



Faculteit Bedrijf en Organisatie

Nursery Tone Monitor: detecteren van elderspeak via AI

Sibian De Gussem

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van  
professionele bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:  
Geert Van Boven  
Co-promotor:  
Jorrit Campens

Instelling: —

Academiejaar: 2021-2022

Tweede examenperiode



Faculteit Bedrijf en Organisatie

Nursery Tone Monitor: detecteren van elderspeak via AI

Sibian De Gussem

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van  
professionele bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:  
Geert Van Boven  
Co-promotor:  
Jorrit Campens

Instelling: —

Academiejaar: 2021-2022

Tweede examenperiode



## Woord vooraf

De keuze aan bachelorproefonderwerpen was omvangrijk. Ik wilde een onderwerp kiezen die een impact heeft op de maatschappij én waarbij ik Artificiële Intelligentie kon gebruiken. Enerzijds om te kunnen aantonen dat AI niet altijd een negatieve connotatie moet hebben en anderzijds omdat mijn afstudeerrichting *AI & Data Engineering* was. Op die manier kon ik te weten komen of *AI & Data Engineering* eerder iets voor mij is, of toch eerder het programmeren zelf..

Het was best wel een interessant onderwerp! Aangezien er meer en meer vergrijzing komt, is er meer nood aan ouderenzorg. Er is daarbij een duidelijk verschil tussen zorg op papier en kwalitatieve zorg in het echte leven. Ik hoop dat studenten in de opleiding verpleegkunde hierdoor minder aan *elderspeak* zullen doen zodat ouderen niet behandeld worden als kleine kinderen. Hopelijk zal dit niet het geval zijn wanneer ik oud zal zijn en zorg zal nodig hebben...

Het ontvangen van audiosamples was wel heel moeilijk omdat het niet zomaar een vragenlijst invullen was door wat aan te klikken, maar er werd gevraagd om zinnen in te spreken. Dit zorgde dat mensen sneller afhaakten. Toch wil ik alle 25 mensen bedanken die me geholpen hebben om mijn systeem te testen.

Eerst en vooral wil ik mijn hogeschool, HOGENT, bedanken om zo een interessant onderwerp aan te bieden voor mijn eindwerk. Ook het feit dat dit zicht uitstrekke over twee studierichtingen heen, namelijk Toegepaste Informatica en Verpleegkunde, was een bijzondere maar leuke opstelling.

Daarnaast wil ik mijn promotor Geert Van Boven bedanken om de inhoud verschillende keren na te lezen, om mij extra informatie te geven over alle IT-onderwerpen en mij te

steunen in dit proces. Daarbij wil ik ook mijn co-promotor bedanken voor de probleemstelling duidelijk uit te leggen, voor zijn enthousiasme en zijn feedback!

Als laatste wil ik nog mijn vrienden en familie bedanken om mijn inhoud na te lezen, te verbeteren en aan te duiden wat er niet zo duidelijk was.

Dankjewel aan iedereen, zonder jullie was dit niet zo goed gelukt!

# Samenvatting

TODO na alles





# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>13</b>
1.1	Probleemstelling	14
1.2	Onderzoeksvraag	15
1.3	Onderzoeksdoelstelling	15
1.4	Opzet van deze bachelorproef	16
<b>2</b>	<b>Stand van zaken .....</b>	<b>17</b>
2.1	Verkenkend onderzoek	17
2.2	Elderspeak	18
2.2.1	Wat is <i>Elderspeak</i> ? .....	18
2.2.2	Wat zijn de kenmerken? .....	18
2.2.3	Wat zijn de tips om <i>elderspeak</i> te voorkomen? .....	19

<b>2.3</b>	<b>Artificiële Intelligentie</b>	<b>20</b>
2.3.1	Wat is AI? .....	20
2.3.2	Welke vormen zijn van AI? .....	20
2.3.3	<i>Machine learning</i> .....	20
2.3.4	<i>Deep Learning</i> .....	22
2.3.5	AI in het dagelijkse leven: TODO: misschien weglaten? .....	23
<b>2.4</b>	<b>AI-technieken die gebruikt worden om elderspeak te detecteren</b>	<b>25</b>
2.4.1	NLP of <i>natural language processing</i> .....	25
2.4.2	Filteren van achtergrond lawaai .....	29
<b>3</b>	<b>Methodologie</b> .....	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>Conclusie</b> .....	<b>33</b>
<b>A</b>	<b>Onderzoeksvoorstel</b> .....	<b>35</b>
<b>A.1</b>	<b>Introductie</b>	<b>35</b>
<b>A.2</b>	<b>State-of-the-art</b>	<b>36</b>
A.2.1	Literatuuronderzoek .....	36
A.2.2	Stand van zaken .....	37
A.2.3	Wat is mijn aandeel? .....	37
<b>A.3</b>	<b>Methodologie</b>	<b>37</b>
<b>A.4</b>	<b>Verwachte resultaten</b>	<b>38</b>
<b>A.5</b>	<b>Verwachte conclusies</b>	<b>38</b>
	<b>Bibliografie</b> .....	<b>39</b>

## Lijst van figuren

2.1	Soorten AI in diagram (Bansal, 2019) .....	21
2.2	Classification vs. Regression (JavaTpoint, 2021) .....	22
2.3	Systematische voorstelling van een Neuron (Lievens, 2021) .....	23
2.4	Layers van een artificieel neurale netwerk (Lievens, 2021) .....	23
2.5	AI in het dagelijkse leven. (Europees Parlement, 2020) .....	24
2.6	Situering van NLP binnen het AI-veld. (Kleinings, 2022) .....	26
2.7	Manieren om een zin om te delen volgens een <i>token</i> . (Horan, 2020) 27	
2.8	Verhouding <i>deep learning</i> NLP model met de layers en de verschil- lende <i>tokens</i> . (Horan, 2020) .....	28
2.9	Tweedimensionale bron van de spraakgegevens van de oestrusop- roep bij runderen (a) en de omzetting naar korte-tijd Fourier transform (STFT) gebied (b). (Jung e.a., 2021) .....	29
2.10	De originele audio met ruisonderdrukking (a) en spraakinformatie gecorrigeerd door ruismasker afvlakking (b). (Jung e.a., 2021) .....	30



## Lijst van tabellen



# 1. Inleiding

De veroudering van de bevolking in de Vlaamse steden en gemeenten zet zich in de komende decennia verder. (StatistiekVlaanderen, 2018) Volgens hun voorspellingen zou tegen 2033 25% van de bevolking een 65-plusser zijn.

Tegelijk is het woord ‘waardigheid’ actueler dan ooit. Na de schrijnende omstandigheden van de Tweede Wereldoorlog stond dat woord centraal bij het opstellen van het verdrag van de Verenigde Naties (1945), de Universele Verklaring van de Rechten van de mens (1948) en de grondrechten van de Europese Unie (2000). Die basiswaarde vinden we ook terug bij het Europese en Belgische zorgbeleid. Ouderen mogen niet gediscrimineerd worden op vlak van leeftijd. Tevens mogen ze ook niet op een kinderlijke, betuttelende of onvriendelijke wijze aangesproken worden en moeten ze met respect bejegend worden (Campens, 2021).

Hoe meer ouderen er in de samenleving zijn, hoe groter het zorgaanbod die de samenleving moet organiseren voor deze leeftijdscategorie. Die zorgverleners, maar evengoed familie, weten niet altijd even goed hoe ze moeten omgaan met senioren. Wanneer een jonger persoon op een andere manier spreekt tegen een senior dan tegen een leeftijdsgenoot, spreken we over *elderspeak*. Williams (2011) omschrijft *elderspeak* als volgt: “Elderspeak is a common intergenerational speech style used by younger persons in communication with older adults in a variety of community and health care settings. Based on negative stereotypes of older adults as less competent communicators, younger speakers (in this case nursing home staff) modify their communication with nursing home residents by simplifying the vocabulary and grammar and by adding clarifications such as repetitions and altered prosody.” Om *elderspeak* te bestrijden, gaven Wick en Zanni (2007) een paar tips mee in hun onderzoek. Enkele van die tips gingen als volgt: spreek mensen aan zoals ze wensen aangesproken te worden, vraag om ze aan te spreken met

de voornaam, vermijd troetelnamen, wees bewust van non-verbaal gedrag, verhoog uw stemvolume enkel wanneer uw gesprekspartner hardhorig is, herhaal alleen uw zin als uw gesprekspartner het niet begrepen heeft, vermijd korte, langzame en makkelijke zinnen, vermijd verkleinwoorden en hanteer beleefd taalgebruik.

Naast *elderspeak* vormt het fenomeen *nursery tone* een extra uitdaging. Dit verwijst naar de situatie waarbij iemand de toonhoogte aan het einde van de zin standaard verhoogt zoals bij communicatie met jonge kinderen.

Glenn Beeckman (2021) en Standaert (2021) werkten vorig jaar in hun bachelorproef al aan eerdere stappen rond dit onderwerp en dit onderzoek zal verder werken op hun gelegde basis. Sommige stukken programmacode van hen zullen gebruikt worden om zo een beter model op te stellen. Zij haalden zelf ook verbeterpunten aan en moeilijkheden die, hopelijk, op te lossen zijn. Wat het verschil zal zijn tussen hun eindwerken en dit eindwerk wordt toegelicht in A.2.

De nog steeds relevante onderzoeksvraag van dit onderwerp is: “Kan *elderspeak* gedetecteerd worden door Artificiële Intelligentie en is het nuttig om AI toe te passen in de praktijk?”. Een bijkomende onderzoeksvraag is: “Kan *nursery tone* gedetecteerd worden door Artificiële Intelligentie?”. De laatste onderzoeksvraag moet een antwoord bieden op: “Kan de applicatie nuttig zijn voor zorgkundigen?”

De inleiding moet de lezer net genoeg informatie verschaffen om het onderwerp te begrijpen en in te zien waarom de onderzoeksvraag de moeite waard is om te onderzoeken. In de inleiding ga je literatuurverwijzingen beperken, zodat de tekst vlot leesbaar blijft. Je kan de inleiding verder onderverdelen in secties als dit de tekst verduidelijkt. Zaken die aan bod kunnen komen in de inleiding (Pollefiet, 2011):

- context, achtergrond
- afbakenen van het onderwerp
- verantwoording van het onderwerp, methodologie
- probleemstelling
- onderzoeksdoelstelling
- onderzoeksvraag
- ...

## 1.1 Probleemstelling

Dit onderzoek heeft als doel een meerwaarde te betekenen voor de oudere mensen in rusthuizen, homes, ziekenhuizen, maar ook nog de ouderen die zelfstandig thuis wonen. Deze mensen vinden het namelijk helemaal niet leuk om aangesproken te worden als kleine kinderen. Deze applicatie zal dan *elderspeak* herkennen en aangeven welke elementen die *elderspeak* opmaken, het model gevonden heeft. Het zijn dan vooral de verpleegkundigen, dokters, maar ook familieleden die zich bewust moeten zijn hoe ze tegen ouderen praten.

Uit je probleemstelling moet duidelijk zijn dat je onderzoek een meerwaarde heeft voor



een concrete doelgroep. De doelgroep moet goed gedefinieerd en afgelijnd zijn. Doelgroepen als “bedrijven,” “KMO’s,” systeembeheerders, enz. zijn nog te vaag. Als je een lijstje kan maken van de personen/organisaties die een meerwaarde zullen vinden in deze bachelorproef (dit is eigenlijk je steekproefkader), dan is dat een indicatie dat de doelgroep goed gedefinieerd is. Dit kan een enkel bedrijf zijn of zelfs één persoon (je co-promotor/opdrachtgever).

## 1.2 Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag die bij dit eindwerk hoort is: “Kan *elderspeak* gedetecteerd worden door Artificiële Intelligentie en kan dit toegepast worden in de praktijk?”. Een bijkomende onderzoeksvraag is: “Kan *nursery tone* gedetecteerd worden door Artificiële Intelligentie?”. Maar alleen dit beantwoorden zal uiteraard niet genoeg zijn. Het beantwoorden van de volgende deelvragen zullen wel een duidelijker en uitgebreider antwoord geven op de algemene probleemstelling:

- Welk type Artificiële Intelligentie past het beste bij deze opstelling?
- Welk type model van *machine learning* of *deep learning* werkt het beste per eigenschap?
- Hoe zitten de Python bibliotheken in elkaar die gebruikt werden in het project?
- Kan je achtergrond lawaai wegfilteren en hoe precies?
- Zal spraakherkenning lukken met de gratis beschikbare softwarebibliotheken?
- Hoe zet je een “Flask” server op waar je *webrequests* naar stuurt? En hoe verbind je daar een model mee?
- Is het nuttig om zo deze applicatie in gebruik te nemen voor zorgkundigen?

Wees zo concreet mogelijk bij het formuleren van je onderzoeksvraag. Een onderzoeksvraag is trouwens iets waar nog niemand op dit moment een antwoord heeft (voor zover je kan nagaan). Het opzoeken van bestaande informatie (bv. “welke tools bestaan er voor deze toepassing?”) is dus geen onderzoeksvraag. Je kan de onderzoeksvraag verder specificeren in deelvragen. Bv. als je onderzoek gaat over performantiemetingen, dan

## 1.3 Onderzoeksdoelstelling

Deze bachelorproef heeft als doel om een basiswebsite aan te bieden die dient als *PoC* of *proof-of-concept*. Die basisapplicatie vraagt eerst om gewoon te praten zoals je zou doen tegen je vrienden. Nadien wordt er gevraagd om te praten zoals je zou doen bij slechthorende senioren in een rusthuis. Om dat gevoel te versterken zal er een foto getoond van iemand uit een rusthuis. De applicatie analyseert dan de audiosamples en geeft aan welke kenmerken er aanwezig waren van *elderspeak*. Die kenmerken van *elderspeak* en waarom het model ‘denkt’ dat die eigenschappen aanwezig zijn, zijn vergaard in het literatuuronderzoek.

Wat is het beoogde resultaat van je bachelorproef? Wat zijn de criteria voor succes? Beschrijf die zo concreet mogelijk. Gaat het bv. om een proof-of-concept, een prototype, een verslag met aanbevelingen, een vergelijkende studie, enz.

## 1.4 Opzet van deze bachelorproef

De rest van deze bachelorproef is als volgt opgebouwd:

In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken binnen het onderzoeksdomein, op basis van een literatuurstudie.

In Hoofdstuk 3 wordt de methodologie toegelicht en worden de gebruikte onderzoekstechnieken besproken om een antwoord te kunnen formuleren op de onderzoeksvragen.

In Hoofdstuk 4, tenslotte, wordt de conclusie gegeven en een antwoord geformuleerd op de onderzoeksvragen. Daarbij wordt ook een aanzet gegeven voor toekomstig onderzoek binnen dit domein.

## 2. Stand van zaken

Dit hoofdstuk bevat je literatuurstudie. De inhoud gaat verder op de inleiding, maar zal het onderwerp van de bachelorproef *\*diepgaand\** uitspitten. De bedoeling is dat de lezer na lezing van dit hoofdstuk helemaal op de hoogte is van de huidige stand van zaken (state-of-the-art) in het onderzoeksdomein. Iemand die niet vertrouwd is met het onderwerp, weet nu voldoende om de rest van het verhaal te kunnen volgen, zonder dat die er nog andere informatie moet over opzoeken (Polleffiet, 2011).

Je verwijst bij elke bewering die je doet, vakterm die je introduceert, enz. naar je bronnen. In  $\text{\LaTeX}$  kan dat met het commando `\textcite{}` of `\autocite{}`. Als argument van het commando geef je de “sleutel” van een “record” in een bibliografische databank in het Bib $\text{\LaTeX}$ -formaat (een tekstbestand). Als je expliciet naar de auteur verwijst in de zin, gebruik je `\textcite{}`. Soms wil je de auteur niet expliciet vernoemen, dan gebruik je `\autocite{}`. In de volgende paragraaf een voorbeeld van elk.

Knuth (1998) schreef een van de standaardwerken over sorteer- en zoekalgoritmen. Experts zijn het erover eens dat cloud computing een interessante opportuniteit vormen, zowel voor gebruikers als voor dienstverleners op vlak van informatietechnologie (Creeger, 2009).

### 2.1 Verkennend onderzoek

“Kan *elderspeak* gedetecteerd worden door Artificiële Intelligentie en kan dit toegepast worden in de praktijk?”, is de centrale onderzoeksvraag, maar daarvoor moeten we twee begrippen goed uitleggen en begrijpen om te kunnen staven of dit wel degelijk mogelijk is.

Er zal dus eerst beschreven worden wat *elderspeak* precies is. Waarom vinden ouderen dat niet leuk? Wat zijn de eigenschappen en hoe kan je het voorkomen? Daarnaast moeten we ook begrijpen wat Artificiële Intelligentie is met daarbij alle verschillende types, vormen en maten ervan. De reden hiervoor is dat er verstaan moet worden welke en hoe AI gebruikt werd in het eindresultaat.

## 2.2 Elderspeak

### 2.2.1 Wat is *Elderspeak*?

Het begrip *elderspeak*, ook *secondary babytalk* genoemd, kent verschillende definities. Kemper e.a. (1998) omschrijft het begrip als volgt: “Elderspeak is a simplified speech register with exaggerated pitch and intonation, simplified grammar, limited vocabulary and slow rate of delivery.”

Daarnaast beschrijft Williams (2011) het begrip als het volgende: “Elderspeak is a common intergenerational speech style used by younger persons in communication with older adults in a variety of community and health care settings. Based on negative stereotypes of older adults as less competent communicators, younger speakers (in this case nursing home staff) modify their communication with nursing home residents by simplifying the vocabulary and grammar and by adding clarifications such as repetitions and altered prosody.” Dus het gaat over stereotype communicatie tussen ouderen en jongeren zoals het vereenvoudigen van zinnen en het toevoegen van herhalingen.

### 2.2.2 Wat zijn de kenmerken?

Deze kenmerken komen overeen met een communicatiestijl die men hanteert wanneer men tegen (afhankelijke) kinderen praat. Vandaar dat *elderspeak* ook wel als *secondary baby talk* wordt benoemd. Campens (2021) volgende de kenmerken als volgt op:

- Langzaam spreken
- Verhoogde toonhoogte
- Verhoogd stemvolume
- Overdreven intonatie
- Vereenvoudigd woordgebruik, gebruik van verkleinwoorden en/of ongepaste bijnamen of troetelnamen
- Verminderde grammaticale complexiteit (bv. voornamelijk enkelvoudige zinnen)
- Gebruik van collectieve voornaamwoorden (bijvoorbeeld “we” in plaats van “jij”)
- Veelvuldig gebruik van (bevestigende) tussenwerpsels (zoals “hé” of “voilà”)
- Gewijzigd non-verbaal gedrag (bv. langdurig oogcontact, extra gebaren, te dichtbij komen)
- Veelvuldige verduidelijking en herhaling

Tenslotte is het belangrijk om te weten dat bij *elderspeak* de inhoud van de boodschap, die

de zorgverlener wil overbrengen, niet wijzigt. Wel verandert de wijze waarop de boodschap wordt overgebracht door het gebruik van een infantiliserende communicatiestijl, aldus Campens (2021).

### 2.2.3 Wat zijn de tips om *elderspeak* te voorkomen?

De onderstaande tips zijn enkele van de tips die Wick en Zanni (2007) meegeven ter voorkoming van *elderspeak*:

- Spreek personen aan met de naam waarmee ze willen aangesproken worden. Gebruik geen collectieve voornaamwoorden als die niet van toepassing zijn.
- Als een persoon een zorgverlener toelaat om hem of haar met zijn voornaam aan te spreken, ga er dan niet van uit dat deze toestemming voor alle zorgverleners geldt. De mate van intimiteit varieert, waardoor elke zorgverlener moet nagaan hoe hij of zij zijn gesprekspartner mag aanspreken.
- Vermijd het gebruik van troetelnamen en overmatige intieme liefkozingen, tenzij de gesprekspartner uitdrukkelijk aangeeft dat hij of zij zo wil aangesproken worden.
- Wees je bewust van je non-verbaal gedrag.
- Verhoog je stemvolume (in beperkte mate) enkel en alleen wanneer de gesprekspartner hardhorig is. Verhoging van je stemvolume betekent geen verhoging van je stemhoogte. Wees je ervan bewust dat niet elke oudere gesprekspartner hardhorig is.
- Herhaling en verminderde grammaticale complexiteit hebben een plaats als de gesprekspartner je niet begrepen heeft.
- Vermijd korte zinnen en langzaam en met overdreven intonatie uitgesproken zinnen.
- Vermijd het gebruik van verkleinwoorden, aangezien die het gevoel van afhankelijkheid kunnen versterken en denigrerend kunnen geïnterpreteerd worden.
- Vermijd overdreven directieve boodschappen en bied keuzevrijheid.
- Hanteer een beleefd taalgebruik en beleefde omgangsvormen (bv. op de kamerdeur kloppen alvorens de kamer binnen te gaan).

## 2.3 Artificiële Intelligentie

### 2.3.1 Wat is AI?

Er zijn bijzonder veel beschrijvingen van wat AI is, maar alleen uit verschillende bronnen kan je een accuraat beeld krijgen van wat AI precies is.

Volgens Oracle (2014) heeft AI (kunstmatige intelligentie) betrekking op systemen of machines die onze eigen intelligentie nabootsen om taken uit te voeren en die zichzelf tijdens dat proces kunnen verbeteren op basis van de vergaarde informatie.

Het Europees Parlement (2020) geeft de volgende definitie aan artificiële intelligentie (of kunstmatige intelligentie): “AI is de mogelijkheid van een machine om mensachtige vaardigheden te vertonen - zoals redeneren, leren, plannen en creativiteit. AI maakt het voor technische systemen mogelijk om hun omgeving waar te nemen, om om te gaan met deze waarnemingen en problemen op te lossen om een specifiek doel te bereiken. De computer ontvangt data - reeds voorbereid en verzameld via eigen sensoren, zoals een camera - verwerkt deze en reageert erop. AI-systemen zijn in staat om hun gedrag in zekere mate aan te passen door het effect van vorige acties te analyseren en autonoom te werken.”

Samengevat is AI een technisch systeem dat opereert via complexe/grootschalige informatievergaring, maar waarbij het systeem vooral ook zichzelf aanpast op basis van die vergaarde informatie en op die manier menselijke intelligentie nabootst.

### 2.3.2 Welke vormen zijn van AI?

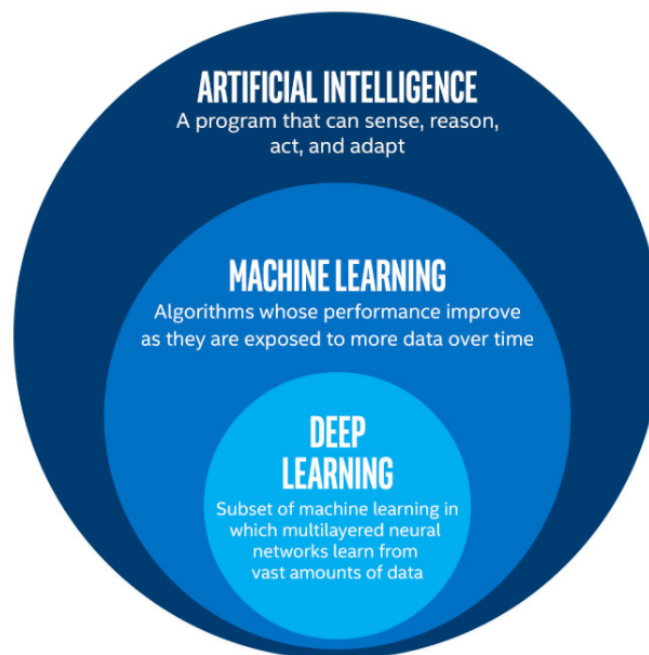
Artificiële Intelligentie is een verzamelnaam voor twee soorten algoritmes. Zo is er enerzijds *machine learning* en anderzijds *deep learning* (Kavlakoglu, 2020). Dit kan mooi geïllustreerd worden a.d.h.v. figuur 2.1. Daarop kan er afgeleid worden dat Artificiële Intelligentie een verzamelnaam is. Specifieker is er dan *machine learning* en *deep learning*.

### 2.3.3 Machine learning

*Machine learning* of machinaal leren is het deelgebied van kunstmatige intelligentie dat computers het vermogen geeft te leren zonder expliciet geprogrammeerd te zijn, aldus Lievens (2021). Machinaal leren heeft drie types namelijk *supervised learning* of gesuperviseerd leren, *unsupervised learning* of leren zonder toezicht en als laatste type is er *reinforcement learning* of leren door bekrachtiging.

#### Supervised learning

Een definitie gegeven door Lievens (2021) over *supervised learning* gaat als volgt: “De taak van *supervised learning* is een hypothese op te bouwen op basis van een reeks gelabelde trainingsgegevens. Deze hypothese kan dan worden gebruikt om het label voor



Figuur 2.1: Soorten AI in diagram (Bansal, 2019)

een (nieuwe) input te voorspellen. Wanneer het label een reëel getal is, spreekt men van een regressieprobleem; wanneer het label beperkt is tot een (beperkt) aantal vooraf gedefinieerde klassen, wordt het probleem een classificatieprobleem genoemd.” De visuele voorstelling van beide problemen is te vinden in figuur 2.2.

Een voorbeeld van het regressieprobleem is het voorspellen van huisprijzen. De input van het model is dan een reeks vectoren die de eigenschappen van het huis voorstellen zoals aantal slaapkamers, oppervlakte, bouwjaar etc.

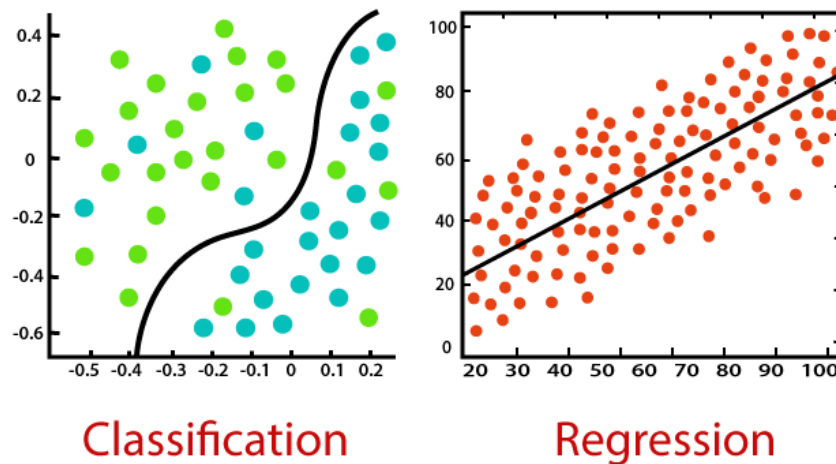
Voorbeelden van het classificatieprobleem zijn spamdetectie, nummerherkenning of diabetes. Elk hebben ze een beperkt aantal output klassen. Bij spamdetectie zijn er twee vooraf gedefinieerde klassen: spam en geen spam. Bij het herkennen van nummers zijn er 10 klassen: 0 t.e.m. 10 en bij diabetesdetectie kunnen er drie klassen aanwezig zijn namelijk geen diabetes, diabetes en pre-diabetes.

### Unsupervised learning

Lievens (2021) omschrijft *unsupervised learning* als de taak van het ontdekken van structuur in een ongelabelde gegevensreeks.

De meest prominente taak bij *unsupervised learning* is *clustering*, d.w.z. de ontdekking van coherente groepen. Andere mogelijke taken zijn anomaliedetectie en hoofdcomponentenanalyse (PCA).

Een voorbeelden van clustering is marktsegmentatie waarbij klanten worden opgedeeld in



Figuur 2.2: Classification vs. Regression (JavaTpoint, 2021)

verschillende segmenten zoals trouwe klant, mogelijke vertrekkende klant, niet tevreden klant etc. Op basis van aankoopdata, tijdstippen en online activiteit kan men de klanten gaan indelen in clusters. Die informatie kan dan weer gebruikt worden om bepaalde clusters meer informatie te geven of korting te geven. Er zijn algoritmen die fraude opsporen op een website die anders gedrag dan normaal gaan detecteren, wat dan een voorbeeld van anomalie detectie is. Bij PCA worden de data gereduceerd zodat de minder relevante data afneemt in de dataset, maar de nodige data juist duidelijker maakt.

### Reinforcement learning

Lievens (2021) beschrijft leren door bekrachtiging door een techniek die niet echt een dataset gebruikt, maar eerder via een identiteit is die leeft in een (on)bekende wereld. Die identiteit krijgt dan beloningssignalen. De opdracht is dan om uit te zoeken wat de regels zijn die leiden tot een grote beloning.

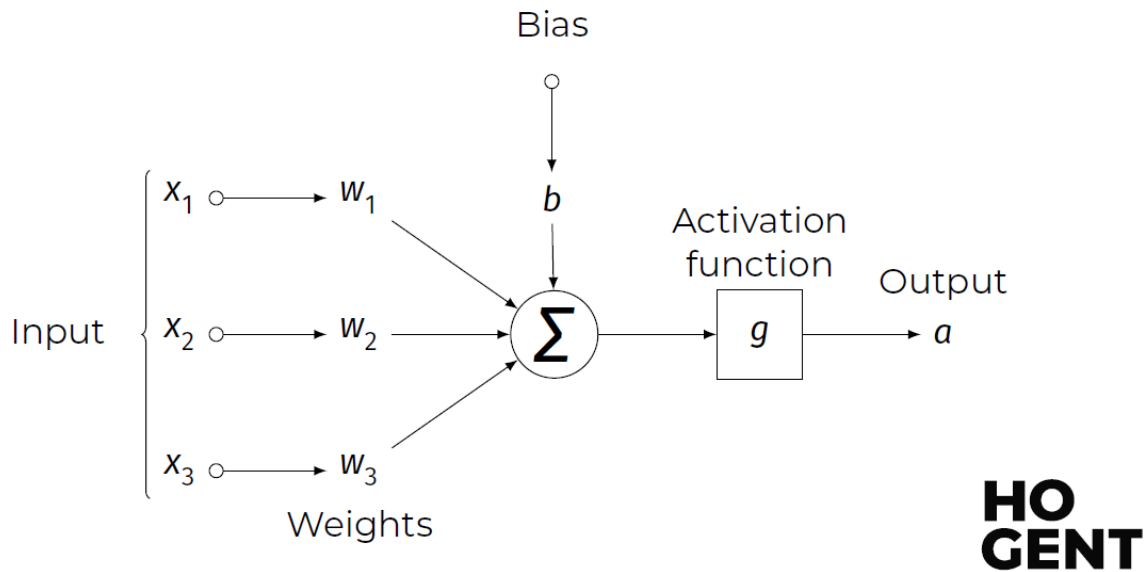
Het bekendste voorbeeld van *reinforcement learning* is zelfrijdende wagens waarbij het model alles zelf moet aanleren zoals het remmen en gas geven in welke hoeveelheid en hoe er gestuurd moet worden. Dit is een lang en iteratief proces waarbij het model dus de hele tijd zichzelf bijstuurt en bijleert van wat het net gezien heeft.

### 2.3.4 Deep Learning

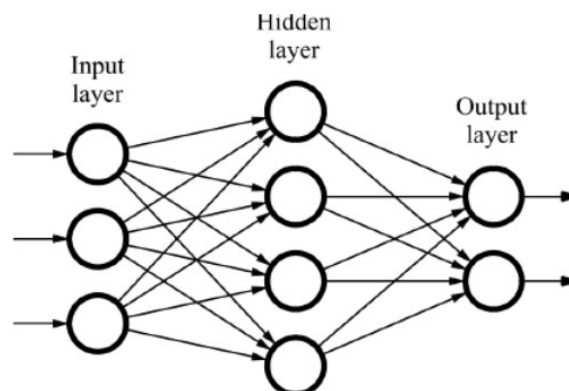
*Deep learning* is een onderdeel van *machine learning* die neurale netwerken bevat. “Een artificieel neuraal netwerk bestaat uit een groot aantal eenvoudige rekende eenheden, units of neuronen die de volgende eigenschap heeft: ‘Als de (gewogen) input van een neuron groot is, zal het ‘vuren’ en dit neuron zal een grote waarde op zijn axon zetten. Bovendien zijn deze eenheden verbonden door middel van gerichte links waarbij een reëel getal de sterkte van elke verbinding aangeeft.”, aldus Lievens (2021) in zijn cursus *Distributed Databases*.



## Schematic Diagram of a Neuron



Figuur 2.3: Systematische voorstelling van een Neuron (Lievens, 2021)



Figuur 2.4: Layers van een artificieel neurale netwerk (Lievens, 2021)

De systematische voorstelling van een neuron is te vinden in figuur 2.3. Een volledig neurale netwerk kan er uit zien zoals in figuur 2.4. De data wordt gevoed aan de *input layer*. Daarna komen een x-aantal *hidden layers* die dan de bewerkingen uitvoeren en als laatste stap heb je de *output layer*. Het aantal *nodes* of knopen in de *output layer* is gelijk aan het aantal klassen die een probleem heeft. Als er een *deep learning* model gemaakt wordt van het detecteren van spam, dan zou de *output layer* twee knopen moeten hebben.

### 2.3.5 AI in het dagelijkse leven: TODO: misschien weglaten?

Om een klein overzicht te maken wat AI allemaal inhoudt, zijn er andere voorbeelden geïllustreerd van kunstmatige intelligentie in figuur 2.5. TODO: meer informatie geven of weglaten?



Figuur 2.5: AI in het dagelijkse leven. (Europees Parlement, 2020)

## 2.4 AI-technieken die gebruikt worden om elderspeak te detecteren

### 2.4.1 NLP of *natural language processing*

Om te kunnen detecteren of men verkleinwoorden, troetelnamen, collectieve voornaamwoorden of veel tussenwerpsels gebruikt, moet het model of eerder gezegd de Python-bibliotheek - die het model bevat - weten of deze eigenschappen voorkomen. Hiervoor moeten we gebruik maken van *natural language processing*-bibliotheken of kort NLP. Maar wat is NLP precies?

*Natural language processing* of vertaald “natuurlijke taalverwerking” zit in de tak van de kunstmatige intelligentie. NLP zit een stuk in *machine learning* en een stukje in *deep learning*. (Kleinings, 2022) De visuele voorstelling van die verhoudingen zijn te vinden in figuur 2.6.

Volgens Kleinings (2022) is die natuurlijke taalverwerking een technologie die gebruikt wordt om computers te helpen om natuurlijke menselijke taal te begrijpen en te interpreteren.

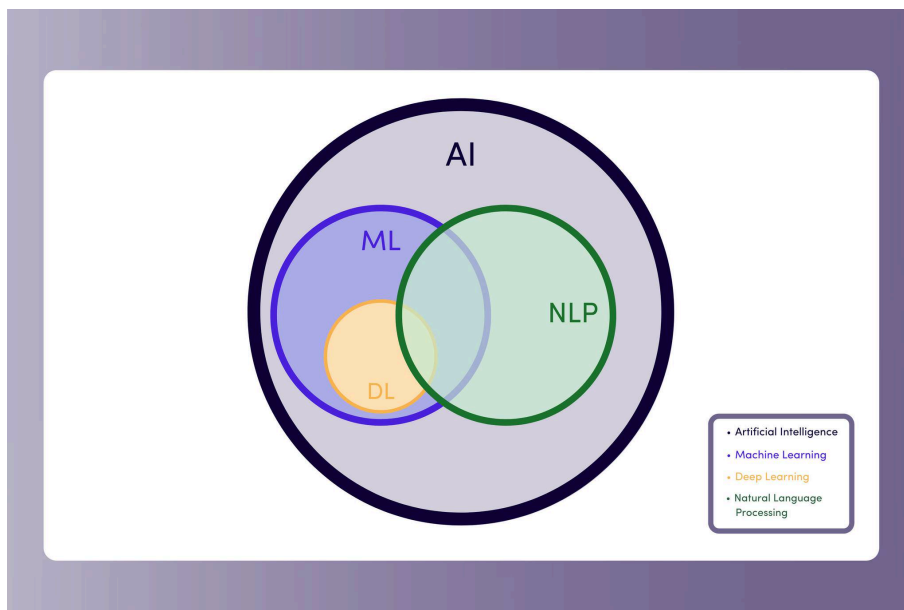
NLP combineert computationele linguïstiek - op regels gebaseerde modellering van menselijke taal - met statistische, *machine learning*- en *deep learning*-modellen. Samen stellen deze technologieën computers in staat menselijke taal - in de vorm van tekst of spraakgegevens - te verwerken en de volledige betekenis ervan te “begrijpen”, compleet met de bedoeling en het sentiment van de spreker of schrijver. (IBM Cloud Education, 2021)

NLP stuurt computerprogramma's aan die tekst van de ene taal naar de andere vertalen, reageren op gesproken opdrachten en grote hoeveelheden tekst kan samengevat worden, zelfs in realtime. Enkele voorbeelden van NLP-systemen in het dagelijkse leven zijn: spraakgestuurde GPS-systemen, digitale assistenten, spraak-naar-tekst dicteersoftware in bijvoorbeeld de smartphone of Microsoft Word, chatbots voor de klantenservice en andere ‘gemakken’ voor de consument. Maar NLP speelt ook een steeds grotere rol in bedrijfsoplossingen die helpen bij het stroomlijnen van de bedrijfsvoering, het verhogen van de productiviteit van werknemers en het vereenvoudigen van bedrijfskritische bedrijfsprocessen, aldus IBM Cloud Education (2021).

#### Waarom is het analyseren van taal moeilijk?

Volgens Kleinings (2022) zijn er vele redenen waarom het verwerken van taal door een computer of AI-systeem nog steeds moeilijk is en zal blijven.

Eerst en vooral heb je alle linguïstische regels per taal. Zo zijn er meer dan 6500 talen die gesproken worden vandaag de dag, die elke hun aparte regels hebben. Daarnaast is er het probleem van de uniformiteit. Om taal te kunnen verwerken moet die eerst omgezet worden in een systeem of formaat dat de computer kan begrijpen. Door middel van machinaal leren identificeert het model ongestructureerde taal en zet deze om naar



Figuur 2.6: Situering van NLP binnen het AI-veld. (Kleinings, 2022)

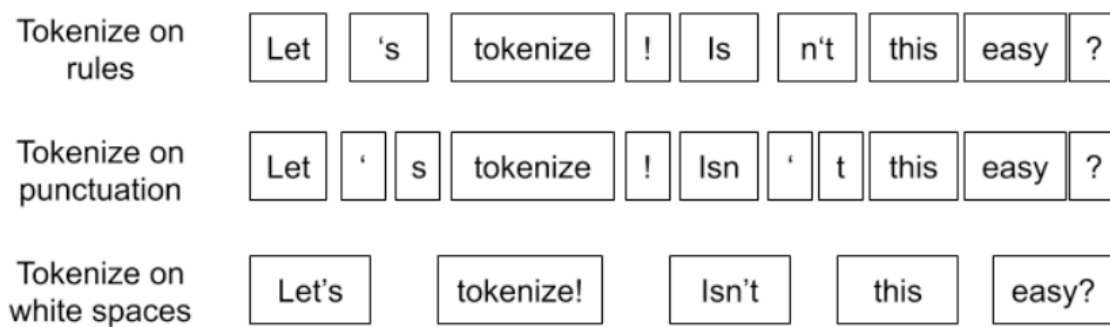
bruikbare, niet dubbelzinnige informatie die de computer dan kan begrijpen en er verder mee kan rekenen. Dit stukje wordt de *pre-processing* genoemd.

Bovendien speelt de context ook vaak parten. *Natural Language Processing* werkt fundamenteel door de hiërarchie van linguïstische dictie tussen elk woord te begrijpen en deze om te zetten in een vorm die computers kunnen interpreteren. Onze talen zijn niet eenvoudig, zo hebben woorden meerdere betekenissen, die alleen begrepen worden door het verschil in context. (Kleinings, 2022) Een voorbeeld hiervan is het woord “bank”. In de ene context is het de financiële instelling en in een andere context is het de rustbank in het park. Als laatste kan de toon van de stem ook nog verschillen. Mensen kunnen sarcasme of ironie in hun taal steken zodat het een andere betekenis krijgt. Om deze andere betekenis uit een tekst te halen is er heel veel moeite voor nodig.

### Hoe werkt NLP?

NLP is niet één statische methode, maar een ketting van manipulaties van de tekst zodat er meer lagen informatie tevoorschijn komen. Dit wordt gerealiseerd met neurale netwerken waarbij elke node een bepaalde functie uitvoert. Er zijn vier grote stappen i.v.m. de taalverwerking: morfologie, syntaxis, semantiek en pragmatiek, schrijft Kleinings (2022), wat te lezen is op een *low-code/no-code* platform genaamd Levity die dus veel kennis hebben over AI. Daar kan men blokken slepen en gebruiken om een AI-model op te stellen.

Met behulp van morfologie kan er per woord een type geclassificeerd worden zoals een zelfstandig naamwoord, bijvoeglijk naamwoord, voornaamwoord, lidwoord enzovoort. Denk hierbij aan het voorbeeld met de bank.



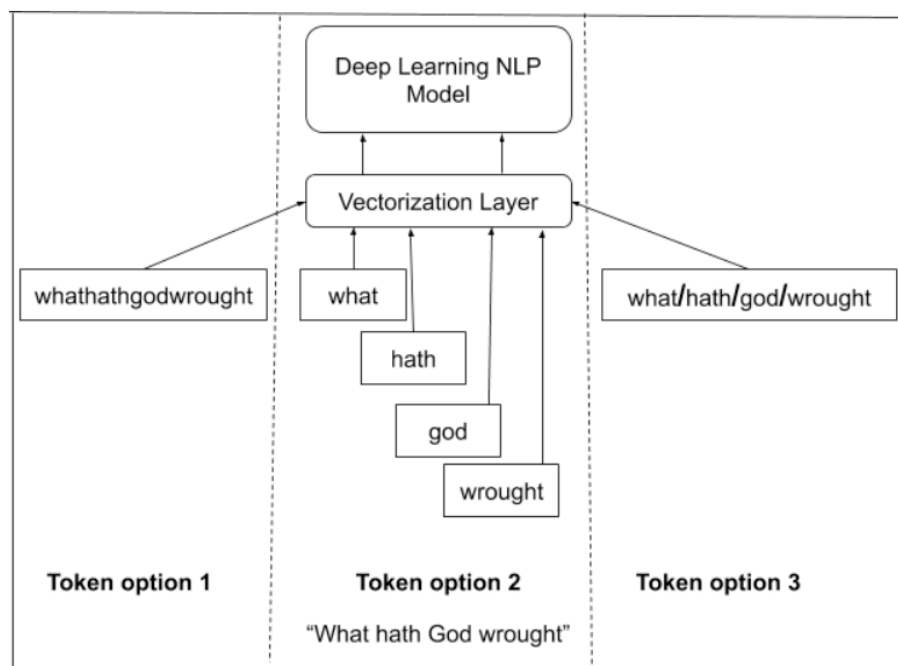
**Let's tokenize! Isn't this easy?**

Figuur 2.7: Manieren om een zin om te delen volgens een *token*. (Horan, 2020)

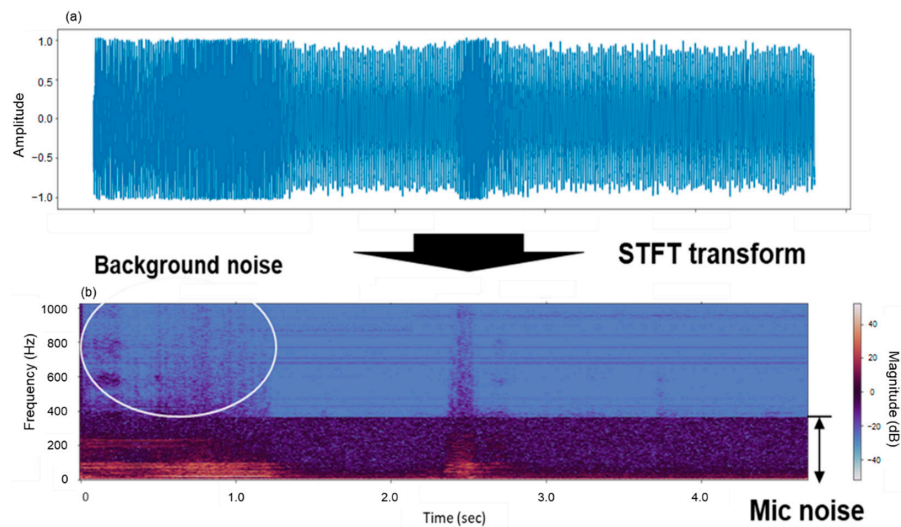
Om de syntaxis aan te leren zijn er twee manieren. Enerzijds kunnen er woorden gelabeld worden waarbij er gezegd wordt dat woord A de stam is, woord B de 2e persoon enkelvoud, woord C het voltooid deelwoord etc. Anderzijds kan er een *unsupervised machine learning* model gemaakt worden waarbij de computer de regels afleidt uit verschillende gelabelde teksten en die logica gebruikt om nieuwe, niet-gelabelde, teksten te begrijpen met dezelfde logica.

Daarnaast is het ook aan te raden dat stopwoorden verwijderd worden als het model de tekst wil begrijpen. Stopwoorden zoals “een, de, euh, inderdaad, echt, oké, eigenlijk, al-lez, etc.” moeten verwijderd worden. Daarbij aansluitend zijn er twee andere methoden. Enerzijds lemmatiseren waarbij werkwoorden naar de tegenwoordige tijd veranderd worden, en anderzijds stemming, waarbij er prefixen of affixen verwijderd worden, ook nodig om de conversie te maken. Een voorbeelden van het converteren is dan: “wij dachten” naar “denk”. Woorden worden daarnaast ook vervangen door meer gebruikte synoniemen zoals van “enorm” naar “groot”.

Als laatste systeem of layer bestaat er *tokenization*. Dit is het proces waarbij het systeem de zin indeelt in verschillende eenheden waaruit informatie kan gehaald worden. Er kan een *token* gekozen worden op basis van regels, leestekens, spaties, maar dit geeft wel steeds een ander resultaat wat geïllustreerd is in figuur 2.7. Hoe die *tokenization* zich verhoudt met die layer van het *deep learning* NLP model is te vinden in figuur 2.8.



Figuur 2.8: Verhouding *deep learning* NLP model met de layers en de verschillende *tokens*. (Horan, 2020)



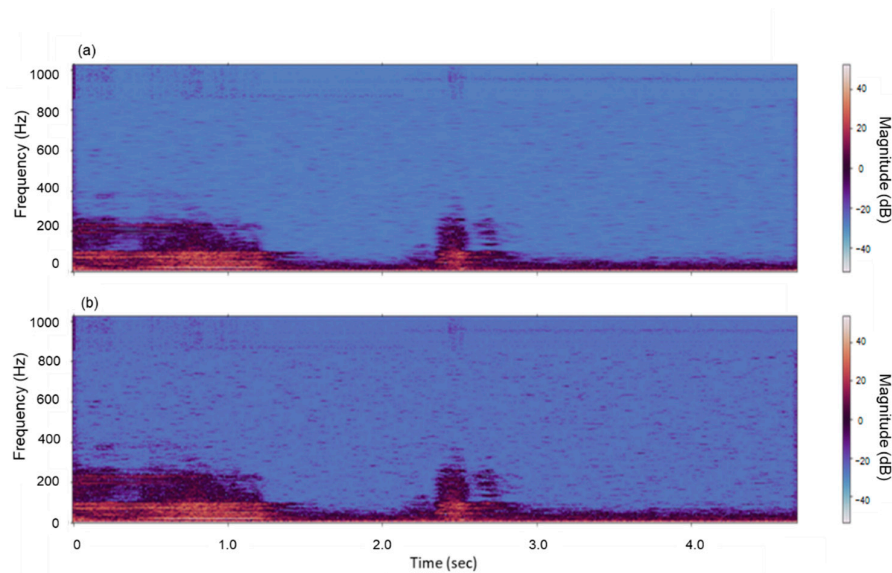
Figuur 2.9: Tweedimensionale bron van de spraakgegevens van de oestrusoproep bij runderen (a) en de omzetting naar korte-tijd Fourier transform (STFT) gebied (b). (Jung e.a., 2021)

### 2.4.2 Filteren van achtergrond lawaai

Volgens Jung e.a. (2021) helpen *convolutional neural networks* of CNN's - een specifieke opstelling van een *deep learning* model waarbij een data-array van twee of meer dimensies, zoals een afbeelding of geluidsfragment, wordt gestapeld door een veelvoud van tweedimensionale filters - bijzonder veel om achtergrondlawaai weg te filteren.

Om achtergrond lawaai weg te werken zijn AI gebaseerde filters zoals de *short-time Fourier transform* of STFT ideaal. Het STFT-filter verbetert in het algemeen de kwaliteit van het inkomende geluidssignaal door ruis uit het geluidssignaal te verwijderen. De STFT is een Fourier-gerelateerde transformatie die wordt gebruikt om de sinusoidale frequentie- en fase-inhoud van plaatselijke delen van een signaal te bepalen terwijl dit in de tijd verandert, zie figuur 2.9. In de praktijk worden STFT's berekend door een tijdsignaal op te delen in kortere segmenten van gelijke lengte en de Fouriertransformatie afzonderlijk te berekenen voor elk korter segment. Aldus wordt het Fourier-spectrum voor elk korter segment onthuld. Gewoonlijk zet men dan de veranderende spectra als functie van de tijd; de grafiek staat bekend als een spectrogram of waternalgrafiek, zie figuur 2.10. (Jung e.a., 2021)

In de opstelling van het onderzoek van Jung e.a. (2021) gebruikte men de *librosa* en de *noisereduce* Python-bibliotheken. Deze twee bibliotheken zullen ook gebruikt worden in het praktische gedeelte van deze bachelorproef.



Figuur 2.10: De originele audio met ruisonderdrukking (a) en spraakinformatie gecorrigeerd door ruismasker afvlakking (b). (Jung e.a., 2021)



### **3. Methodologie**



## 4. Conclusie



# A. Onderzoeksvoorstel

Het onderwerp van deze bachelorproef is gebaseerd op een onderzoeksvoorstel dat vooraf werd beoordeeld door de promotor. Dat voorstel is opgenomen in deze bijlage.

## A.1 Introductie

De veroudering van de bevolking in de Vlaamse steden en gemeenten zet zich in de komende decennia verder. (Statistiek Vlaanderen, 2018) Volgens hun voorspellingen zou tegen 2033 25% van de bevolking een 65-plusser zijn.

Het woord ‘waardigheid’ is actueler dan ooit. Na de schrijnende omstandigheden van de Tweede Wereldoorlog stond dat woord centraal bij het opstellen van het verdrag van de Verenigde Naties (1945), de Universele Verklaring van de Rechten van de mens (1948) en de grondrechten van de Europese Unie (2000). Die basiswaarde vinden we ook terug bij het Europese en Belgische zorgbeleid. Ouderen mogen niet gediscrimineerd worden op vlak van leeftijd. Tevens mogen ze ook niet op een kinderlijke, betuttelende of onvriendelijke wijze aangesproken worden en moeten ze met respect bejegend worden (Campens, 2021).

Hoe meer ouderen er in de samenleving zijn, hoe meer zorg zij nodig hebben en hoe meer zorgverleners instaan voor deze leeftijdscategorie. Die zorgverleners, maar evengoed familie, weten niet altijd even goed hoe ze moeten omgaan met senioren. Wanneer een jonger persoon op een andere manier spreekt tegen een senior dan tegen een leeftijdsgenoot, spreken we over *elderspeak*. Williams (2011) omschrijft *elderspeak* als volgt: “Elderspeak is a common intergenerational speech style used by younger persons in com-

munication with older adults in a variety of community and health care settings. Based on negative stereotypes of older adults as less competent communicators, younger speakers (in this case nursing home staff) modify their communication with nursing home residents by simplifying the vocabulary and grammar and by adding clarifications such as repetitions and altered prosody.” Om *elderspeak* te bestrijden, gaven Wick en Zanni (2007) een paar tips mee in hun onderzoek. Enkele van die tips gingen als volgt: spreek mensen aan zoals ze wensen aangesproken te worden, vraag om ze aan te spreken met de voornaam, vermijd troetelnamen, wees bewust van non-verbaal gedrag, verhoog uw stemvolume enkel wanneer uw gesprekspartner hardhorig is, herhaal alleen uw zin als uw gesprekspartner het niet begrepen heeft, vermijd korte, langzame en makkelijke zinnen, vermijd verkleinwoorden en hanteer beleefd taalgebruik.

Naast *elderspeak* heb je ook nog *nursery tone*. Dit verwijst naar de situatie waarbij iemand de toonhoogte aan het einde van de zin standaard verhoogt zoals bij communicatie met jonge kinderen.

Dit onderwerp was vorig jaar al een onderzoeksonderwerp voor Glenn Beeckman (2021) en Victor Standaert (2021). Zij hebben al een basis gelegd in de goede richting om dit project tot een goed einde te brengen. Sommige stukken programmacode van hen zullen gebruikt worden om zo een beter model op te stellen. Zij haalden zelf ook verbeterpunten aan en moeilijkheden die, hopelijk, op te lossen zijn. Wat het verschil zal zijn tussen hun eindwerken en dit eindwerk wordt toegelicht in A.2.

De nog steeds relevante onderzoeksvraag van dit onderwerp is: “Kan *elderspeak* gedetecteerd worden door Artificiële Intelligentie en kan dit toegepast worden in de praktijk?”. Een bijkomende onderzoeksvraag is: “Kan *nursery tone* gedetecteerd worden door Artificiële Intelligentie?”.

Met dit eindwerk zal ik alle mogelijkheden en capaciteiten van mezelf inzetten om een applicatie én AI-model te maken zodat dit kan getest en gebruikt worden in de opleiding verpleegkunde. Ik hoop ook dat ik ouderen op deze manier een betere levenskwaliteit kan bieden door de communicatie met zorgverleners, en misschien zelfs hun familie, te optimaliseren.

## A.2 State-of-the-art

### A.2.1 Literatuuronderzoek

Omdat voorgaande studenten al uitgezocht hebben wat *elderspeak* precies is, zal dit niet herhaald worden in dit onderzoek. Wel zal er op basis van de beschikbare literatuur onderzocht worden welk soort machinaal leren of *deep learning* het meest geschikt is voor deze specifieke taken. Zowel *machine learning* als *deep learning* hebben elk verschillende onderlinge modellen. Er moet dan bekeken worden welke hypothese het beste past om bovenstaande parameters te integreren in het model of verschillende modellen.

Een extra obstakel kan verschijnen wanneer er te veel achtergrond lawaai aanwezig is. Mogelijks moet er dan eerst een filter worden toegepast op de audiobestanden om dit weg te filteren zodat deze wel gebruikt kunnen worden voor het herkennen van eigenschappen op *elderspeak*.

### A.2.2 Stand van zaken

Zoals reeds vermeld in de inleiding werd dit bachelorproef-onderwerp vorig jaar al gekozen door twee studenten. Zij hebben zich gefocust op de *speech-to-text*, verkleinwoorden detecteren, een frequentiemeter, herhalende zinnen herkennen, emotie-herkenner en een basisapplicatie in ‘Tkinter’, een standaard *Graphical User Interface* (GUI) in Python.

Beeckman (2021) vermeldde dat er nog nood was aan een methode om herhaling en verkleinwoorden te detecteren. Standaert (2021) haalde aan dat er nog onderzoek nodig was voor de spraakherkenning en de frequentiemeter om de applicatie preciezer te maken.

### A.2.3 Wat is mijn aandeel?

Beide studenten hebben niet echt Kunstmatige Intelligentie gebruikt om het resultaat te bekomen. Standaert (2021) heeft wel methoden beschreven om een paar kenmerken te herkennen, maar dit gebeurt op basis van vaste parameters. Mocht AI gebruikt kunnen worden om de nauwkeurigheid op te schalen, dan zou dat alvast een winst zijn. Het gebruik van Machinaal leren of *Deep Learning*, meer specifiek een *Convolutional Neural Network* (CNN) kan een positief effect hebben op het detecteren van alle parameters rond *elderspeak*. Mijn aandeel zal dus zijn om te onderzoeken welke modellen het beste gebruikt worden om die parameters te detecteren.

Een belangrijke stap zal zijn om de twee eerder vernoemde eindwerken samen te voegen en te verbeteren. Beeckman (2021) gebruikte “Tkinter” om de *front-end* te maken, maar haalde een paar redenen aan waarom dat toch niet te verkiezen is, zoals bijvoorbeeld het amateuristische uiterlijk en de beperkte mogelijkheden. Mijn voorkeur gaat eerder uit naar het gebruik van “Flask”, een *micro-webframework* in Python, dat kan gebruikt worden om een webpagina te maken en te linken naar de *back-end*. Het voordeel hiervan is dat men sneller én mooier een website kan ontwerpen.

## A.3 Methodologie

Om te verzekeren dat er genoeg data beschikbaar is, is het aan te raden dat er audiosamples verzameld worden voor het 2<sup>e</sup> semester.

Op basis van de resultaten van het literatuuronderzoek en beide eindwerken van vorig jaar, kunnen er methodes opgesteld worden die de belangrijkste kenmerken van *nursery tone* en *elderspeak* herkennen. Daarbij is het gebruik van Artificiële Intelligentie een handige

manier om het verschil te kennen tussen iemand die *elderspeak* gebruikt en iemand die dat niet doet. Met welk model en op welke wijze dit het beste gerealiseerd wordt, zal onderzocht worden in dit eindwerk.

Daarnaast moet alles omgezet worden naar een duidelijke webapplicatie via “Flask” zodat het in latere fases niet geïnstalleerd moet worden op een computer. Zo kan iedereen de applicatie gebruiken zonder vooraf iets te downloaden, wat het gebruiksgemak thuis en op verplaatsing, bijvoorbeeld in een rusthuis, optimaliseert.

Tot slotte zullen het beantwoorden van de volgende deelvragen hierbij moeten helpen:

- Welk type Artificiële Intelligentie past het beste bij deze opstelling?
- Welk type model van *machine learning* of *deep learning* werkt het beste per eigenschap?
- Kan je achtergrond lawaai wegfilteren en hoe precies?
- Zal spraakherkenning lukken met de gratis beschikbare softwarebibliotheken?
- Hoe zet je een “Flask” server op waar je *webrequests* naar stuurt? En hoe verbind je daar een model mee?

## A.4 Verwachte resultaten

Het verwachte resultaat is een webapplicatie met “Flask” als *back-end*, waarbij men de optie heeft om het model te trainen, en waarbij het model aangeeft of er *elderspeak* of *nursery tone* aanwezig is. Bovendien geeft de applicatie weer op basis van welke parameters het model ‘denkt’ dat het om die twee taalregisters gaat.

## A.5 Verwachte conclusies

De gehoopte resultaten houden in dat er een meetbaar verschil is tussen personen die *nursery tone* gebruiken t.o.v. mensen die normaal praten. Het model zal nooit 100% accuraat zijn: zo spreekt men in de praktijk vaker dialect tegen ouderen terwijl de algoritmes getraind zijn op Algemeen Nederlands (AN), en ook het verschil tussen de Nederlandse uitspraak en de Vlaamse uitspraak kunnen een obstakel vormen. Ook het filteren van achtergrondlawaai wordt een bijkomende uitdaging.



## Bibliografie

- Bansal, H. (2019, juli 19). *How to get the Perfect start in AI ML as Newbie?? Learn the Art in just 5 mins!* Verkregen 18 maart 2022, van <https://becominghuman.ai/how-to-get-the-perfect-start-in-ai-ml-as-newbie-learn-the-art-in-just-5-mins-cba28d2705e4>
- Beeckman, G. (2021). *Nursery Tone Monitor: softwarematige detectie van elderspeak* (eindwerk). Hogeschool Gent. Verkregen 28 november 2021, van <https://catalogus.hogent.be/catalog/hog01:000739720>
- Campens, J. (2021). Cursus Elderspeak.
- Creeger, M. (2009). CTO Roundtable: Cloud Computing. *Communications of the ACM*, 52(8), 50–56.
- Europees Parlement. (2020, september 4). *Wat is artificiële intelligentie en hoe wordt het gebruikt? Twitter LinkedIn Whatsapp Artificiële of kunstmatige intelligentie (AI) staat op het punt om voorloper te worden als technologie van de toekomst. Maar wat is AI precies en hoe beïnvloedt het ons leven nu al?* Europees Parlement. Verkregen 18 maart 2022, van <https://www.europarl.europa.eu/news/nl/headlines/society/20200827STO85804/wat-is-artificiele-intelligentie-en-hoe-wordt-het-gebruikt>
- Horan, C. (2020, januari 28). *Tokenizers: How machines read: We will cover often-overlooked concepts vital to NLP, such as Byte Pair Encoding, and discuss how understanding them leads to better models.* FloydHub. Verkregen 28 maart 2022, van <https://blog.floydhub.com/tokenization-nlp/>
- IBM Cloud Education. (2021, juli 2). *Natural Language Processing (NLP)*. IBM. Verkregen 28 maart 2022, van <https://www.ibm.com/cloud/learn/natural-language-processing>
- JavaTpoint. (2021, januari 1). *Regression vs. Classification in Machine Learning*. <https://www.javatpoint.com/regression-vs-classification-in-machine-learning>

- Jung, D.-H., Kim, N. Y., Moon, S. H., Jhin, C., Kim, H.-J., Yang, J.-S., Kim, H. S., Lee, T. S., Lee, J. Y., & Park, S. H. (2021). Deep Learning-Based Cattle Vocal Classification Model and Real-Time Livestock Monitoring System with Noise Filtering. *Animals*, 11(2), 357. <https://doi.org/10.3390/ani11020357>
- Kavlakoglu, E. (2020, mei 27). *AI vs. Machine Learning vs. Deep Learning vs. Neural Networks: Whats the Difference?* IBM. Verkregen 18 maart 2022, van <https://www.ibm.com/cloud/blog/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning-vs-neural-networks>
- Kemper, S., Finter-Urczyk, A., Ferrell, P., Harden, T., & Billington, C. (1998). Using elderspeak with older adults. *Discourse Processes*, 25(1), 55–73. <https://doi.org/10.1080/01638539809545020>
- Kleinings, H. (2022, februari 17). *How Natural Language Processing works in 2022*. Verkregen 28 maart 2022, van <https://levity.ai/blog/how-natural-language-processing-works>
- Knuth, D. E. (1998). *The art of computer programming, volume 3: (2nd ed.) sorting and searching*. Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Lievens, S. (2021, september 27). Lecture notes in Distributed Databases - Machine Learning. *HoGent*.
- Oracle. (2014, april 24). *Wat is AI? Meer informatie over kunstmatige intelligentie*. <https://www.oracle.com/nl/artificial-intelligence/what-is-ai/>
- Pollefliet, L. (2011). *Schrijven van verslag tot eindwerk: do's en don'ts*. Academia Press.
- Standaert, V. (2021). *Nursery tone monitor* (Eindwerk). Hogeschool Gent. Verkregen 28 november 2021, van <https://catalogus.hogent.be/catalog/hog01:000739598>
- StatistiekVlaanderen. (2018). Home Bevolking Economie Levensomstandigheden Omgeving Overheid Rapporten EvenementenDe vergrijzing zet zich verder, 3. Verkregen 28 november 2021, van <https://www.statistiekvlaanderen.be/nl/de-vergrijzing-zet-zich-verder>
- Wick, J. Y., & Zanni, G. R. (2007). The Irony of Elderspeak: Effective but Condescending. *The Consultant Pharmacist*, 22(2), 175–178. <https://doi.org/10.4140/tcp.n.2007.175>
- Williams, K. N. (2011, juni 9). *Communication in Elderly Care*. Bloomsbury UK. Verkregen 28 november 2021, van [https://www.ebook.de/de/product/21099510/communication\\_in\\_elderly\\_care.html](https://www.ebook.de/de/product/21099510/communication_in_elderly_care.html)