pretty\_midi**.**program\_to\_instrument\_name(instrument**.**program)

print('Instrument name:', instrument\_name)

Number of instruments: 3

Instrument name: Synth Brass 1

MAKE NOTE SEQUENCE

Out[358]:

|  | **pitch** | **start** | **end** | **step** | **duration** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0** | 55 | 0.522727 | 1.363636 | 0.000000 | 0.840909 |
| **1** | 52 | 1.386364 | 1.818182 | 0.863636 | 0.431818 |
| **2** | 48 | 1.818182 | 3.545454 | 0.431818 | 1.727273 |
| **3** | 53 | 3.568182 | 4.431818 | 1.750000 | 0.863636 |
| **4** | 55 | 4.454545 | 5.295454 | 0.886364 | 0.840909 |

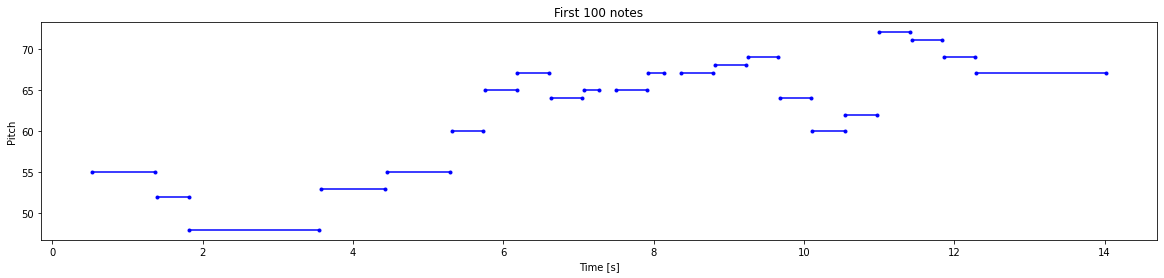
Out[359]:

array(['G3', 'E3', 'C3', 'F3', 'G3', 'C4', 'F4', 'G4', 'E4', 'F4'],

dtype='<U3')

In [361]:

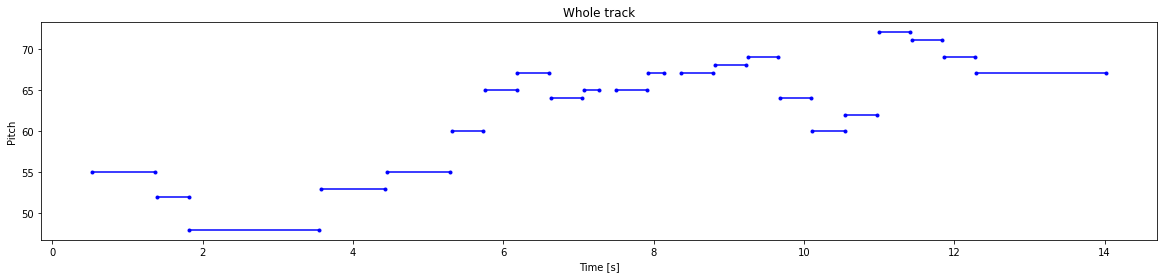
plot\_piano\_roll(raw\_notes, count**=**100)



plot the entire track.

In [362]:

plot\_piano\_roll(raw\_notes)

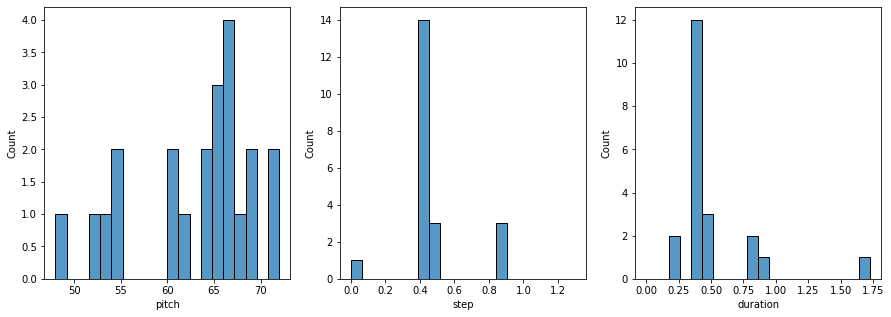


value distribution

In [363]:

In [364]:

plot\_distributions(raw\_notes)



creating training dataset

extract notes from a wished amount of midi files

num\_files **=** 50

creating a tf.data.Dataset from the note sequence

In [374]:

training model in batches, each batch contains notes as features and proceeding notes as labels using window function with seq\_lengh for creating those

In [376]:

setting seq\_lenth vocab\_size is standard for pretty\_midi

In [390]:

batching examples, configuring dataset

In [392]:

batch\_size **=** 64

In [395]:

input\_shape **=** (seq\_length, 3)

learning\_rate **=** 0.005

Model: "model\_10"

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Layer (type) Output Shape Param # Connected to

==================================================================================================

input\_11 (InputLayer) [(None, 20, 3)] 0 []

lstm\_10 (LSTM) (None, 128) 67584 ['input\_11[0][0]']

duration (Dense) (None, 1) 129 ['lstm\_10[0][0]']

pitch (Dense) (None, 128) 16512 ['lstm\_10[0][0]']

step (Dense) (None, 1) 129 ['lstm\_10[0][0]']

==================================================================================================

Total params: 84,354

Trainable params: 84,354

Non-trainable params: 0

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

testing the model.evaluate function

193/193 [==============================] - 4s 10ms/step - loss: 7.1331 - duration\_loss: 0.7924 - pitch\_loss: 4.8440 - step\_loss: 1.4967

loss becomes the weighted sum of individual losses

193/193 [==============================] - 3s 11ms/step - loss: 2.5313 - duration\_loss: 0.7924 - pitch\_loss: 4.8440 - step\_loss: 1.4967

choosing number of epochs

In [400]:

epochs **=** 100

Epoch 1/100

193/193 [==============================] - 6s 21ms/step - loss: 1.0917 - duration\_loss: 0.0587 - pitch\_loss: 4.1612 - step\_loss: 0.8250

Epoch 2/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 1.0265 - duration\_loss: 0.0468 - pitch\_loss: 3.8087 - step\_loss: 0.7893

Epoch 3/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9964 - duration\_loss: 0.0442 - pitch\_loss: 3.4406 - step\_loss: 0.7801 3s - loss: 0.2582 - duration\_loss: 0.0472 - pitch\_loss: 3.57 - ETA: 0s - loss: 1.0267 - duration\_loss: 0.0439 - pitch\_loss: 3.4441 - step\_

Epoch 4/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9855 - duration\_loss: 0.0423 - pitch\_loss: 3.3488 - step\_loss: 0.7757 1s - loss: 0.7877 - duration\_los

Epoch 5/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9781 - duration\_loss: 0.0414 - pitch\_loss: 3.3173 - step\_loss: 0.7708 2s - loss:

Epoch 6/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9721 - duration\_loss: 0.0404 - pitch\_loss: 3.3749 - step\_loss: 0.7629

Epoch 7/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 1.0037 - duration\_loss: 0.0439 - pitch\_loss: 3.6122 - step\_loss: 0.7792

Epoch 8/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9854 - duration\_loss: 0.0395 - pitch\_loss: 3.5919 - step\_loss: 0.7663 0s - loss: 0.9545 - duration\_loss: 0.0390 - pitch\_loss: 3.5898 - s

Epoch 9/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9867 - duration\_loss: 0.0381 - pitch\_loss: 3.5180 - step\_loss: 0.7726 1s - loss: 0.8717 - dura - ETA: 0s - loss: 0.9638 - duration\_loss: 0.0384 - pitch\_loss: 3.5166 - step\_loss: 0.74

Epoch 10/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9854 - duration\_loss: 0.0375 - pitch\_loss: 3.4755 - step\_loss: 0.7742

Epoch 11/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9699 - duration\_loss: 0.0373 - pitch\_loss: 3.3776 - step\_loss: 0.7637 2s - loss: 0.5034 - duration\_loss: 0.0319 - pitch\_loss: 3.4593 - - ETA: 2s - loss: 0.9364 - duration\_loss: 0 - ETA: 0s - loss: 1.0338 - duration\_loss: 0.0352 - pitch\_lo

Epoch 12/100

193/193 [==============================] - 4s 23ms/step - loss: 0.9785 - duration\_loss: 0.0369 - pitch\_loss: 3.3665 - step\_loss: 0.7733 1s - loss: 0.7231 - duration\_loss: 0.0374

Epoch 13/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9734 - duration\_loss: 0.0368 - pitch\_loss: 3.4211 - step\_loss: 0.7655

Epoch 14/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9840 - duration\_loss: 0.0361 - pitch\_loss: 3.2023 - step\_loss: 0.7877 2s -

Epoch 15/100

193/193 [==============================] - 5s 24ms/step - loss: 0.9585 - duration\_loss: 0.0333 - pitch\_loss: 3.0307 - step\_loss: 0.7736 3s - loss: 0.6596 - durati - ETA: 2s - loss: 0.8271 - duration\_loss: 0.0343 - pitc - ETA: 0s - loss: 1.0002 - duration\_loss: 0.0332 - pitch\_loss: 3.0431 - step\_loss: 0.81 - ETA: 0s - loss: 0.9852 - duration\_loss: 0.0331 - pitch\_loss:

Epoch 16/100

193/193 [==============================] - 4s 23ms/step - loss: 0.9496 - duration\_loss: 0.0325 - pitch\_loss: 2.9571 - step\_loss: 0.7692 2s - loss: 0.4610 - duration\_loss: 0.0 - ETA: 1s - loss: 0.7475 - duration\_loss: 0.0 - ETA: 0s - loss: 0.9349 - duration\_loss: 0.0328 - pitch\_loss: 2.9599 - step\_loss: 0.

Epoch 17/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9400 - duration\_loss: 0.0315 - pitch\_loss: 2.9032 - step\_loss: 0.7634 1s - loss: 0.7329 - duration\_loss: 0.0334 - pitch\_loss: 2.9142 - step\_ - ETA: 1s - loss: 0.6706 - duration\_loss: 0.0316 - pi

Epoch 18/100

193/193 [==============================] - 4s 22ms/step - loss: 0.9297 - duration\_loss: 0.0310 - pitch\_loss: 2.8798 - step\_loss: 0.7546

Epoch 19/100

193/193 [==============================] - 4s 23ms/step - loss: 0.9133 - duration\_loss: 0.0312 - pitch\_loss: 2.8800 - step\_loss: 0.7381

Epoch 20/100

193/193 [==============================] - 4s 23ms/step - loss: 0.9399 - duration\_loss: 0.0343 - pitch\_loss: 3.0957 - step\_loss: 0.7509 2s - loss: 0.9306 - duration\_loss: 0.0349 - pitch\_loss: 2.9331 - step\_ - ETA: 2s - loss: 0.8034 - duration\_loss: 0.0334 - pitch\_loss: - ETA: 1s - loss: 0.7032 - duration\_loss: 0.0329

Epoch 21/100

193/193 [==============================] - 4s 23ms/step - loss: 0.9619 - duration\_loss: 0.0364 - pitch\_loss: 3.4466 - step\_loss: 0.7531

Epoch 22/100

193/193 [==============================] - 6s 29ms/step - loss: 0.9850 - duration\_loss: 0.0354 - pitch\_loss: 3.5172 - step\_loss: 0.7738

Epoch 23/100

193/193 [==============================] - 6s 31ms/step - loss: 0.9701 - duration\_loss: 0.0339 - pitch\_loss: 3.2005 - step\_loss: 0.7762

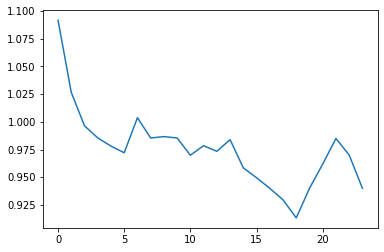
Epoch 24/100

191/193 [============================>.] - ETA: 0s - loss: 0.9172 - duration\_loss: 0.0318 - pitch\_loss: 3.0120 - step\_loss: 0.7348 ETA: 1s - loss: 1.0134 - duration\_loss: 0.0313 Restoring model weights from the end of the best epoch: 19.

193/193 [==============================] - 6s 32ms/step - loss: 0.9400 - duration\_loss: 0.0317 - pitch\_loss: 3.0108 - step\_loss: 0.7578

Epoch 00024: early stopping

Wall time: 1min 51s



To use the model to generate notes, you will first need to provide a starting sequence of notes. The function below generates one note from a sequence of notes.

For note pitch, it draws a sample from softmax distribution of notes produced by the model, and does not simply pick the note with the highest probability. Always picking the note with the highest probability would lead to repetitive sequences of notes being generated.

temperature controls randomness

changing temperature and the starting sequence in next\_notes

temperature **=** 1.5

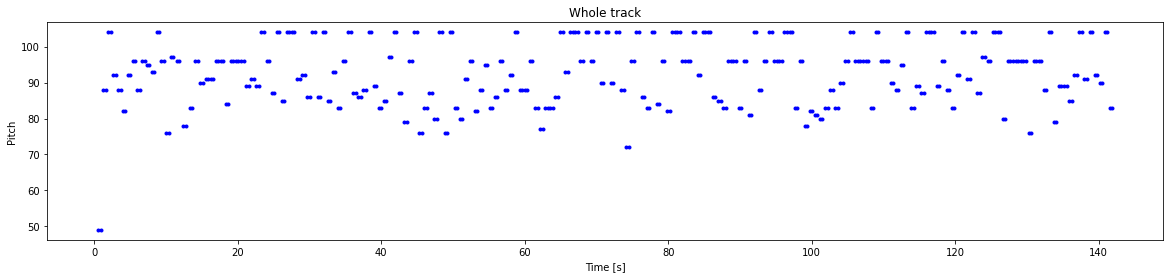
num\_predictions **=** 200

Out[188]:

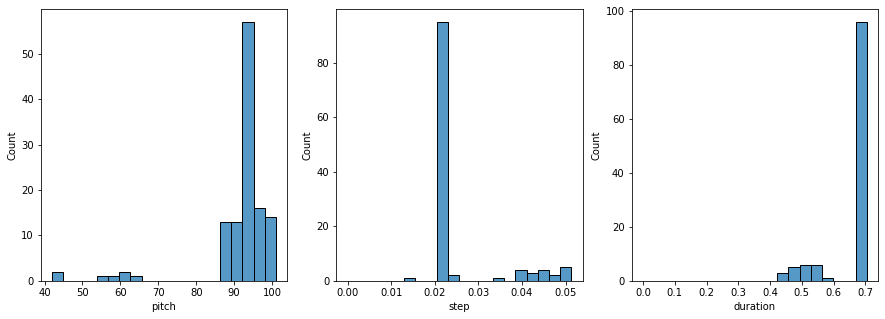
|  | **pitch** | **step** | **duration** | **start** | **end** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0** | 58 | 0.330586 | 0.529356 | 0.330586 | 0.859942 |
| **1** | 72 | 1.252773 | 0.524809 | 1.583359 | 2.108168 |
| **2** | 75 | 1.149436 | 0.791066 | 2.732795 | 3.523861 |
| **3** | 75 | 1.396942 | 0.743747 | 4.129737 | 4.873483 |
| **4** | 77 | 1.340692 | 0.786613 | 5.470428 | 6.257041 |
| **5** | 77 | 1.373011 | 0.768537 | 6.843440 | 7.611977 |
| **6** | 72 | 1.338045 | 0.805335 | 8.181484 | 8.986820 |
| **7** | 75 | 1.338965 | 0.805953 | 9.520449 | 10.326402 |
| **8** | 75 | 1.370807 | 0.773623 | 10.891256 | 11.664879 |
| **9** | 75 | 1.369396 | 0.765370 | 12.260652 | 13.026022 |

visualising generated notes

plot\_piano\_roll(generated\_notes)



distributions



# **Resultaten**

Na het lange onderzoek waren dit de resultaten...

# **Conclusie**

Uiteindelijk kan de conclusie getrokken worden dat...

# **Discussie**

Tot slot moet er worden afgevraagd: Hoe goed kunnen we de resultaten en de conclusie vertrouwen?

1. **Logboek Alexander**

| Afspraak begeleider: Keuzeonderwerp | 08/04/2021 | 50 | LCL | Maurice en begeleider | Deze keer hebben wij met onze begeleider het thema besproken dat wij wilde kiezen voor ons profielwerkstuk. Namelijk AI. De begeleider wist al meerdere dingen af van dit thema en vond dat wij een goede keuze hadden gemaakt. Wij hebben verschillende mogelijke projecten besproken en hij heeft ons de basis principe en werking uitgelegd van AI. |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Literatuuronderzoek keuzeonderwerp | 16/04/2021 | 60 | Thuis | Maurice | Wij hebben met Maurice verder onderzoek gedaan naar ons thema. Het bleek een erg breed thema te zijn dus wij gingen het verder onderzoeken. Er bleke algemene grote onderwerpen bij te zitten zoals Machine learning en Deep learning etc. Omdat wij ze allemaal interessant vonden wilden wij ze allemaal onderzoeken. |
| Literatuuronderzoek keuzeonderwerp | 20/05/2021 | 90 | Thuis | Maurice | Wij hebben gekeken hoe AI wordt toegepast zodat wij een onderzoeksvraag konden bedenken. Er waren tallen aan voorbeelden op het internet waaraan wij ons konden orienteren. |
| Afspraak begeleider: LCL Formulier | 28/05/2021 | 35 | LCL | Maurice en begeleider | Er was wat gesjoemel met de afspraak maar alles was opgelost door een mailtje naar de begeleider. Tijdens de afspraak hebben wij het formulier voor de administratie ingevuld en nog verder gediscusseerd over ons onderwerp. |
| Werkplan en tijdsplan opstellen | 27/06/2021 | 120 | Thuis | Maurice | Hier hebben wij overlegd over ons uiteindelijke onderzoeks- en deelvragen. We hebben allebei de werkplan en tijdplan ingevuld apart, zodat wij deze aan het einde konden vergelijken en samenvoegen in een document. Wij hebben alle vragen ook meerdere keren besproken en zijn op vele vlakken tot overeenkomst gekomen. |
| Afspraak begeleider: Werkplan & Tijdsplan | 29/06/2021 | 60 | LCL | Maurice en begeleider | We hebben met de begeleider ons werkplan en tijdplan gecontroleerd. Alles was goedgekeurd. Wij hadden nog een interessant gesprek of onze onderzoeksvraag wel niet te lastig was, maar dit bleek -als dit ooit een probleem zal zijn- geen probleem te zijn. Verder hebben wij nog verschillende manieren van aanpak besproken voor onze onderzoeksvraag. Aan het einde hebben wij nog naar voorbeeldjes gezocht op het internet. |
| Onderzoek naar aanpak tijdplan | Zomervakantie | 35 | Thuis | Alleen | Ik heb nagedacht over hoe ik het beste de tijdplan aan kan pakken en met welke dingen ik het beste kan beginnen om alles goed voor elkaar te krijgen. |
| Onderzoek naar aanpak tijdplan | Zomervakantie | 25 | Thuis | Alleen | Ik heb de ideeen waar ik op opkwam op een blaadje opgeschreven en nog verder aangepast met wat mij logisch leek. |
| Onderzoek naar aanpak tijdplan | Zomervakantie | 30 | Thuis | Alleen | Ik heb op internet onderzocht hoe je sommige onderdelen het beste kan maken en hoe ik het beste een verdeling kan maken van de taken zodat de verdeling van de taken tussen mij en Maurice niet te groot is. |
| Verdelen tijdplan | Zomervakantie | 25 | Thuis | Maurice | Ik heb gebeld met maurice en wij hebben samen de taken verdeelt. |
| Werken aan onderzoek en opstellen structuur verslag | Zomervakantie | 40 | Thuis | Alleen | Ik heb besloten dat ik ons verslag wil maken in de vorm van een reseach paper dus heb ik op internet de formaat van zo'n paper opgezocht. |
| Oefenen met python | Zomervakantie | 120 | Thuis | Alleen | Ik heb voor het eerst begonnen met programmeren met python, ik heb hiervoor maar heel weinig ervaring hiermee gehad, ik heb namelijk ooit geprobeert een game met pygame te maken, maar alles wat ik daar had geleerd was ik allang vergeten. |
| Werken aan onderzoek en opstellen structuur verslag | Zomervakantie | 35 | Thuis | Alleen | Ik heb me wat verder beziggehouden met het formateren van het verslag naar een goede vorm. |
| Werken aan onderzoek en opstellen structuur verslag | Zomervakantie | 30 | Thuis | Maurice | Ik heb met Met maurice het structuur van het verslag overlegd en nog wat gebrainstormt over het verslag. |
| Werken aan onderzoek en opstellen structuur verslag | Zomervakantie | 50 | Thuis | Maurice | Ik heb samen met Maurice gewerkt aan de structuur en nog verder overlegd/gebrainstormd/nagedacht over de deelvragen. |
| Oefenen met python | Zomervakantie | 90 | Thuis | Alleen | Ik heb net als de vorige keer dat ik oefende met python de basiseigenschappen van de taal geleerd. Veel programmeer talen lijken op elkaar en daarom is het leren van python vooral onthouden van sintax en bepaalde eigenschappen die verschillen van andere talen zoals bijvoorbeeld hoe pointers gebruikt worden. |
| Werken aan onderzoek en opstellen structuur verslag | Zomervakantie | 30 | Thuis | Alleen | Ik heb verder het verslag zitten formateren en nog wat informatie opgezocht naar deelvragen. |
| Werken aan schrijven deelvragen | Zomervakantie | 30 | Thuis | Maurice | Ik heb samen met Maurice voorgestelde deelvragen opgeschreven in het verslag en wij hebben nog wat nagedacht over andere mogelijke deelvragen over dit onderwerp. |
| Werken aan onderzoek en opstellen structuur verslag | Zomervakantie | 25 | Thuis | Alleen | Ik heb nog een paar kleine dingen getweeked in het verslag, dat het er beter eruit ziet. |
| Werken aan onderzoek en opstellen structuur verslag | Zomervakantie | 35 | Thuis | Alleen | Ik heb bij elke tot nu toe opgeschreven deelvraag in het verslag de basische APA structuur erbij geschreven. Dit houdt dingen in zoals een hypothese, een voorspelling, onderzoek, resultaten, werkplan, conclusie, etcetera. |
| Werken aan brainstormen + opschrijven deelvragen | Zomervakantie | 100 | Thuis | Maurice | Ik ben samen met Maurice in een deep dive gegaan op het internet over neurale netwerken en Artificiele Intelligentie. Wij hebben nagedacht over als wij ons netwerk gaan programmeren, welke deelvragen wij daarbij kunnen verzinnen, en met welke deelvragen wij in meer detail de resultaten kunnen ananlyseren. |
| Onderzoeken eerste deelvraag verslag | September | 70 | Thuis | Alleen | Ik heb lang op internet opgezocht over verschillende vormen van Artificiele Intelligentie. Ik kom op vooral soort "trivia" resultaten. Ik zou beter moeten zoeken naar hoe ik dit moet formuleren. Wel heb ik wat info opgezocht over neurale netwerken opdat ik sowieso al weet dat wij deze moeten gaan gebruiken wanneer wij eenmaal aan de slag gaan met het programmeren. |
| Onderzoeken eerste deelvraag verslag | September | 60 | Thuis | Alleen | Ik denk dat deze trivia antwoorden ook wel kunnen worden gebruikt maar op een meer filosofische/analyserende manier. Het zou interessant zijn als wij meerdere vragen zouden hebben waarin wij zichzelf ethische vragen stellen. |
| Oefenen met python | September | 110 | Thuis | Alleen | Ik heb erg veel kleine oefeningen gemaakt en ik ben begonnen met kijken wat de makkelijkste manieren zijn en de meest handige manieren zijn om met python neurale netwerken te maken, ik heb al wat gelezen over tensorflow en ik programmeer nu via spyder, dat heeft mijn vader mij geadviseert. |
| Onderzoeken eerste deelvraag verslag | September | 50 | Thuis | Alleen | Ik ben met een doorbraak gekomen over de typen AI, ik kreeg hiervoor steeds rare "trivia" antwoorden en youtube videos voor mensen die te weten willen komen wat Artificial Intelligence eigenlijk is. Het bleek te zijn dat de correcte methode is om te zoeken voor "subfields of AI". Als je dat opzoekt krijg je ook meteen veel meer nuttige informatie te zien in verband met dit onderwerp. |
| Onderzoeken eerste deelvraag verslag | September | 80 | Thuis | Alleen | Nu ik op de goede manier informatie kan zoeken kan ik zo veel meer, ik heb veel zitten lezen over verschillende subfields en de subfields daaronder, ik maak notities en ik sla webpagina's op zodat ik later beter erover kan schrijven in het verslag. |
| Onderzoeken eerste deelvraag verslag | Oktober | 40 | Thuis | Alleen | Ik denk dat ik nu eindelijk wel genoeg informatie heb om deze deelvraag goed te kunnen beantwoorden. Het op een andere manier opzoeken heeft veel geholpen. |
| Beginnen aan verslag deelvragen | Oktober | 60 | Thuis | Alleen | Ik ben begonnen met het inschrijven van mijn notities en extra info die ik op het internet heb gevonden in het verslag. Ik heb alle kopjes al uitgeschreven en ik ben begonnen met machine learning |
| Beginnen aan verslag deelvragen | Oktober | 70 | Thuis | Alleen | Het onderzoeken van alle verschillende soorten machine learning kost veel tijd maar is wel erg interessant. Ik had een gesprek met mijn vader die vertelde over een project op zijn werk, en ik vroeg hem op reguliere basis na of zij een bepaalde leermethode gebruikten. Ik had het erg vaak goed en dit liet mij zien dat ik ook daadwerkelijk iets heb geleerd wat mij blij maakt. |
| Oefenen met python | Oktober | 130 | Thuis | Alleen | Ik heb geprobeert wat tutorials te volgen van hoe ik met tensorflow een neuraal netwerk kan maken, ik heb een voorbeeld gevonden met hopelijk genoeg uitleg, die op een dataset van lage resolutie zwart wit plaatjes moet herkennen wat voor soort kledingstuk iets is. Ik heb het met wat moeite overgenomen en gerunt, ik heb wel meer tijd nodig om uit te vogelen hoe exact het programma werkt. |
| Beginnen aan verslag deelvragen | Oktober | 90 | Thuis | Alleen | Ik heb verder mijn antwoord geschreven voor de eerste deelvraag. Ik had nooit gedacht dat Artificial Intellegence zoveel subfields had, sommige zijn daarom ook een hele verassing voor mij wat mij juist meer geinteresseerd maakt naar het vak. |
| Beginnen aan verslag deelvragen | 01/11/2021 | 30 | Thuis | Alleen | Ik heb verder gescheven aan de eerste deelvraag en ik heb deze afgerond. |
| Beginnen aan verslag deelvragen | 03/11/2021 | 45 | Thuis | Alleen | Ik ben begonnen met het schrijven van een paar hypotheses van andere deelvragen in het verslag. Dit geeft mij ook meteen wat we kunnen verwachten qua onderzoek. |
| Beginnen aan verslag deelvragen | 06/11/2021 | 60 | Thuis | Alleen | Ik heb verder net als vorige keer meer hypotheses geschreven, ik denk dat ik de volgende keer begin met het onderzoeken van het tweede probleem. |
| Onderzoek tweede deelvraag verslag | 06/11/2021 | 40 | Thuis | Alleen | Ik heb op het internet onderzoek gedaan naar wat muziek muziek maakt. Tot nu toe is alles wat ik vind erg vage antwoorden. Mensen zien deze vraag als meer phylosofisch dan practisch. Dit is echter niet erg want ik denk dat dat juist goed is als een verwerking in het verslag. |
| Onderzoek tweede deelvraag verslag | 07/11/2021 | 70 | Thuis | Alleen | Ik heb een concrete uitleg gevonden over wat muziek muziek maakt. Het was een powerpoint. Ik heb wat aantekeningen gemaakt en ik ben door heel de powerpoint gegaan. Het punt dat werd gemaakt is dat muziek bestaat uit verschillende componenten waarvan de simpelste zijn zoals het ritme en de melodie. Dit kan echter veel dieper gaan. |
| Beginnen leren tensorflow | 04/01/2022 | 420 | Thuis | Alleen | Staat nog in mijn notities ik heb dit verwerkt en overgenomen |
| Leren Tensorflow | 05/01/2022 | 450 | Thuis | Alleen |  |
| Bouwen voorbeelden modellen | 06/01/2022 | 400 | Thuis | Alleen |  |
| Beginnen aan eindmodel | 07/01/2022 | 430 | Thuis | Alleen |  |
| Afmaken werkende versie model | 08/01/2022 | 500 | Thuis | Alleen |  |
| Optimiseren en commenten eerste werkende model | 09/01/2022 | 440 | Thuis | Alleen |  |
|  | Totale Tijd (uur) | 79 |  |  |  |

1. **Logboek Maurice**

| **Activiteit** | **Datum** | **Duur (min)** | **Locatie** | **Met wie** | **Beschrijving** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Afspraak begeleider: Keuzeonderwerp | 08/04/2021 | 50 | LCL | Alexander en begeleider | Wij hebben ons voorgestelde keuzeonderwerp (AI) besproken met de begeleider. Het onderwerp was hem bekend. Hij heeft ons inspiratie gegeven over mogelijke dingen die we kunnen doen met dit onderwerp. Omdat de begeleider het een goed onderwerp vond, zullen we ons meer hierin gaan verdiepen. |
| Literatuuronderzoek keuzeonderwerp | 16/04/2021 | 60 | Thuis | Alexander | Wij hebben ons verdiept in AI. We hebben geleerd dat AI ruwweg op te delen valt in normale AI, Machine Learning en Deep Learning. We zijn van plan om deze typen AI te verwerken in ons onderzoek. We hebben nu een beter beeld van wat we kunnen doen met AI. |
| Literatuuronderzoek keuzeonderwerp | 20/05/2021 | 90 | Thuis | Alexander | Wij hebben gekeken naar andere projecten/technologiën, waar AI in wordt gebruikt. Zo wilden wij meer inzicht krijgen over de mogelijkheden van AI, zodat we naar een goede onderzoeksvraag toe kunnen werken. |
| Afspraak begeleider: LCL Formulier | 28/05/2021 | 30 | LCL | Alexander en begeleider | Volgens het LCL Formulier over het keuzeonderwerp moest de eerste afspraak later zijn gepland dan het invullen van dit formulier. Daarom dachten wij dat onze afspraak op 08/04/2021 ongeldig was. Wij hebben daarom deze afspraak gepland, die alleen voor formaliteit voor het formulier dus gelde. Wij hebben deze afspraak gebruikt om ons formulier te laten controleren door onze begeleider, hij was goedgekeurd. Wij hebben met hem over ons keuzeonderwerp gediscussieerd. |
| Werkplan en tijdsplan opstellen | 27/06/2021 | 120 | Thuis | Alexander | Wij hebben goed nagedacht over ons werkplan. Wij wilden een interessante en originele onderzoeksvraag opstellen, die ons zal uitdagen en waar wij veel van zullen leren. Vervolgens hebben we voor de rest van het werkplan ieder een eigen versie gemaakt, omdat we onze creativiteit niet wilde laten beïnvloeden door elkaar. Ik heb gekeken naar welke vragen vooraf beantwoord moeten worden, voordat we onze onderzoeksvraag kunnen beantwoorden. Onze werkwijze heb ik zo opgedeeld, dat het automatisch de deelvragen beantwoord. Uiteindelijk hebben we onze werkplannen vergeleken en hebben we zo een eindversie gemaakt. |
| Afspraak begeleider: Werkplan & Tijdsplan | 29/06/2021 | 60 | LCL | Alexander en begeleider | Wij hebben bij deze afspraak ons werkplan en tijdsplan laten controleren. We hadden een discussie over onze werkwijze. We hadden duidelijk gemaakt, dat wij niet per se een compleet schriftelijk verslag willen maken, maar dat we ook demonstraties willen uitvoeren voor ons PWS. Ons werkplan en tijdsplan was goedgekeurd. Ik had nagevraagd over wat de gevolgen zouden zijn als we erachter kwamen dat onderzoeksvraag te ver gegrepen is. Wij hebben het dus zo afgesproken (wat ook overeenkomt met ons tijdsplan) dat we in de zomervakantie veel literatuuronderzoek zullen gaan verrichten en zo kunnen we nog aanpassingen indienen, als het nodig blijkt te zijn. |
| Overleg met Alexander | 12/07/2021 | 25 | Thuis | Alexander | Ik en Alexander hebben vandaag via Google Meet even de taken verdeeld voor deze zomervakantie. We hebben nu een beter overzicht van hoe we ons PWS gaan aanpakken. |
| Oefenen met programmeren | 12/07/2021 | 180 | Thuis | Alleen | Ik ben vandaag begonnen met mijn Python vaardigheden te oefenen. We hadden al besloten dat we ons project in Python gaan programmeren, omdat het een relatief makkelijke programmeertaal is en blijkbaar is Python een populaire taal voor AI. Ik heb een aantal opgaven van de informatica olympiade van vorig jaar gemaakt. |
| Overleg met Alexander | 14/07/2021 | 30 | Thuis | Alexander | Ik en Alexander hebben overlegd over onze aanpak voor ons verslag. We hebben nagedacht over de structuur van ons verslag en Alexander kwam met het idee om het wat meer te laten lijken op een research paper. Wij zijn van plan om dat formaat te gaan gebruiken voor ons verslag. |
| Oefenen met programmeren | 15/07/2021 | 140 | Thuis | Alleen | Ik ben vandaag verder gegaan met het oefenen van programmeren in Python. Ik heb deze keer een tutorial gevolgd van het maken van neural networks in Tensorflow, die ik en Alexander hadden gevonden. |
| Overleg met Alexander | 23/07/2021 | 50 | Thuis | Alexander | Ik en Alexander hebben vandaag nog een beetje gewerkt aan het formaat van ons verslag. We hebben daarnaast ook nog supplementaire deelvragen proberen te bedenken, omdat we ons beseften dat we eigenlijk meer verdiepende deelvragen konden bedenken voor ons PWS. |
| Onderzoek naar deelvragen | 23/07/2021 | 130 | Thuis | Alleen | Ik ben vandaag begonnen met het onderzoek naar onze eerste deelvraag. Om eerlijk te zijn, waren de zoekresultaten op deze deelvraag heel vaag. Na best een tijdje kwam ik erachter dat AI subfields of approaches fatsoenlijke antwoorden gaven op mijn search query. |
| Opstellen supplementaire deelvragen | 27/07/2021 | 30 | Thuis | Alexander | We zijn begonnen met alvast een aantal supplementaire deelvragen opschrijven, die we hadden bedacht. We denken dat we nog een substantieel aantal deelvragen kunnen bedenken , dus we hebben ook afgesproken om een andere dag daar onderzoek naar te doen. |
| Onderzoek deelvragen | 01/08/2021 | 170 | Thuis | Alleen | Ik ben op internet wat onderzoek gaan verichten over Machine Learning, ik ben erachter gekomen dat er echt heel veel vormen van Machine Learning zijn. Ik ben er ook achter gekomen, dat standaard methodes zoals searching algorithms ook worden beschouwd als AI. |
| Opstellen supplementaire deelvragen | 02/08/2021 | 100 | Thuis | Alexander | Ik en Alexander hebben vandaag gewerkt aan onze deelvragen. We hebben veel onderzoek gedaan naar de onderdelen van Machine Learning en we hebben nog een aantal relevante deelvragen opschreven. |
| Oefenen met python | 28/10/2021 | 180 | Thuis | Alleen | Ik heb weer geoefend met neural networks in Python, ik heb dit gedaan door weer een aantal tutorials over neural networks te volgen. |
| Werken aan verslag | 29/10/2021 | 80 | Thuis | Alleen | We zijn begonnen met het antwoorden van de deelvragen in het verslag. We hebben continu onze onderzoek in aparte documenten gezet, maar nu ben ik hiermee fatsoenlijke formuleringen gaan schrijven als antwoord op de deelvragen. |
| Werken aan verslag | 07/11/2021 | 130 | Thuis | Alleen | Vandaag ben ik verder gegaan met het werken aan de antwoorden op onze deelvragen. |
| Leren Neural Networks | 05/01/2022 | 360 | Thuis | Alleen | De rest staat nog in de notities |
| Tensorflow | 06/01/2022 | 360 | Thuis | Alleen |  |
| Bestuderen MIDI manipulatie in Python | 07/01/2022 | 420 | Thuis | Alleen |  |
| Model programmeren | 08/01/2022 | 480 | Thuis | Alleen |  |
| Model programmeren | 08/01/2022 | 420 | Thuis | Alleen |  |
| Model programmeren | 09/01/2022 | 360 | Thuis | Alleen |  |
|  | Totale tijd (uren) | 68 |  |  |  |

1. **Bronnenlijst**
2. Verschillende typen AI:

Hieronder een lijst met de verschillende typen AI, en bij elk een uitleg van de werking ervan.

1. **Searching Algorithms:**

Een van de oudste vormen van AI maakt gebruik van searching algoritmes. Deze algoritmes zijn zo ontworpen dat ze door elke optie heen gaan. S

1. **Machine learning:**

Machine learning (ML) is een methode om machines intelligent te maken door ze te laten leren. Dit wordt meestal gedaan door middel van de zogenaamde Loss-functie. Hieronder een paar manieren hoe een ML neural network kan leren:

1. **Deep Learning**

Dit is een type ML dat meerdere zogenaamde layers gebruikt om een bepaalde input te verwerken. Waar een traditioneel netwerk maar een laag met nodes heeft (een node is een punt op de graaf waar informatie wordt opgeslagen, meestal in de vorm van een getal van 0 tot en met 1) heeft een deep learning netwerk meerdere van deze lagen. Meestal zijn verschillende lagen verantwoordelijk voor de verschillende stappen bij het verwerken van informatie, dit is echter moeilijk te bepalen omdat het een black box blijft omdat wij niet exact weten hoe de algoritmen in deze vorm werken.

1. **Supervised Learning**

Supervised Learning is een manier van leren waarbij een neural net wordt aangepast of zogenaamd “gefit” op een bepaalde set aan inputs en outputs. Deze manier van leren wordt bijvoorbeeld toegepast bij het voorspellen van toekomstige data op basis van oudere data of bijvoorbeeld het herkennen van geschreven cijfers waarbij een neural net geleerd heeft op een groot aantal tweetallen van plaatjes en de corresponderende cijfers.

1. **Unsupervised Learning**

Unsupervised Learning werkt ongeveer op dezelfde manier als supervised learning, maar deze heeft geen output data waarop deze traint. Door alleen de input data te analyseren wordt deze manier om te leren vooral gebruikt voor het vinden van patronen. Een voorbeeld hiervoor is is het clusteren van data, dat houdt in de dat de AI gelijksoortige data bij elkaar stopt.

1. **Reinforcement Learning**

In Reinforcement Learning is het idee dat het netwerk leert om iets te bereiken. Hierbij wordt het gestraft als het iets fout doet en beloont als het de goede richting in beweegt. Het grote verschil met Supervised Learning is dat het netwerk niet direct weet of het resultaat goed of slecht is. Een goed voorbeeld hiervan is een netwerk dat de opdracht krijgt om een high score te krijgen in een spel. Het netwerk weet bij elke beweging niet direct of het een goede stap maakt, maar het uiteindelijke resultaat maakt dat wel duidelijk, en daarop wordt gespeeld.

1. **Semi-supervised Learning**

Semi-supervised Learning is een manier van leren waarbij de ideeën van Supervised en Unsupervised Learning bij elkaar worden gestopt. Het algemene plaatje door het clusteren wordt dan gedaan door het unsupervised gedeelte, en concrete algoritmes worden verbeterd door concrete paren data.

1. **Self-supervised Learning**

Deze manier van leren genaamd Self-supervised Learning is essentieel hetzelfde als unsupervised learning. Het grootste verschil is dat een Self-supervised Learning netwerk, leer algoritmes gebruikt uit een netwerk met Supervised Learning.

1. **Multi-instance Learning**

Bij Multi-instance Learning gebruik je veel maar unlabeled data. Daarintegen is deze data wel gegroepeerd op bepaalde groepen.

1. **Inductive Learning**

In Inductive Learning is het doel om op basis van vorig bewijs en concrete voorbeelden de toekomst te voorspellen. Deze manier van leren wordt gebruikt om een algemeen plaatje te maken bij een kleine aantal specifieke voorbeelden. Daarom wordt deze methode meestal toegepast bij specifieke doeleinden.

1. **Deductive Learning**

Deductive Learning is praktisch gezien het tegenovergestelde van Inductive Learning. Hier wordt er geprobeerd om op basis van algemene data hele specifieke situaties te voorspellen. Deze methode wordt net als Inductive Learning vaak ook bij specifieke situaties gebruikt.

1. **Transductive Learning**

Net als Inductive Learning en Deductive Learning hoort Transductive Learning in hetzelfde groepje netwerken die gericht zijn voor vooral specifieke situaties. In Transduction Learning traint het netwerk door specifieke situaties, voor specifieke situaties.

1. **Multi-task Learning**

Multi-task Learning is een type Supervised Learning waarbij een netwerk getraind wordt voor meerdere doeleinden. Dit is een handige manier wanneer je bijvoorbeeld voor 2 verschillende taken een basishandeling uit moet voeren. Zo kan je met data van beide problemen een netwerk creëren.

1. **Active Learning**

Active Learning is een methode waarin een netwerk, als deze vast komt te zitten tijdens het leren, hulp vraagt aan een mens. Deze vraagt ook aan een mens voor het specificeren van sommige informatie zodat het netwerk met minder data efficiënter kan leren.

1. **Online Learning**

Voor een steeds nieuwe veranderende situatie wordt vaak Online Learning gebruikt. Wat er bij deze methode gebeurt is dat een computer in plaats van te leren met een vaste database, continu nieuwe data points haalt van het internet en dus steeds zijn algoritmes relevant en up-to-date houdt. Bij voorbeelden moet je denken aan AI’s die worden gebruikt bij grote search engines zoals Google, of de reclame die je te zien krijgt op websites zoals Facebook of Instagram.

1. **Transfer Learning**

Bij Transfer Learning wordt een netwerk eerst getraind voor een bepaald doeleinde. Daarna wordt een deel of het complete netwerk hergebruikt voor een ander doeleinde. Het verschil met Multi-task Learning is dat daar een netwerk voor meerdere taken wordt getraind terwijl in Transfer Learning de verschillende taken in volgorde worden gemaakt. Een voorbeeld hierbij is wanneer bijvoorbeeld een netwerk getraind op het classificeren van een hondensoort wordt hergebruikt voor het uitvoeren van dezelfde taak op katten.

1. **Ensemble Learning**

In Ensemble Learning worden meerdere netwerken gemaakt voor 1 probleem. Omdat netwerken meestal niet volgens een vast algoritme leren zullen deze meerdere netwerken steeds een beetje verschillende aanpakken hebben voor het probleem. Aan het einde worden de resultaten van de netwerken gecombineerd voor een meer precieze en zekere conclusie.

1. **Natural Language Processing**

Natural Language Processing of NLP is een subfield van AI die zich specialiseert in het werken met, zoals de naam al suggereert, taal. Vroeger werden voor het gebruik van taal op een computer algoritmes geschreven met de hand voor het checken van grammatica, formulering, interpunctie, woordenschat, etc. Dit is echter erg moeilijk uit te breiden, daarom werd op een gegeven moment ML ingeschakeld.

1. **Expert Systems**

Expert Systems zijn AI’s die zich specificeren in een bepaald vakgebied. Dit kan verschillen van arts tot ingenieur. Expert Systems worden vooral gebruikt voor het oplossen van lastige problemen binnen het vakgebied vooral gebruik makend van als-dan procedures dan gebruik makend van handmatig geschreven algoritmes. Expert Systems zijn, net als vele soorten AI in de wereld, neurale netwerken die gebruik maken van machine learning. Hierdoor kan een Expert System zich uitbreiden met veel data. Soms kunnen Expert Systems zo zelfs beter worden in een vakgebied dan een professional, bijvoorbeeld bij het zetten van een diagnose in een ziekenhuis, of het foutloos invullen of fouten detecteren in een belastingaangifte. Expert Systems zijn een goed voorbeeld van een dagelijkse implementatie van AI in ons leven.

Er is wel een probleem met machines zoals dit. Dit kan verschillen van veiligheid van de patiënt tot onbedoelde bias van de AI door de data waarop deze leerde. Meer hierover wordt verteld in een andere deelvraag.

1. **Robotics**

Een van de eerste gedachten die mensen hadden in het begin van de era van computers wanneer iemand begon te praten over AI waren robots. De films van die tijd, boeken van Asimov, de test van Turing, alles wat te maken had met AI, was verbonden met Robotics. Tegenwoordig bestaan ze, ook al zijn ze lang niet het grootste onderdeel binnen AI. Wanneer je denkt aan denkende robots denk je misschien aan de terminator. Mensen die wat meer tijd hebben besteed in het vakgebied hebben vaak associaties met de Boston Dynamics robots. De meeste Robotics robots zijn echter niet te zien in YouTube filmpjes. De meeste robots bevinden zich in fabrieken. Dit zijn sorteer robots, robots die dingen aan een lopende band produceren, etc. Ook een groot onderdeel van Robotics zijn bijvoorbeeld drones. De drones van bijvoorbeeld DJI gebruiken elke seconde AI om een slimme route te bouwen, of het volgen van een persoon door een bos heen door alleen een camera of een paar sensors. Net als met heel veel aspecten van AI, zijn ze heel anders dan de voorstellingen van 50 jaar geleden die het publiek zijn ingeprent, en wachtend op een bekend plaatje dat misschien nooit gaat gebeuren, heeft de mensheid niet door dat deze allang in de toekomst leeft.

1. **Machine Vision**

Machine vision is een vorm van AI waarin het doel van een AI is het zien door een camera. Dit overlapt best veel met andere onderdelen binnen AI zoals bijvoorbeeld Robotics en Machine Learning. Machine Vision wordt meestal gebruikt voor specifieke opdrachten zoals het scannen van woorden op een vel papier, of het tellen van mensen of objecten, zoals bijvoorbeeld het aantal mensen dat een bepaald gebouw binnenloopt. Machine Vision kan vaak ook op meerdere en interessante manieren zien dan een mens. Daar waar een mens bijvoorbeeld niet door een muur kan zien, kan Machine Vision door middel van een netwerk met de kleinste details in de omgeving, soms ongeveer raden wat er aan de andere kant van de muur gebeurt. Ook kan dit bijvoorbeeld door middel van warmtecamera's.

1. **Speech Recognition**

Speech Recognition gaat heel nauw samen met Natural Language Processing omdat het ook bezighoudt met taal. Speech recognition heeft enorm veel toepassingen. Het kan worden gebruikt met een virtuele assistent, of kan erg tot hulp zijn voor mensen die niet in staat zijn tekst in te voeren in een computer of een ander elektronisch apparaat. Het kan ook worden gebruikt voor veiligheid. Sommige hoog beveiligde locaties hebben soms een biomedisch systeem dat checkt of de persoon die de locatie wil betreden ook daadwerkelijk een persoon is die toegang kan hebben tot de locatie. Hiervoor wordt deze type AI vaak ingeschakeld. Net als andere toepassingen brengt dit type AI ook gevaren met zich mee, hierover later in een andere deelvraag.

1. **Neural Networks**

Neural Networks zijn van de meeste typen AI de backbone maar verdient ook zelf zeker een plekje op de lijst. Dit is namelijk het hele structuur achter bijvoorbeeld Machine Learning, dat verder wordt toegepast op bijna alle subfields. Neural Networks hebben een hele interessante werking die gebaseerd is op neurale verbindingen in onze hersenen.

