

Universiteit Utrecht



Het kunstmatige consult

De zoektocht naar transformationele creativiteit
in kunstmatig intelligente systemen voor de diagnostiek binnen de
Geestelijke Gezondheidszorg

Naam van de student:	Prerna Chaudhary (6517935)
Naam van de begeleider:	Merel van Goch
Naam van de tweede beoordelaar:	Rianne van Lambalgen
Datum:	26-06-2020
Discipline:	Kunstmatige intelligentie
ECTS:	15

Samenvatting

In deze honourscriptie¹ onderzoek ik of een computerprogramma dat zich richt op diagnostiek in de Geestelijke Gezondheidszorg(GGZ) in staat is zichzelf aan te passen. Het vermogen van een computerprogramma om zichzelf aan te passen aan de hand van een creatieve methode wordt transformationele creativiteit genoemd. Transformationele creativiteit wordt aan de hand van drie verschillende definities voor creativiteit benaderd. Om uit te vinden welke vorm computerprogramma's die transformationele creativiteit vertonen binnen de diagnostiek in de GGZ aannemen wordt gebruik gemaakt van een *systematic review*. Met de *systematic review* is er gezocht in alle onderzoeken die zich specifiek richten op computerprogramma's die diagnostiek in de GGZ ondersteunen met behulp van kunstmatige intelligentie. Deze aanpak heeft uit 434 onderzoeken, vijf onderzoeken opgeleverd die voldeden aan vooraf opgestelde criteria. In deze vijf onderzoeken heeft de uiteindelijke analyse vier onderzoeken opgeleverd die transformationele creativiteit vertoonden.

Keywords: Kunstmatige Intelligentie, Transformationele Creativiteit, Computatieve Creativiteit, Meta-creativiteit, Geestelijke Gezondheidszorg, Diagnostiek

¹ In deze scriptie is het honours-component academische verdieping. .

Inhoud

Samenvatting	2
1. Inleiding.....	5
1.1 Definitie Creativiteit.....	5
1.2 Kunstmatige Intelligentie en de Geestelijke Gezondheidszorg	7
1.3 Manieren om transformationele creativiteit te benaderen	8
1.3.1 De benadering van Jennings: Definitie voor creativiteit.....	8
1.3.2 De benadering van Boden: Definities voor Creativiteit	9
1.3.3 De benadering van Xiao: Definities voor creativiteit	9
1.3.4 Alternatieve begrippen voor transformationele creativiteit.....	11
1.4 Huidig onderzoek.....	11
2. Methode	12
2.1 Protocol.....	12
2.2 Geschiktheidscriteria	12
2.2.1 Verklaring geschiktheidscriteria.....	13
2.3 Informatiebronnen	13
2.4 Zoekstrategie	13
2.5 Verzameling van onderzoeken.....	17
2.6 Data extractie.....	18
2.7 Verzamelde gegevens.....	18
2.8 Bias	19
2.9 Samenvattende analyse.....	19
3. Resultaten	20
3.1 “A patient like me”.....	21
3.2 Automated depression analysis using convolutional neural networks from speech.	23
3.3 Monitoring stress with a wrist device using context.	25
3.4 Stress Detection Using Wearable Physiological and Sociometric Sensors	28
3.5 Toward a motor signature in autism: Studies from human-machine interaction.....	29
3.6 Overzicht.....	30
4. Discussie	32
5. Slot	35
6. Referenties	36
7. Bijlage - Beschrijving meegenomen onderzoeken	39
Onderzoek 1	39
Onderzoeksgegevens	39
Wat beschrijft het	39
Kunstmatige intelligentie.....	39

Creativiteit?	41
Onderzoek 2	42
Onderzoeksgegevens	42
Wat beschrijft het	43
Kunstmatige intelligentie	43
Creativiteit	44
Onderzoek 3	45
Onderzoeksgegevens	45
Wat beschrijft het	45
Kunstmatige intelligentie	46
Creativiteit	48
Er is hier mogelijk sprake van transformationele creativiteit.....	48
Onderzoek 4	49
Onderzoeksgegevens	49
Wat beschrijft het	49
Kunstmatige intelligentie	49
Onderzoek 5	50
Onderzoeksgegevens	50
Wat beschrijft het	50
Kunstmatige intelligentie	51
Creativiteit?	52

1. Inleiding

Rond 1950 begon men uitgebreider onderzoek te doen naar creativiteit (Sternberg, 1999). Vanaf 1950 tot nu heeft men in het onderzoek naar creativiteit vele verschillende vragen gesteld en beantwoord aan de hand van vele verschillende methodologieën. In deze onderzoeken zijn daarmee ook vele verschillende definities gedefinieerd en gehanteerd. Wat deze definities gemeen hebben is dat het veelal gaat om ideeën of producten die origineel of nieuw zijn en door anderen als waardevol, nuttig of handig voor specifieke taken worden gezien. Hoewel in veel van deze onderzoeken niet wordt uitgelegd wat het belang van creativiteit is, zijn er ook genoeg redenen om creativiteit als van belang te bestempelen (Forgeard & Kaufman, 2016). Het fenomeen creativiteit ligt aan de basis van historische, technologische of culturele vooruitgang (Gabora, 1997; Simonton, 2000). Ook is bekend dat creativiteit de potentie heeft om succesvol zakendoen en ondernemen te verhogen (Amabile, 1988; Florida, 2002). Zo wordt creativiteit door verschillende tijdperken en in verschillende culturen gezien als een persoonlijk middel om doelen te bereiken (Forgeard & Eichner, 2014; Kamylyis & Valtanen, 2010; Peterson & Seligman, 2004; Sternberg, 2009).

In dit onderzoek wordt ingegaan op het concept van creativiteit in een nieuwe context en met een nieuwe methodologie. Zo wordt er gekeken naar het voorkomen van creativiteit in kunstmatig intelligente computerprogramma's binnen de geestelijke gezondheidszorg. In sectie één van de inleiding wordt uitgelegd welke concepten van creativiteit van belang zijn bij het benaderen van creativiteit in kunstmatig intelligente computerprogramma's en waarom. In sectie twee van de inleiding wordt verklaard waar creativiteit in kunstmatig intelligente computerprogramma's te vinden is en wat de rol van creatief intelligente kunstmatige computerprogramma's binnen de geestelijke gezondheidszorg is. In sectie drie wordt er dieper ingegaan op de vorm van creativiteit die in dit onderzoek gezocht wordt. In de laatste sectie, sectie vier wordt er afgesloten met de onderzoeksvraag.

1.1 Definitie Creativiteit

Creativiteit is dus door verschillende onderzoekers in verschillende tijden verschillend gedefinieerd (Sternberg, 1999). Er is eerder aangehaald dat wanneer er gesproken wordt over creativiteit, het gaat veelal gaat om ideeën of producten die origineel of nieuw zijn en door anderen als waardevol, nuttig, betekenisvol of handig voor specifieke taken worden bestempeld. In deze sectie worden er vier verschillende definities van creativiteit geïntroduceerd. Aan de hand van deze definities zullen computerprogramma's die kunstmatige intelligentie gebruiken getoetst worden aan het gebruik van creativiteit. Het object dat beïnvloed of gecreëerd wordt door het fenomeen creativiteit, wordt daarmee niet enkel gedefinieerd als een idee of product, maar ook abstracter bekeken als een nieuw 'concept' zodat het ook binnen een computerprogramma te definiëren valt.

Wanneer er wordt gekeken naar creativiteit kan een concept vanuit twee verschillende hoeken bekeken worden (Boden, 1991). Een concept kan nieuw zijn voor het individu of het programma dat het creëert. Ook kan een concept vernieuwend zijn voor de gehele maatschappij en nooit eerder tot stand zijn gebracht. Om creativiteit verder te specificeren kunnen verschillende criteria worden gebruikt. Johansson (2017) combineert aan de hand van literatuur verschillende kenmerken die duiden op creativiteit. Deze vermeldt Boden als de criteria om iets als creatief te kunnen bestempelen. Boden haalt wel aan dat deze creativiteitscriteria tot op heden niet wetenschappelijk bewezen of onderbouwd zijn. De criteria die Johansson en Boden voorstellen zijn de volgende:

- 1) Creativiteit is een (manifestatie van) een nieuw idee, ofwel concept (of het wordt in ieder geval als nieuw waargenomen door de observeerder of de populatie die eraan blootgesteld wordt).
- 2) Het concept is waardevol, en met waardevol wordt dan vaak bedoeld dat het relevant is voor de waarnemer.
- 3) Het concept valt te realiseren en te gebruiken: de buitenwereld of de maatschappij kan er concreet iets mee doen.

Johansson maakt hiernaast onderscheid tussen directionele en intersectionele creatieve ideeën. **Directionele** creatieve ideeën zijn ideeën die gevonden worden bij een actieve zoektocht naar nieuwe ideeën voor een specifiek doel. Bijvoorbeeld het creëren van heel veel materie om daaruit het beste te selecteren. **Intersectionele** ideeën daarentegen vereisen dat de bedenker de bestaande associatieve barrières afbreekt. Associatieve barrières worden hierbij gezien als bestaande ideeën over wat van belang is. Dit zorgt ervoor dat de bedenker of maker ook openstaat voor nieuwe ideeën. Hierbij worden vaak ideeën en concepten gecombineerd op puur geluk. Dit is ook wat out-of-the-box denken wordt genoemd. Deze definities voor creativiteit worden tevens teruggevonden in definities die de meeste onderzoeken aanhalen voor creativiteit (Csikszentmihalyi, 1999; Forgeard & Mecklenburg, 2013; Stein, 1953; Sternberg & Lubart, 1999).

In deze scriptie wordt er met name ingegaan op creativiteit binnen de kunstmatige intelligentie. Naast eerdergenoemde vormen van creativiteit komt daar ook het idee van transformationele creativiteit voor (Boden 1991). Transformationele creativiteit houdt in dat een systeem, in deze context computerprogramma, de eigen werking aan kan passen met hulp van creatieve methodes die in . Het meest recent gepubliceerde onderzoek over computationele creativiteit, het onderzoek van Xiao et al. (2019) definieert computationele creativiteit verder, voortbouwend op eerdere onderzoekers. Aan het eind van het onderzoek wordt vermeld dat er ruimte is voor vervolgonderzoek op het gebied van transformationele creativiteit. Er is weinig over bekend, ondanks het feit dat het concept al langer bestaat. In het vakgebied van *computational creativity*, een vakgebied dat onderzoek doet naar creativiteit die tot stand is gebracht door computers, wordt naar transformationele creativiteit verwezen met de term *meta-creativity*. In de computerwetenschappen in bredere zin wordt het specifieke vermogen van een systeem om zichzelf aan te passen ook wel *self-adaptability* genoemd (Salehie en Tahvildari 2009; Lewis et al. 2015). Schrijvers binnen deze vakgebieden zijn door de jaren heen met verschillende definities voor meta-creativiteit aangekomen (Buchanan, 2001; Colton, 2009; Grace en Maher, 2015; Jennings, 2010). Uit deze verschillende definities kan vooralsnog wel de eerder genoemde gemeenschappelijke definitie afgeleid worden: transformationele creativiteit houdt in dat een systeem de eigen werking kan aanpassen. De verschillen in de definities komen voort uit de onduidelijkheid betreffende wanneer er van transformationele creativiteit gesproken kan worden en de onduidelijkheid in hoe deze tot stand gebracht kan worden. Momenteel zijn daar weinig modellen voor ontworpen (Linkola et al., 2017). Al met al is transformationele creativiteit in de huidige onderzoekswereld een actueel onderzoeksgebied waar de opvattingen over verschillen en waar veel onderzoek naar moet worden gedaan. In dit onderzoek naar transformationele creativiteit wordt er gewerkt met de geestelijke gezondheidszorg als casus.

1.2 Kunstmatige Intelligentie en de Geestelijke Gezondheidszorg

Het belang van creatief intelligente applicaties in de GGZ

In de geneeskunde is er momenteel een trend richting *personalized medicine* en *precision medicine* (*Personalized Medicine*, 2020). De aanpak van *personalized* en *precision* zorg verschilt met de traditionele zorg in de zin dat het individu en de genetische, omgevings- en levensstijl kenmerken van het individu centraal staan, om een geschikte diagnose te vinden en aanpak op te stellen, in plaats van populatiekenmerken en generieke richtlijnen. Vaak wordt daarbij gedacht aan de vooruitgang van de genetica, maar ook het principe dat de patiënt centraal hoort te staan bij een behandeling en dat niet elke gelijkaardige ziekte dezelfde behandeling vereist.

Ho et al. (2020) beschrijft deze ontwikkeling uitgebreid. Het onderzoek geeft aan dat er voornamelijk een hindernis wordt ervaren bij het introduceren van *personalized medicine*, door het gebrek aan een volledig overzicht over eigenschappen, medisch gezien ook wel 'tekens' genoemd en biomedisch 'biomarkers', die relevant zijn voor het evalueren van de ziekte of gezondheidstoestand. In de huidige aanpak binnen de zorg wordt het gebrek aan volledig overzicht aangevuld met heuristische gebaseerd op bijvoorbeeld de epidemiologische gegevens (Marewski & Gigerenzer, 2012). Wanneer er echter gewerkt wordt met enkel de tekens, of dit nu manueel is of met computerprogramma's, zijn deze nog niet volledig toereikend om goede diagnoses op te kunnen baseren (Ho et al., 2020). Als oplossing voor dit probleem wordt het continu analyseren en vinden van relevante tekens voorgesteld. Wanneer een computerprogramma in staat zou zijn continu te analyseren zou dit de sensitiviteit en specificiteit voor het diagnosticeren van ziektes kunnen verhogen, kunnen er meer diagnoses gesteld worden.

Zo wordt onder andere kunstmatige intelligentie voorgedragen op dit gebied als een middel om meer patiënten te diagnosticeren tegen lagere kosten, een hogere nauwkeurigheid en een hogere precisie. Hier kunnen, waar mogelijk, de diagnoses ook gesteld worden zonder heel uitgebreid te testen. Zo kan kunstmatige intelligentie bijdragen aan een vermindering van het aantal diagnoses waarvoor bestaande middelen zoals beeldvorming, maar ook lastigere biochemische of technologische testen voor vereist zijn, zoals bloedafnames, nodig zijn.

Eén van de methoden waarbij diagnoses gesteld worden zonder uitgebreide diagnostische toetsen aan de hand van eerder genoemde methoden is het zien van patiënten door de arts. Patiëntcontact digitaal assisteren speelt daarmee een sleutelrol in het optimaliseren van de gezondheidszorg. Echter is patiëntcontact binnen de diagnostiek ook hetgeen wat een zekere mate van flexibiliteit, en dus ook creativiteit, vereist bij gebruik (Baruch & Gretchen, 2017). Dit geeft aan dat wanneer een kunstmatig intelligent computerprogramma zou helpen bij de diagnostiek het uitermate efficiënt zal zijn wanneer deze ook direct via de patiënt bijdraagt aan de diagnose. Dit kan enkel optimaal wanneer deze een grote mate van creativiteit bevat, zodat het programma flexibel genoeg is om zich aan te passen aan de context.

Deze drie factoren gecombineerd: de behoefte aan geïndividualiseerde voorspellingen, een programma dat continu kan blijven analyseren om nieuwe kenmerken en diagnoses toe te voegen aan al bestaande syndromen met bijbehorende diagnoses en het belang van patiëntcontact, maken de Geestelijke Gezondheidszorg een relevante sector om transformationele creativiteit in te vinden. Deze benodigde eigenschappen worden namelijk binnen de Geestelijke Gezondheidszorg uitvergroet. Binnen de Geestelijke Gezondheidszorg worden bij computerprogramma's kleine aanpassingen aan de gebruiker en het gebruik geprefereerd, met name bij de communicatie (Neuhauser, 2013). De geestelijke gezondheidszorg vereist Flexibele algoritmes door de grote

diversiteit en verschillende mates van samenhang in de informatie die door patiënten aan een zorgverlener of applicatie gegeven wordt. Daarmee moet kunstmatige intelligentie in de geestelijke gezondheidszorg in staat zijn om nieuwe zaken te kunnen leren en zich aan te passen. Op deze manier kan het voor de patiënt essentiële zaken niet vergeten (Graham, 2019). Met deze uitgangspunten is dit onderzoek begrensd tot een zoektocht naar transformationele creativiteit binnen de geestelijke gezondheidszorg. De implementatieniveaus waarop met name winst te behalen valt is de aanpassing van de mogelijke eigenschappen aan de hand van de feedback van gebruikers en het personaliseren van een computerprogramma aan de hand van een doorlopende leerfase. Applicaties met en zonder kunstmatige intelligentie die communicatie met patiënten bevorderen leidt tot betere resultaten bij de behandeling. Hierbij is het belangrijk dat het goed aansluit bij de gebruikers behoefte (Neuhauser, 2013). Artsen staan momenteel positief t.o.v. een diagnostisch systeem dat de precisie van diagnoses verhoogt (Dreiseitl & Binder, 2005). Ook geneeskunde studenten staan positief tegenover deze verandering (Pinto dos Santos et al., 2019).

Het is cruciaal voor de gezondheidszorg en de psychiatrie in het algemeen dat nieuwe kunstmatig intelligente applicaties zo flexibel mogelijk zijn (Ho et al., 2020) en dus in het belang voor de zorg in het algemeen als programmeurs op de hoogte worden gesteld van de eenvoud waarmee dergelijke flexibiliteit geïmplementeerd kan worden. Zoals deze scriptie aangeeft zijn er verschillende eenvoudige manieren om creatievere applicaties te bereiken en worden deze in het onderzoek nog niet uitvoerig besproken, met name niet in het onderzoek van de GGZ.

1.3 Transformationele creativiteit

Er zijn verschillende manieren om creativiteit in programma's gebaseerd op kunstmatige intelligentie te benaderen. Drie manieren om creativiteit in kunstmatige intelligentie te benaderen worden in dit onderzoek gebruikt. Deze kijken elk op een ander niveau en met een eigen definitie voor creativiteit. De drie voorgestelde definities zijn de definitie voorgesteld door Jennings (2010), Boden(1991) en Xiao et al (2019). Jennings methode gaat over creatieve autonomie van computerprogramma's, ook wel systemen genoemd, als geheel. Boden's methode werkt abstracter bij het onderzoeken van kunstmatige intelligentie met drie soorten van creativiteit en Xiao's methode stelt, voortbouwend op de literatuur van zowel Jennings en Boden als van andere onderzoekers, een nieuwe indeling op voor creatieve methoden. In deze nieuwe indeling wordt aangegeven dat bij het creëren van transformationele creativiteit deze zelfde methoden gebruikt worden met een bepaald niveau van de werking van het programma zelf als aan te passen concept.

1.3.1 De benadering van Jennings: Definitie voor creativiteit

Jennings (2010)² stelt dat een systeem zelf creatief is wanneer het voldoet aan drie voorwaarden voor autonomie: autonome evaluatie, autonome verandering en geen-willekeur.

Autonome evaluatie betekent dat een systeem zichzelf zelfstandig kan evalueren. Hierbij is het van belang dat het systeem zelf evalueert of de output goedgekeurd wordt, zonder daarvoor een externe bron te vereisen. Hierbij is elk standpunt dat door het programma ingenomen door het programma zelf gevormd. Wel kan het anderen raadplegen. Voorbeelden hiervan zijn vooraf geprogrammeerde evaluatiemechanismen of evaluatiemechanismen die van de gebruiker of de omgeving kunnen leren.

De autonome veranderingsvoorwaarde houdt in dat het systeem veranderingen om de eigen werking aan te passen zelf moet kunnen initiëren. De veranderingen kunnen teweeggebracht worden door gebeurtenissen of evaluaties. Hierbij kan het systeem zelf vervolgens beslissen óf,

² In dit onderzoek wordt na deze sectie naar dit onderzoek, de benadering en de definities verwezen met de term 'Jennings'

wanneer en hoe het systeem aan de hand van een prikkel veranderd wordt. Het kan dus een verandering laten plaatsvinden zonder vooraf een opdracht mee te krijgen over wat voor verandering moet optreden, wanneer deze verandering moet optreden en aan welke voorwaarden de verandering moet voldoen. Vaste of geleerde evaluatie processen kunnen gebruikt worden om dit proces te leiden.

De geen-willekeurigheid voorwaarde houdt in dat de evaluatie van het systeem en de standaardaanpassingen ook niet volledig willekeurig moeten plaatsvinden.

1.3.2 De benadering van Boden: Definities voor Creativiteit

Boden (1998, 2004)³ gaat in op de soorten creativiteit die kunnen optreden in computerprogramma's. Zo beschrijft Boden drie algemene soorten van computationele creativiteit: Combinatorisch creativiteit, exploratieve creativiteit en transformationele creativiteit. Een systeem dat combinatorische creativiteit vertoont brengt bestaande onderdelen en ideeën op nieuwe manieren samen tot een nieuw object. Combinatorisch gegenereerde objecten zijn gemaakt van bekende concepten. Een voorbeeld van combinatorische creativiteit binnen de GGZ kan gezien worden als een systeem dat van gebruikers verschillende symptomen opgegeven krijgt bij een ziekte en deze symptomen samenvoegt tot één syndroom.

Een systeem dat exploratieve creativiteit vertoont, zoekt in een zelf gedefinieerde ruimte met mogelijke onderdelen. Hierbij gebruikt het abstractere zoekmechanismes dan slechts de combinaties of modificaties van bestaande onderdelen. Voor diagnoses, kan de zoekruimte gedefinieerd worden door regels zoals: "de diagnoses moeten allemaal in het ziekenhuis kunnen worden gesteld" of "de patiënten vertonen klachten". Een exploratieve methode is daarmee niet beperkt tot al bekende onderdelen maar kan ook objecten genereren met nieuwe onderdelen.

Een systeem dat transformationele creativiteit vertoont past de zoekruimte zelf aan. Het opereert op een meta-niveau. Dit gaat richting volledige intersectionele creativiteit zoals voorgesteld door Johansson. Een transformationele systeem kan zijn eigen regels veranderen, bijvoorbeeld de verscheidenheid of aantal symptomen binnen de groeperingen van symptomen (syndromen) aanpassen. In een extreem geval kan dit het systeem toestaan nieuwe onderdelen te genereren die het voorheen niet kon maken. Bijvoorbeeld wanneer een nieuw bereik van symptomen nieuwe ziektes bevat.

1.3.3 De benadering van Xiao: Definities voor creativiteit

Aan de hand van deze drie soorten van creativiteit van Boden hebben Xiao et al. (2019)⁴ een creativiteitscategorisering ontwikkeld waarin de objecten en onderdelen anders kunnen worden benaderd. Hierbij ligt de focus op concepten, die van alles kunnen zijn. Deze concepten zijn de exacte dingen die aangepast worden binnen een systeem. Voor die aanpassingen zijn verschillende manieren. Zo wordt er gesproken over het creëren van creativiteit aan de hand van de volgende methodes: concept extractie, concept inductie (waaronder 'concept leren' en 'concept ontdekking' vallen), concept recycling (waaronder 'concept mutatie' en 'concept combinatie' vallen) en conceptruimte exploratie. **Concept extractie** houdt in dat een bestaande representatie van een concept aangepast wordt tot een aangepaste, verschillende representatie. **Concept inductie** generaliseert een groep van verschillende verschijningen van een concept. **Conceptueel leren**, als een vorm van concept inductie is een gesuperviseerde activiteit waarbij een beschrijving van een concept wordt gevormd, aan de hand van positieve en negatieve voorbeelden van het concept. In

³ In dit onderzoek wordt na deze sectie naar dit onderzoek, de benadering en de definities verwezen met de term 'Boden'

⁴ In dit onderzoek wordt na deze sectie naar dit onderzoek, de benadering en de definities verwezen met de term 'Xiao'

logische termen wordt (een steekproef uit) de extensie van een concept genomen en Machine Learning brengt dan de intrinsieke waarde en eigenschappen samen.

In de GGZ zou dit bijvoorbeeld gevonden worden wanneer een systeem zou leren hoe het ziekteverloop van patiënten is bij een bepaalde ziekte, aan de hand een verzameling toegereikte consulten. Hierin zou het ziekteverloop het concept zijn. **Concept ontdekking**, als een andere vorm van concept inductie, is een niet-gesuperviseerde activiteit waarbij er van tevoren niet bekend is bij welke groep de instanties van de concepten toe behoren, maar waarbij methodes zoals clustering kunnen worden gebruikt. Als vervolg op voorgaand voorbeeld, wanneer symptomen van verschillende patiënten worden gegeven kan het systeem zelf de verschillende soorten ziektes bepalen door de symptomen te groeperen (clusteren). **Concept recycling** draait om het aanpassen van bestaande concepten tot nieuwe concepten, dit wordt onderverdeeld in concept mutatie en concept combinatie. **Concept mutatie**, dat valt onder concept recycling, vindt plaats wanneer een gegeven concept aangepast wordt door iets toe te voegen, weg te halen of te veranderen. Een voorbeeld hiervan is het concept van een mobiele telefoon, dat aangepast wordt tot het concept smartphone door het feit dat smartphones ook nieuwe applicaties toestaan gebruikt te worden op de telefoons. Het veranderen van bestaande concepten is een bekende vorm van conceptcreatie bij mensen. Twee gemeenschappelijke mutatie operaties zijn generalisatie en specialisatie van bestaande concepten. **Concept (re)combinatie**, een andere vorm van concept recycling, vindt plaats wanneer twee of meer bestaande concepten samengevoegd worden tot een nieuw concept, een soort van conceptuele menging, waarbij bijvoorbeeld het concept van 'computerprogramma' en 'virus' samengevoegd kunnen worden tot 'computer virus'.

Zowel mutatie als (re)combinatie van concepten worden gebruikt voor evolutionaire methoden ter concept creatie. Hoewel *recycling* eenvoudig kan klinken om nieuwe concepten te creëren, is het een uitdaging om te meten hoe waardevol en interessant de gegenereerde concepten zijn. **Concept ruimte verkenning** neemt een zoekruimte van concepten als input: de input van een zoekruimte van mogelijke concepten wordt gebruikt en daaruit worden de 'interessante' concepten genoteerd. De ruimte kan declaratief of procedureel worden gemarkeerd/gespecificeerd. Als voorbeeld hiervan wordt een systeem dat poëzie schrijft gegeven. Deze kan als input een template nemen met lege streepjes om op te vullen met woorden. Dit specificeert de zoekruimte voor mogelijke gedichten, of concepten. Wederom is de uitdaging hoe de kwaliteit van nieuwe concepten gemeten kan worden.

Ook Boden beschrijving van transformationele creativiteit wordt genoemd door Xiao et al. (2019). Hierbij geeft Xiao et al. (2019) een eigen samenvattende beschrijving.

Transformationele creativiteit neemt, volgens Xiao et al.(2019), één van de voorgestelde types van concept creatie en tilt deze naar het abstracte niveau waardoor bijkomstig de gegevens, aannames, zoekmethodes, evaluatie methoden of doelen worden aangepast aan de hand van de conceptaanpassingsmethoden die Xiao et al. (2019) zelf heeft voorgesteld.

1.3.3.1 Concept creatie methoden

Naast het definiëren van creativiteit, heeft Xiao ook gedefinieerd waar de voorgestelde types van creativiteit in kunstmatig intelligente technieken teruggevonden kunnen worden. Hiervoor is er door de onderzoekers een indeling gemaakt van de kunstmatig intelligente technieken. Deze worden conceptuele representatie types genoemd. Hieronder vallen de connectionistische representatie, de symbolische representatie, de spatiele representatie, de beschrijvende representatie en de procedurele representatie. In tabel twee in het onderzoek van Xiao is uitgezet wat voor types concept creatie methodes (beperkt tot concept extractie, inductie ,recycling en exploratie) gebruikt worden door verschillende soorten representaties. Daarnaast is door het onderzoek beschreven welke kunstmatig intelligente technieken onder wat voor representatie type vallen. Om meer overzicht te krijgen over welke technieken onder welke representatiesoort vallen kan het onderzoek

zelf bekeken worden. In Tabel 1 is de tabel van Xiao's onderzoek overgenomen. Uit deze tabel kan aan de hand van het conceptuele representatie type, de concept creatie methodes afgeleid worden.

Tabel 1
Concept Creatie Methodes (Xiao et al. 2019)

Table 2. Concept Creation Methods Applied at Different Levels and Types of Conceptual Representations

Level/Type of Representation	Concept Creation Method			
	Extraction	Induction	Recycling	Exploration
Symbolic level	✓	✓	✓	✓
Spatial level		✓		✓
Connectionist level		✓	✓	✓
Descriptive	✓	✓	✓	✓
Procedural	✓	✓	✓	✓

Notitie. Conceptuele representatie types met bijbehorende concept creatie methodes.

1.3.4 Alternatieve begrippen voor transformationele creativiteit

Wanneer het begrip transformationeel creativiteit breder getrokken wordt kan er gesteld worden dat er kunstmatig intelligente technieken zijn die waarschijnlijk ook transformationeel creatief zijn. Een eenvoudig voorbeeld is *unsupervised learning* (Heller, 2019), een techniek waarbij de computer zelf onderscheid kan maken tussen verschillende objecten en aan de hand daarvan zelf labels creëert voor de verkregen gegevens. Hierbij worden immers nieuwe categorieën gecreëerd en past een neurale netwerk zichzelf continu aan, aan de hand van de omgeving. Tevens zijn er ook voorbeelden buiten de kunstmatige intelligentie waarbij een systeem doorlopend in aanraking komt met een omgeving of nieuwe inputs en moet interageren hiermee. Hierbij kan er in zekere zin al sprake van transformationele creativiteit gezien de inputs van het systeem gebaseerd worden op de omgeving waarmee het systeem in contact staat.

Men kan zich dan afvragen of daadwerkelijke transformationele creativiteit überhaupt bestaat wanneer deze al bestaande methodes van transformationele creativiteit niet als transformationeel creatief worden gezien. De reden dat deze niet direct als transformationeel creatief worden beschreven is het feit dat van tevoren al vaststaat in waar de verandering plaatsvindt. Echter kan op een meta-niveau gesteld worden dat er, wanneer er sprake is van technologie, er altijd van tevoren vastligt waar de veranderingen kunnen en mogen optreden en op welke manier. In dit onderzoek wordt echter strikt gewerkt met de eerder beschreven definities die al toegeschreven zijn aan transformationele creativiteit. Dit omdat deze eenvoudiger te toetsen zijn en direct meer inzicht verschaffen in de staat van transformationele creativiteit.

1.4 Huidig onderzoek

In de inleiding is uitgeweid over het belang van creativiteit, de definitie van transformationele creativiteit, hoe deze creativiteit door verschillende onderzoekers benaderd wordt en de plaats van creativiteit binnen kunstmatige intelligente oplossingen voor de GGZ. In dit onderzoek is de implementatie van transformationele creativiteit in kunstmatig intelligente computerprogramma's binnen de binnen de geestelijke gezondheidszorg onderzocht. Dit is gedaan aan de hand van een

systematic review. In het *systematic review* heeft de vraag: “Op welke implementatieniveaus er in de afgelopen 5 jaar sprake van transformationele creativiteit bij kunstmatig intelligente computerprogramma’s in diagnostische applicaties binnen de geestelijke gezondheidszorg” centraal gestaan. Om aan tastbare voorbeelden van transformationele creativiteit te komen is gebruik gemaakt van een trechter-methode. Hierbij zijn stapsgewijs de relevante onderzoeken geïdentificeerd aan de hand van selectiecriteria en de definitie van algehele creativiteit. Daarna zijn de overgebleven onderzoeken getoetst aan de hand van eerder genoemde definities van Jennings, Boden en Xiao. Vervolgens is uit de resulterende analyse geconcludeerd in hoeverre het onderzoek binnen de GGZ toekomt aan een behoefte voor flexibele, mogelijk zichzelf aanpassende, systemen in de geestelijke gezondheidszorg.

2. Methode

2.1 Protocol

Het onderzoek betreft een systematische review. Deze systematische review volgt de PRISMA richtlijnen (PRISMA 2009 checklist.pdf, z.d.; PRISMA-P-checklist.pdf, z.d.; Shamseer et al., 2015).

2.2 Geschiktheidscriteria

Geschiktheidscriteria zijn criteria die opgesteld worden waaraan onderzoeken die gebruikt worden aan moeten voldoen om de vraagstelling accuraat en correct te kunnen beantwoorden. Geschiktheidscriteria kunnen bestaan uit zowel inclusie als exclusiecriteria. De inclusiecriteria geven aan welke kenmerken de gebruikte onderzoeken wel moeten hebben. De exclusiecriteria geven aan welke kenmerken aangeven dat het onderzoek niet gebruikt kan worden voor een synthese.

In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van inclusie en exclusiecriteria. Alle gevonden onderzoeken zijn stapsgewijs getoetst aan deze criteria. De onderzoeken die geïnccludeerd zijn voldoen minimaal aan de volgende eisen: Het zijn wetenschappelijke onderzoeken die volledig zijn gepubliceerd in het Engels of het Nederlands van februari 2015 tot februari 2020. Ze betreffen patiënten en gaan duidelijk over de diagnostiek in de geestelijke gezondheidszorg aan de hand van kunstmatige intelligentie.

De volgende onderzoeken werden uitgesloten:

- 1) Onderzoeken die niet gaan over de diagnostiek, kunstmatige intelligentie of de GGZ
- 2) Onderzoeken die met name gaan over het gebruik van kunstmatige intelligentie bij medische beeldvorming
- 3) Onderzoeken die eerder gaan over kunstmatige intelligentie op het verwerkingsniveau van de biochemische, elektrochemische, (bio)fysische, of elektro fysische techniek
- 4) Onderzoeken die niet digitaal beschikbaar zijn via de Universiteit Utrecht
- 5) *Reviews* en *systematic reviews*
- 6) Onderzoeken die niet genoeg informatie bieden om te achterhalen of er sprake is van creativiteit
- 7) Onderzoeken die met zekerheid niet gaan over transformationele creativiteit Dit zijn onderzoeken waarbij er niet gesproken wordt over enige vorm van systeemaanpassing buiten het gebruik van een bestaande algoritme worden ook uitgesloten

2.2.1 Verklaring geschiktheidscriteria

Onderzoeken die niet gaan over de diagnostiek, kunstmatige intelligentie of de GGZ sluiten niet aan bij de hoofdvraag.

Onderzoeken die enkel de medische beeldvorming of andere biochemische, elektrochemische, (bio)fysische of elektro fysische techniek betrekken zijn achterwege gelaten in verband met een tijdsbeperking die voortkomt uit het feit dat het een bachelor scriptie is. Daarnaast is de aanname gemaakt dat dergelijke technieken beter onderzocht kunnen worden in een onderzoek waarbij de techniek zelf centraal staat, waardoor er een beter overzicht vergaard kan worden. Ook is er in de inleiding kort aangestipt dat het doel van het introduceren van kunstmatige intelligentie wel degelijk ook kostenbesparing is voor de gezondheidszorg. Daarbij kan het handig zijn om onderzoeken te bekijken waarin technieken die naast de applicatie zelf geld kosten achterwege te laten. Tot slot is het doel tevens meer in applicaties te duiken die flexibel omgaan het communicatieve aspect van de diagnostiek. Het belang van flexibiliteit in algoritmes is met name daarin uitgesproken in de GGZ, zoals aangehaald in de inleiding.

Met de doelstelling om te achterhalen of er sprake kan zijn van transformationele creativiteit ontstond tevens de noodzaak om *reviews* en *systematic reviews* uit te sluiten, gezien deze beknopter informatie geven over specifieke onderzoeken en daarbij de gebruikte programma's.

2.3 Informatiebronnen

Als informatiebron voor de onderzoeken werd PubMed, een openbare elektronische medische en technische database gebruikt.

2.4 Zoekstrategie

Via PubMed werd een globale zoekstrategie systematisch uitgevoerd om onderzoeken te vinden die voldoen aan de inclusiecriteria. De zoekstrategie was gebaseerd op MeSH termen. Dit zijn gestandaardiseerde trefwoorden die ingedeeld zijn in een hiërarchie. Deze trefwoorden worden gekoppeld aan onderzoeken die gebruikt worden in de biomedische wereld door PubMed (Bokhorst, z.d.). Bij het gebruiken van MeSH termen voor een zoekstrategie kan gekozen worden welk deel van de termen geïnccludeerd wordt en welk deel uitgesloten. Voor dit onderzoek zijn de MeSH termen 'Artificial Intelligence' en 'Psychiatry and Psychology Category' en alle termen die in de MeSH hiërarchie eronder vallen gebruikt. Daarnaast is de term 'Diagnosis' opgesplitst in verschillende subcategorieën. Uit deze subcategorieën is direct een selectie gemaakt aan de hand van de uitsluitingscriteria. Subcategorieën die gebruikt zijn, zijn in het grijs terug te vinden in figuur 2,. De reden tot uitsluiting van bepaalde subcategorieën onder de term 'Diagnosis' kan teruggevonden worden in tabel 2. Voor de zoekstrategie zijn alle gebruikte termen aan elkaar gekoppeld: zo zijn enkel onderzoeken meegenomen die zowel onder kunstmatige intelligentie vallen, als over de geestelijke gezondheidszorg gaan die ook allen één van de diagnostische MeSH termen betrekken. Daarnaast is er gespecificeerd in welke tijdsperiode de onderzoeken gepubliceerd moeten zijn, en ook dat er sprake moet zijn van onderzoeken die te maken hebben met mensen. De exacte zoekterm die deze insteek heeft opgeleverd is terug te vinden in figuur 1.

Figuur 1

Zoekopdracht Pubmed

```
("Diagnosis"[majr:noexp] OR "Clinical Decision-Making"[majr] OR "Delayed Diagnosis"[majr] OR "Diagnosis, Computer-Assisted"[majr:noexp] OR "Diagnosis, Differential"[majr] OR "Diagnosis, Dual (Psychiatry)"[majr] OR "Diagnostic Errors"[majr] OR "Diagnostic Techniques AND Procedures"[majr:noexp] OR "Diagnostic Self Evaluation"[majr] OR "Diagnostic Techniques, Neurological"[majr] OR "Diagnostic Tests, Routine"[majr] OR "Medical History Taking"[majr] OR "Disability
```

Evaluation"[majr] OR "Direct-To-Consumer Screening AND Testing"[majr] OR "Physical Examination"[majr] OR "Monitoring, Physiologic"[majr] OR "Psychophysics"[majr] OR "Speech Production Measurement"[majr] OR "Symptom Assessment"[majr] OR "Visual Analog Scale"[majr] OR "Early Diagnosis"[majr:noexp] OR "Incidental Findings"[majr] OR "Prodromal Symptoms"[majr] OR "Prognosis"[majr:noexp]) AND "Artificial Intelligence"[majr] AND "Psychiatry AND Psychology Category"[majr] AND "humans"[MeSH Terms] AND ("2015/02/05"[PDAT] : "2020/02/03"[PDAT])

Notitie. De zoekopdracht met MeSH termen die ingegeven is op de PubMed databank

Figuur 2

MeSH indeling van Diagnostiek op PubMed

Diagnosis
Clinical Decision-Making
Delayed Diagnosis
Diagnosis, Computer-Assisted
Image Interpretation, Computer-Assisted +
Diagnosis, Differential
Diagnosis, Dual (Psychiatry)
Diagnostic Errors
False Negative Reactions
False Positive Reactions
Observer Variation
Diagnostic Techniques and Procedures
Age Determination by Skeleton
Autopsy
Breath Tests
Clinical Laboratory Techniques +
Diagnostic Imaging +
Diagnostic Self Evaluation
Diagnostic Techniques, Cardiovascular +
Diagnostic Techniques, Digestive System +
Diagnostic Techniques, Endocrine +
Diagnostic Techniques, Neurological +
Diagnostic Techniques, Obstetrical and Gynecological +
Diagnostic Techniques, Ophthalmological +
Diagnostic Techniques, Otological +
Diagnostic Techniques, Radioisotope +
Diagnostic Techniques, Respiratory System +
Diagnostic Techniques, Surgical +
Diagnostic Techniques, Urological +
Diagnostic Tests, Routine
Direct-To-Consumer Screening and Testing
Disability Evaluation +
Electrodiagnosis +
Insufflation
Kymography +
Mass Screening +
Medical History Taking +
Monitoring, Physiologic +
Myography +
Photoacoustic Techniques
Physical Examination +
Premarital Examinations
Psychophysics +
Speech Production Measurement +
Surgical Clearance

Symptom Assessment
Traditional Pulse Diagnosis
Visual Analog Scale
Xenodiagnosis
Early Diagnosis
Early Detection of Cancer
Incidental Findings
Prodromal Symptoms
Prognosis
Medical Futility
Neoplasm Grading
Neoplasm Staging
Nomograms
Pregnancy Outcome
Treatment Outcome +
Theranostic Nanomedicine

Notitie. In deze figuur zijn de termen die onder de diagnostiek vallen weergegeven. In het grijs is aangegeven welke termen van de diagnostiek geïnccludeerd zijn in het onderzoek.

Tabel 2

Verklaring exclusie van de onderliggende MeSH termen bij de diagnostiek

MeSH heading	Reden voor exclusie
Image interpretation, Computer-assisted	Beeldverwerking
Age determination by skeleton	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg, geen contact voor diagnostiek
Autopsy	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg, geen contact voor diagnostiek
Breath tests	Biochemische techniek
Clinical Laboratory Techniques	Biochemische techniek
Diagnostic Imaging	Beeldverwerking
Diagnostic Techniques, Cardiovascular	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Digestive System	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Endocrine	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Obstetrical and Gynecological	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Ophthalmological	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Otological	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Radioisotope	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Respiratory System	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Surgical	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Diagnostic Techniques, Urological	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Electrodiagnosis	Elektrofysische techniek
Insufflation	Biochemisch

Kymography	Beeldverwerking
Mass Screening	Niet in de diagnostieke setting, niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Myography	Elektrofysisch en/of elektrochemisch
Photoacoustic Techniques	Beeldverwerking
Premarital Examinations	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Surgical Clearance	Niet diagnostisch
Traditional Pulse Diagnosis	Fysisch
Xenodiagnosis	Biochemisch
Early Detection of Cancer	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Medical futility	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Neoplasm Grading	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Neoplasm Staging	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Nomograms	Beeldverwerking
Pregnancy Outcome	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg
Treatment Outcome	Niet diagnostisch
Theranostic Nanomedicine	Niet specifiek geestelijke gezondheidszorg

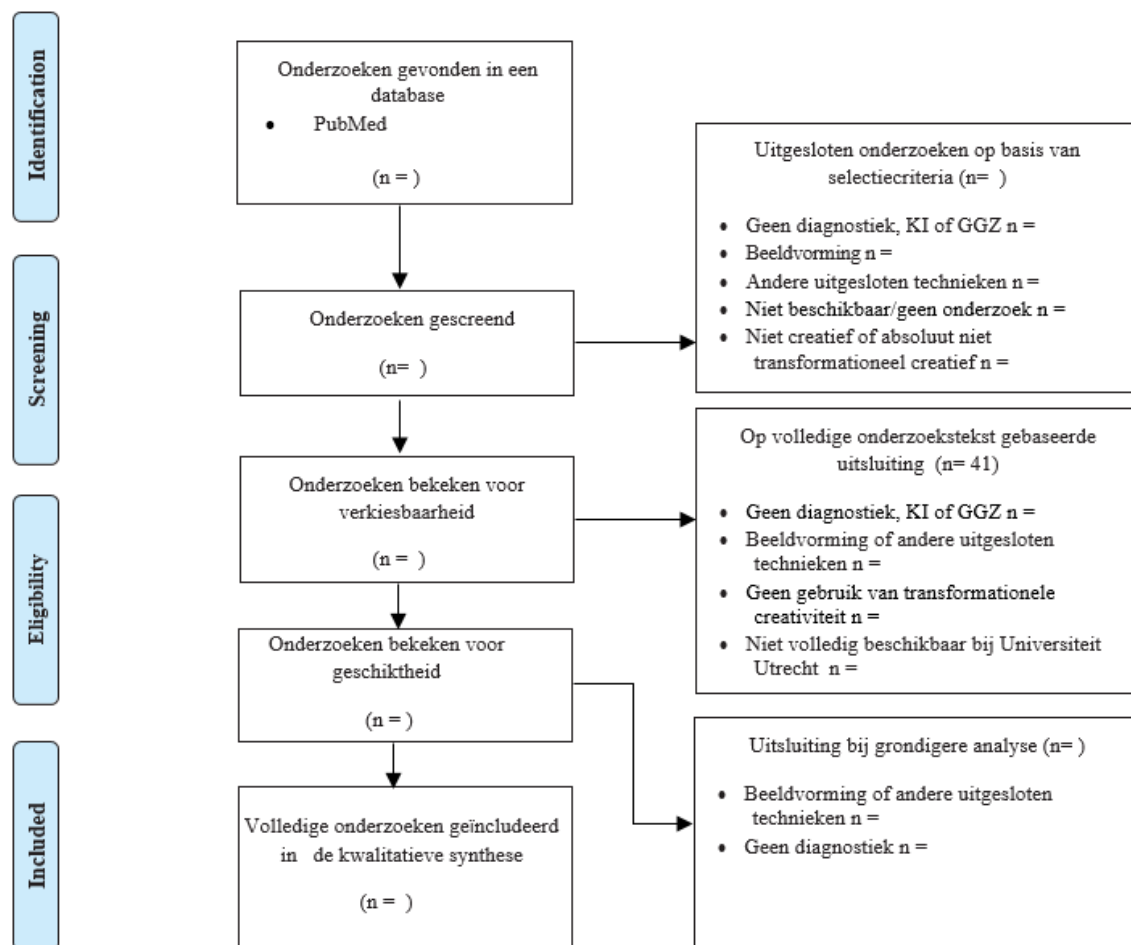
Notitie. De termen staan links, de uitsluitingscriteria rechts

2.5 Verzameling van onderzoeken

De onderzoeken die resulteerden uit de zoekstrategie zijn toegevoegd aan de referentiemanager Zotero (Rosenzweig, z.d.). Uit deze onderzoeken zijn de onderzoeken, die ook na de filtering aan de hand van de zoekstrategie niet voldeden aan de selectiecriteria, systematisch weggehaald. Dit proces wordt hieronder besproken en is ook schematisch weergegeven in het PRISMA flow diagram, figuur 3.

Figuur 3

PRISMA 2009 Flow Diagram



Notitie. Deze flowchart is ingevuld gedurende de *systematic review*

2.5.1 Screening

Bij de *screenings*-stap zijn met name de titels van de onderzoeken en de *abstracts* getoetst aan een deel van de selectiecriteria. Wanneer het *abstract* onduidelijk was of bepaalde informatie niet verschaft is ook het onderzoek zelf bekeken. Allereerst is er gekeken of er sprake was van beeldvorming. Daarna is er gekeken of de onderzoeken de geestelijke gezondheidszorg, kunstmatige intelligentie en de diagnostiek betroffen. Vervolgens is er gekeken naar de benoemde creativiteit. Voor creativiteit is tijdens de screening met name gelet of er sprake zou zijn van creativiteit zoals deze is gedefinieerd door Johansson. Ook zijn onderzoeken waarbij er sprake was van creativiteit maar geen sprake is van vernieuwende transformationele creativiteit gefilterd. Deze filtering vond

plaats gebaseerd op het criteria dat creativiteit als 'nieuw' beschouwd wordt en op het criterium dat er gezocht werd naar programma's die zichzelf als geheel aanpasten en niet naar nieuwe technieken. De onderzoeken die onder deze categorie vielen vergeleken nieuwe losstaande machine learning classificierders zonder nieuwe functionaliteit aan het programma toe te voegen: Gezien er voor transformationele creativiteit niet gekeken werd naar creativiteit in de technieken zelf, maar in de manier waarop de technieken het geheel van het programma aanpasten, was er bij deze onderzoeken geen sprake van transformationele creativiteit.

Aan de hand van een Microsoft Office Excel-bestand is tijdens het uitvoeren van de *screening* nauwkeurig bijgehouden welk van de onderzoeken is uitgesloten aan de hand van de selectiecriteria. Hierin is ook de reden ter uitsluiting per onderzoek bijgehouden.

2.5.2 *Geschiktheid*

De volledige tekstversies van de overgebleven onderzoeken zijn gescand en de onderzoeken zijn daarbij wederom getoetst aan de selectie criteria en doorzocht op de kunstmatige intelligentie methodes die ze gebruiken. Ook is de creativiteit strenger getoetst, aan de hand van de criteria van Boden.

2.5.3 *Inclusie*

Dankzij de geschiktheidscontrole zijn er als laatst enkele onderzoeken overgebleven waarbij er hoogstwaarschijnlijk sprake is van transformationele creativiteit op het gebied van kunstmatige intelligentie met betrekking tot de diagnostiek in de geestelijke gezondheidszorg. Deze onderzoeken zijn zorgvuldig doorgelezen. Onderzoeken die bij deze nadere analyse niet voldeden aan de selectiecriteria zijn tevens uitgesloten.

2.6 Data extractie

Verzamelde data items

Om overzicht en inzicht te verkrijgen over transformationele creativiteit zijn er gegevens over de context en werking van het systeem, de kunstmatige intelligentie en de creativiteit aan de hand van de verschillende definities vereist. Voor de geschikte onderzoeken zijn gegevens in een data-extractie tekstbestand genoteerd. Het data-extractie tekstbestand is bijgevoegd in de bijlage.

2.7 Verzamelde gegevens

In het data-extractie tekstbestand is per onderzoek genoteerd: Informatie over het onderzoek, de diagnostische toepassing, de gebruikte Kunstmatige Intelligentie en de types creativiteit die het vertoont.

Informatie over het onderzoek bestaat uit het jaar van het onderzoek, de auteur en de titel van het onderzoek. Informatie over de diagnostische toepassing gaat met name over wat het onderzoek beschrijft. Informatie over de Kunstmatige Intelligentie bestaat uit een beschrijving van de gebruikte methode, informatie over de onderzochte dataset, een samenvatting van gebruikte variabelen, een beschrijving van het resultaat van het onderzoek en een uitleg over hoe de KI in elkaar zit. De informatie over de creativiteit is verkregen door te kijken naar wat het systeem creatief maakt, tot welke categorieën de creativiteit behoort, of er sprake is van transformationele creativiteit, op welk niveau mogelijk een creatieve aanpassing plaatsvindt, hoe de creativiteit door Boden gecategoriseerd zou worden, hoe de creativiteit door Jennings gecategoriseerd zou worden en of het transformationeel creatief is aan de hand van de definitie van Xiao. Daarnaast is ook gekeken hoe de andere vormen van creativiteit ingedeeld kunnen worden aan de hand van de categorisering van Xiao op het gebied van conceptcreatie.

2.8 Bias

Gezien er met name gezocht wordt naar het gebruik van transformationele creativiteit is de nauwkeurigheid en precisie die voortkomt uit het gebruik van de kunstmatig intelligentie technieken niet van belang voor dit onderzoek. Daarmee is het bepalen of een onderzoek naar de werking van de kunstmatige intelligentie nauwkeurig genoeg te werk is gegaan voor deze *systematic review* niet van belang.

2.9 Samenvattende analyse

Bij de samenvattende analyse werd er met name gekeken naar het deel van het data-extractie tekstbestand waarin de creativiteit gecategoriseerd en benoemd staat. Dit deel wordt tevens kwantitatief samengevat als uitkomst met een tabel. (Zie tabel 3)

Tabel 3

Voorbeeldtabel Resultaten kwantitatief weergegeven

	Boden	Jennings	Xiao
Transformationeel creatief			
Combinatorisch creatief			
Exploratief creatief			
Concept extractie			
Concept inductie			
Concept recycling			
Concept ruimte verkenning			

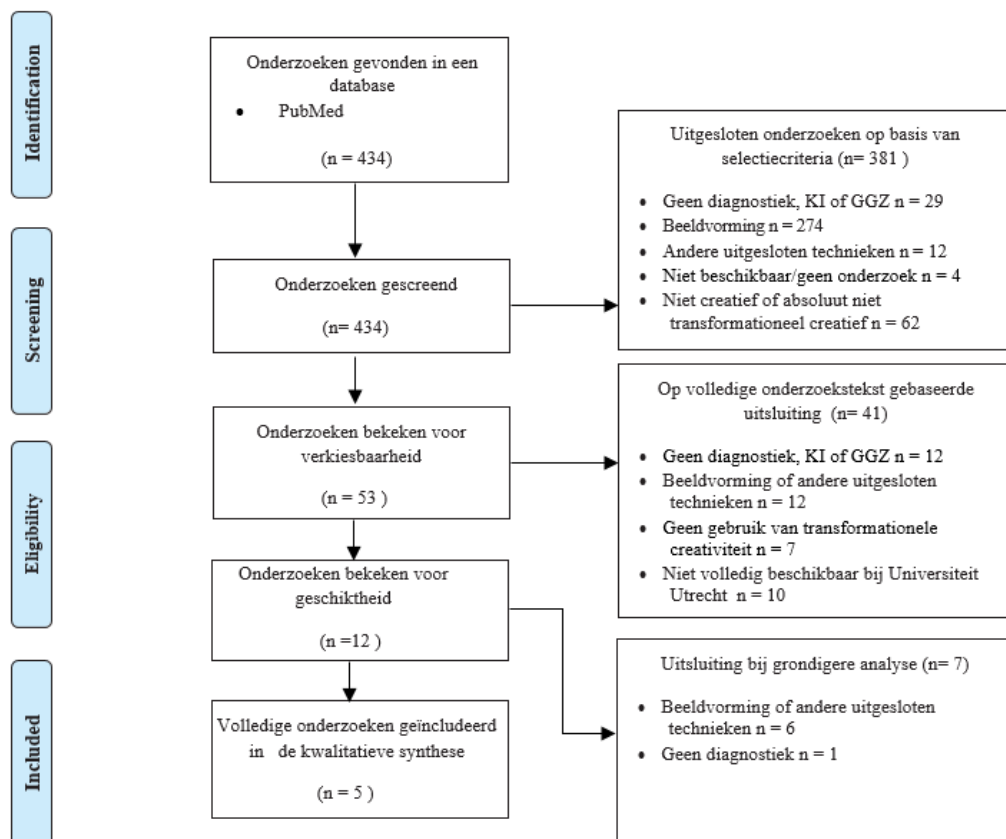
Notitie. Deze tabel wordt ingevuld in stap 9 van de systematic review.

3. Resultaten

Een overzicht van het *systematic review* proces is te vinden in het PRISMA Flow Diagram, de vormgeving gebaseerd op de richtlijnen van 2009 (Figuur 4).

Het volgen van het *systematic review* proces heeft uiteindelijk 5 onderzoeken opgeleverd voor de kwalitatieve synthese.

Figuur 4
Prisma Resultaat Flow Chart



PRISMA 2009 Flow Diagram

Notitie. PRISMA 2009 Flow Diagram van dit onderzoek

Er zijn allereerst 434 onderzoeken gevonden op PubMed die voldeden aan de zoekopdracht. Tijdens de screening zijn er 381 onderzoeken uitgesloten op basis van de selectiecriteria. Hiervan waren er 29 niet relevant voor het onderzoek: 27 betroffen niet de diagnostiek, 1 gebruikte geen kunstmatige intelligentie, 1 onderzoek ging niet over de GGZ. 4 onderzoeken waren niet beschikbaar of waren eerder samenvattingen van andere onderzoeken. 274 onderzoeken gingen met name over beeldvorming. Van de onderzoeken met beeldvorming gebruikten er 57 onderzoeken functionele magnetische resonantie (fMRI) scans; 125 onderzoeken Elektro-encefalografie (EEG), Elektro-oculogram (EOG), *Event-related potential* aan de hand van EEG(ERP) of Elektro-myografisch onderzoek (EMG); 2 onderzoeken magnetische resonantie scans (MRI) of Positronemissietomografie

scans(PET); 14 onderzoeken gezichtsherkenning; 2 onderzoeken brain-computer interfaces (BCI) en 24 onderzoeken andere beeldvorming of beeldverwerkingsoplossingen. 12 onderzoeken zijn uitgesloten op basis van het analyseren van KI bij technieken: 8 onderzoeken hiervan analyseerden enkel fysische gegevens, bijv. sensoren, en 4 van de 12 onderzoeken biomedische en/of biochemische technieken, bijv. spirografie en chromatografie. 57 onderzoeken voldeden niet aan de algemene kenmerken van creativiteit zoals voorgesteld door Johansson en 5 onderzoeken waren gegarandeerd niet transformationeel creatief.

Tijdens het doorlezen van de *abstracts* en het scannen van de onderzoeken voor de verkiesbaarheid zijn 37 onderzoeken uitgesloten: 12 onderzoeken werden uitgesloten door gebrek aan relevantie (5 onderzoeken betreffen niet de GGZ en 7 onderzoeken betreffen niet de diagnostiek); 11 onderzoeken werden uitgesloten omwille van de focus op beeldvormingsanalyse; 1 onderzoek gebruikt andere uitgesloten meettechnieken; 10 onderzoeken zijn uitgesloten door gebrek aan toegang en bij de resterende 7 onderzoeken is er geen sprake van creativiteit zoals vastgesteld door Johansson.

Als laatste zijn er bij de geschiktheidscheck, aan de hand van het volledig bekijken van de onderzoeken additioneel 7 onderzoeken uitgesloten. Eén omdat het volledig gebruik maakt van een uitgesloten techniek, één omdat het beeldvorming centraal stelde en het laatste onderzoek betrof niet de diagnostiek.

De vijf overgebleven onderzoeken zijn:

1. "A patient like me" (Koren et al., 2019)
2. Automated depression analysis using convolutional neural networks from speech (He & Cao, 2018)
3. Monitoring stress with a wrist device using context (Gjoreski et al., 2017)
4. Stress Detection Using Wearable Physiological and Sociometric Sensors (Mozos et al., 2017)
5. Toward a motor signature in autism: Studies from human-machine interaction (Xavier et al., 2019)

De resulterende onderzoeken met de creativiteit die ze vertonen worden hieronder uiteengezet met daarbij een bespreking van de mogelijke transformationele creativiteit en andere vormen van tentoongestelde creativiteit.

3.1 "A patient like me"

Het eerste gevonden onderzoek gaat over een programma dat patiënten een diagnose geeft op basis van de symptomen die ze zelf aangeven, dit includeert diagnoses die de GGZ betreffen. Het programma begint met het opvragen van de symptomen van de gebruiker, stelt aan de hand daarvan vervolgvragen om zo tot een diagnose te komen. De diagnostische kennis is verkregen aan de hand van een tekstuele analyse van consultaties van Israëlische artsen in Maccabi. Uit geanonimiseerde medische dossiers van het 'Maccabi Institute for Health Services' zijn 670 miljoen patientbezoeksverslagen geanalyseerd. Hieruit zijn onder andere de demografische en consultatie data, verschillende relevante variabelen met betrekking tot de medische voorgeschiedenis, de persoonlijke kenmerken en demografische gegevens van de patiënten, de gestelde diagnoses en het ziekteverloop gehaald. Aan de hand hiervan is een computer getraind om de gezondheidsgegevens te filteren en aan de hand daarvan voorspellingen te doen.

Het algoritme is uit meerdere stappen voortgekomen. Eerst werd er NLP toegepast, daarna zijn er classificatie algoritmes gebruikt om vervolgens het herkennen van de symptomen te laten

plaatsvinden en de communicatie met de patiënt te faciliteren. Tot slot is de diagnose uitgereikt en de feedbackstap aangeroepen.

Concreet is voor de tekstuele analyse gebruik gemaakt van gepatenteerde NLP tools van K-health en de gebruikelijkere NLP tools Word2Vec en TD-IDF. De gepatenteerde NLP tools, ontwikkeld door K Health, worden gebruikt om informatie te halen uit de ongestructureerde teksten geschreven door artsen. Hierin leert het NLP algoritme symptomen en de eigenschappen van symptomen te herkennen in de nota's, hieronder valt ook het herkennen van negatieve symptomen. Word2Vec is gebruikt om gelijkaardige objecten te herkennen. TD-IDF is gebruikt om eigenschappen(features) te vinden die een hoge correlatie hebben met specifieke medische toestanden.

Na de tekstuele analyse zijn de bevindingen gebruikt om Machine Learning classificatie algoritmes te trainen. Hierbij is er gewerkt met onder andere een Bayesiaanse netwerk classificerder, logistische regressie modellen en random-forest gebaseerde classificerders (hiervoor wordt als voorbeeld XG Boost genoemd) en neurale netwerken.

De classificerders zijn binair en getraind om objecten met meerdere labels te classificeren. Zo kan het resultaat ook meerdere labels hebben. De classificerders krijgen als input een vector van een aantal eigenschappen. Als eigenschappen worden met name de medische geschiedenis samen met het verslag van het huidige ziekteverloop van de patiënt meegegeven. Hieruit wordt een output vector geproduceerd. De output vector bestaat uit meerdere labels die aangeven welke aandoeningen andere patiënten met gelijkaardige symptomen en voorgeschiedenis hebben verkregen van artsen.

Van de artsen nota's worden verzamelingen met symptomen, eigenschappen en waardes gemaakt door een Machine Learning algoritme. Hierbij is het van belang dat het algoritme niet enkel herkent wat een symptoom (zoals hoofdpijn) is, maar ook de duur, ernst, lokalisatie en andere factoren omtrent het symptoom begrijpt. Bijvoorbeeld wat het verschil tussen diverse hoofdpijnen is en welke symptomen kenmerkend zijn voor diverse soorten hoofdpijn. Aan de hand hiervan wordt een medische ontologie ontworpen die tienduizenden symptomen en bijbehorende eigenschappen in zinnen kan herkennen. Deze stap is eerst met de hand verwerkt, en daarna overgenomen door NLP, waarbij het NLP algoritme leert om de nieuwe verbindingen tussen al gedefinieerde symptomen met de bijbehorende eigenschappen te herkennen.

Wanneer dit heeft plaatsgevonden kan de informatie uit de medische ontologie gebruikt worden voor de echte communicatie. De communicatie van de app wordt aangepast aan het moment: De applicatie leert tijdens het gebruik zelf wat het beste als vervolgvraag gesteld kan worden aan gebruikers zodat de symptomen juist in kaart kunnen worden gebracht en levensbedreigende ziektes kunnen worden uitgesloten. Zo krijgt de applicatie inzicht in de ziekte van de gebruiker (of het gebrek daaraan) en kan het deze door communiceren. Wanneer de ziekte is vastgesteld wordt de gebruiker gevraagd de volgende drie zaken te delen: 1) Heeft de gebruiker contact gehad met een arts, 2) Wat heeft de arts vastgesteld als diagnose, 3) Welke behandeling is de patiënt aan de hand daarvan ondergaan. Aan de hand van deze gegevens wordt een feedbackloop gecreëerd. Hiermee past het Machine Learning algoritme automatisch zijn eigen model, conversatiestijl en de gekende aandoeningen aan de hand van de diagnose van de arts aan.

Dit laatste duidt op transformationele creativiteit. Het Machine Learning algoritme blijft zichzelf aanpassen. Deze transformationele creativiteit voldoet aan de criteria zoals die zijn opgesteld door Boden, doordat de aanpassingen de zoekruimte zelf kunnen uitbreiden door het toevoegen van nieuwe diagnoses en symptomen binnenin de zoekruimte. Het voldoet niet aan de eerste twee, maar wel aan de laatste voorwaarden van computationele creativiteit, zoals gedefinieerd door Jennings.

Dit houdt in dat de veranderingen ten eerste moeten voortkomen uit autonome analyse, de veranderingen ten tweede door het systeem zelf gekozen moeten worden zonder verteld te krijgen hoe en wanneer de aanpassingen moeten optreden en ten derde dat het evaluatiesysteem van het systeem en de standaard aanpassingen niet volledig willekeurig moeten plaatsvinden. De applicatie voldoet ook aan de eenvoudige definitie van Xiao heeft voorgesteld aan de hand van Boden voor transformationele creativiteit: de aanpassing past zichzelf aan op bepaalde niveaus (namelijk het model, de conversatiestijl en de gegevens).

Naast transformationele creativiteit maakt het systeem ook gebruik van andere vormen van creativiteit. De kunstmatige intelligentie bestaat uit een tekstuele analysedeel, meerdere classificatie delen en een herkenningsdeel dat een ontologie opbouwt. Voor de tekstuele analyse worden NLP tools, Word2Vec en TD-IDF gebruikt. Dit zijn Spatiële representaties volgens Xiao. Word2Vec en TD-IDF worden daarbij tot de subcategorie Vector Space Models gerekend. Bij de classificatie wordt Machine Learning gebruikt en specifiek: een Bayesiaanse netwerk classificeerder, logistische regressie, *random-forest* algoritme en neurale netwerken. Neurale netwerken zijn connectionistische representaties. Voor de herkenning wordt er een ontologie opgebouwd. Dit valt onder de symbolische representaties.

Representaties kunnen direct gelinkt worden aan bepaalde vormen van creativiteit zoals gedefinieerd door Xiao. Volgens tabel 2 (Tabel 1 in dit onderzoek) van Xiao gebruiken spatiële representaties concept inductie en concept exploratie. In dezelfde tabel wordt aangegeven dat connectionistische representaties inductie, recycling en exploratie gebruiken en dat symbolische representaties gebruik maken van alle concept creatie methodes. De creativiteit die bij Machine Learning specifiek gebruikt wordt, wordt gezien als Concept inductie.

Hiermee gebruikt de applicatie die in dit onderzoek besproken wordt alle verschillende soorten creativiteit die Xiao beschrijft, verspreid over verschillende stappen aan de hand van verschillend kunstmatig intelligente methodes. In het bijzonder voldoet de applicatie ook aan de eisen voor transformationele creativiteit die Xiao heeft beschreven.

Al met al toont onderzoek 1 een systeem waarin de gebruiker direct contact heeft met de applicatie. Er vindt transformationele creativiteit plaats en de aanpassingen vinden plaats ter hoogte van het model, de diagnoses en de conversatiestijl.

3.2 Automated depression analysis using convolutional neural networks from speech.

Het tweede gevonden onderzoek toont hoe depressie kan worden gediagnosticeerd aan de hand van spraakanalyse. De applicatie leert hiervoor ‘*waveforms*’ van spectrogrammen en onbewerkte spraakopnames en kijkt verder manueel voor structurele analyses van de ‘textuur’ op de spectrogrammen. Om te zorgen dat alle informatie die van belang is gebruikt wordt, wordt het resultaat van deze verschillende verwerkingsmethoden bij elkaar gebracht om te zorgen dat het programma depressie zo accuraat mogelijk kan analyseren. Gezien er weinig gegevens beschikbaar waren wordt er tot slot data augmentatie gebruikt.

Het systeem combineert verschillende neurale netwerken om gegevens van de AVEC2013 en AVEC2014 depressie gegevensbanken te gebruiken. Uit AVEC2013 wordt een deelverzameling gebruikt, namelijk het audiovisuele depressief taalgebruik deel dat AVDLIC genoemd wordt. Hierin zijn 340 videoclips van 292 personen. Deze videoclips zijn opnames van personen die deelnamen aan veertien verschillende computertaken op basis waarvan ze een Beck Depression Inventory-II (BDI-II) score kregen toegewezen. Uit de AVEC2013 corpus is ook de AVEC2014 gegevensbank gehaald. Deze

bestaat uit de 300 kortere videoclip opnames van twee verschillende mens-machine interactie taken van de eerdergenoemde veertien taken. Voor de algoritmes van het systeem zijn auditieve en visuele eigenschappen eruit gefilterd. De eigenschappen zijn daarbij deels met de hand gefilterd en gelabeld en deels door de computer om daarna gecombineerd een algoritme te creëren dat depressie beter kan herkennen dan de originele methodes op zichzelf.

Om precies te zijn heeft de computer met twee verschillende netwerken en bij elk op een andere manier eigenschappen verzameld voor het uiteindelijke algoritme. Allereerst kan onderscheid gemaakt worden tussen twee diepe convolutionele neurale netwerken die gebruikt zijn. In elk van deze twee convolutionele neurale netwerken zijn een deel van de eigenschappen geautomatiseerd gefilterd en een deel manueel. Deze zijn vervolgens door het uiteindelijke algoritme verwerkt. Het uiteindelijke algoritme maakt daarvoor gebruik van verschillende lagen.

Het eerste convolutionele neurale netwerk richt zich op analyse van de onbewerkte auditieve signalen. Het tweede convolutionele netwerk richt zich op de spectrogram gegevens. Met behulp van deep learning in het eerste convolutionele netwerk worden geautomatiseerd de vocale patronen uit de onbewerkte audio gefilterd. Dit gebeurt aan de hand van de openSMILE toolkit. In het tweede netwerk worden de textuur gegevens van het spectrogram direct geanalyseerd in het netwerk.

Manueel in het eerste netwerk is gebruik gemaakt van *low level descriptors* (LLD), die eigenschappen zoals het spectrum en vermogen spectrum van de stem, de prosodie en de stemkwaliteit beschrijven. In het tweede netwerk is een spectrogram manueel geanalyseerd aan de hand van MRELBP. De depressie is gemeten aan de hand van het BDI-II systeem dat de mate van depressie beoordeelt. Uiteindelijk wordt de gehele analyse doorgegeven aan *joint tuning* lagen die de uiteindelijke voorspellingen doen. Het gehele proces wordt weergegeven in Figuur 1 van het onderzoek (zie figuur 5).

Figuur 5

De opzet van de neurale netwerken en de joint-tuning laag (He & Cao, 2018)

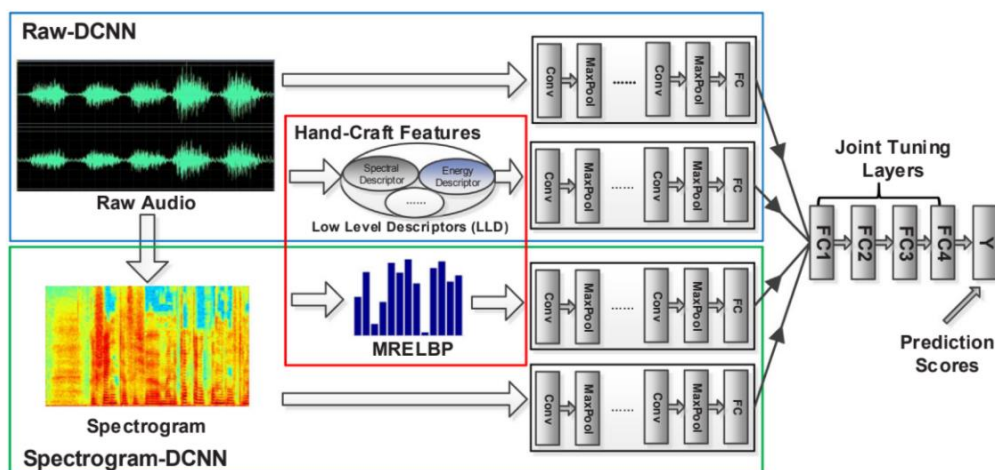


Fig. 1. Illustration of the proposed method for depression recognition using deep neural networks. The Raw-DCNN (Top) takes raw audio signals and low level descriptors (LLD) as input, while the Spectrogram-DCNN (Bottom) uses texture features as input. The red box in Fig. 1 is Hand-Crafted features. Other two arrows are Deep-Learned features. The predicted depression score is computed by aggregating or averaging the individual predictions per frame from four DCNNs. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Juist in die combinatie van twee verschillende netwerken schuilt de creativiteit van het systeem. Het lijkt op het eerste oog mogelijk transformationele creativiteit. Omdat de bijdrage van elk van de zoekmethoden door de joint *tuning* lagen variabel wordt kan dit gezien worden als een aanpassing van de werking van het systeem op het niveau van de zoekmethoden. Mogelijk zouden deze samenvoeging van informatie in de *tuning* lagen de informatie en werking van het geheel volledig kunnen aanpassen. Echter is het onbekend en passen de *tuning* lagen de eerdere verwerking niet aan, enkel de bijdrage die deze leveren aan het eindproduct. Daarmee kan geconstateerd worden dat er hoogstwaarschijnlijk geen sprake is van transformationele creativiteit.

Wanneer de algehele creativiteit van de applicatie bekeken wordt aan de hand van Boden kan er gesproken worden van combinatorische creativiteit (zoals gedefinieerd door Boden) doordat het bestaande onderdelen en ideeën op nieuwe manieren samenbrengt tot een nieuw object of in dit geval tot een nieuwe methode. Ook is er sprake van exploratieve creativiteit: de zoekruimte zelf wordt uitgebreid door de algoritmes die samengevoegd worden.

Aan de hand van de methode van Jennings is er geen sprake van computationele creativiteit. De veranderingen komen wel voort uit autonome analyse, maar het programma kiest niet zelf waar de veranderingen plaatsvinden. De verandering vindt immers vrij gelokaliseerd plaats in de *fine-tuning* lagen. Ook vinden de aanpassingen niet plaats aan de hand van een evaluatiesysteem dat volledig willekeurig is of willekeurig de standaard-aanpassingen doet optreden. De *fine-tuning* lagen zijn afhankelijk van de informatie gegeven door de voorgaande convolutive neurale netwerken. Transformationele creativiteit aan de hand van de definitie van Xiao is ook meer informatie over de joint-tuning lagen voor vereist. Echter is er wel zeker geen sprake van aanpassingen op verschillende niveaus van de applicatie dus is de kans gering.

Onder de categorisering van Xiao valt het convolutive neurale netwerk als een diep neuraal netwerk onder de connectionistische representatie. Dit houdt in dat er gebruik wordt gemaakt van concept inductie, recycling en exploratie. Het samenvoegen van twee verschillende technieken duidt op concept combinatie.

Al met al toont onderzoek 2 een systeem waarin de gebruiker direct contact heeft met de applicatie aan de hand van een doorlopende meting. Er vindt transformationele creativiteit plaats en de aanpassingen vinden plaats ter hoogte van het aanpassen van de verwerkingsmethoden.

3.3 Monitoring stress with a wrist device using context.

Het derde onderzoek beschrijft een stress detector aan de pols (Empatica polsband) die elke 20 minuten uitspraken kan doen over de stress die door de gebruiker ervaren wordt. Het doel van het onderzoek was een methode ontwikkelen die accuraat, continu en non-invasief psychologische stress kan meten in een 'real-life' situatie. Deze methode wordt ontwikkeld aan de hand van drie algoritmes die werken op basis van de gegevens over de korte-termijn stress elke 2 minuten, de informatie die vooraf al bekend is en omgevingsinformatie. Deze algoritmes zijn gebaseerd op Kunstmatige Intelligentie en zorgen ervoor dat er uiteindelijk suggesties over de ervaren stress getoond worden.

Het algoritme wordt getraind op vooraf bestaande laboratorium gegevens, de informatie die geëvalueerd wordt vanuit de pols en kennis over de omgeving. Hiervoor maakt de applicatie gebruik van drie verschillende Machine Learning algoritmen. Het eerste algoritme richt zich op de laboratorium gegevens en de gegevens van de hoeveelheid korte-termijn stress. Het tweede

algoritme is een activiteit herkenner die doorlopend de activiteit van gebruikers herkent en aan de hand daarvan informatie kan geven over de omgeving van de gebruiker. Het derde algoritme is een stress detector die zich op de omgeving baseert en ook op de gegevens die voortkomen uit de twee voorgaande methoden. Aan de hand van deze drie algoritmes kan de polsband elke 20 minuten uitspraken doen over de stress die gebruikers ervaren.

Het volledige systeem werd in dit onderzoek gebruikt op deelnemers, die deelnamen aan verschillende sessies: makkelijk, gemiddeld moeilijk en lastig. Daaruit zijn verschillende gegevens verwerkt: Fysiologische gegevens gemeten door de polsband, 4 ongerustheidsvragenlijsten (STAI-Y) en een Ecological Momentary Assessment (EMA). De fysiologische gegevens, zijn gehaald uit een PPG (photoplethysmografische) sensor, 2 electrodes voor EDA en een 3-as versnellingsmeter. Korte ongerustheidsvragenlijsten (STAI-Y) zijn ingevuld door deelnemers voor het experiment en na elk deel van het experiment. De EMA is ingevuld tijdens het dragen van de polsband.

De technische kant van het onderzoek kent verschillende stappen. Het programma verkrijgt de onbewerkte gegevens van de polsband. De gegevens worden gesegmenteerd, opgevolgd door filtering, verwerving van eigenschappen, selectie van eigenschappen, het trainen van het model en de evaluatie van de resulterende gegevens. Dit is grafisch weergegeven in figuur 1 van het onderzoek (zie figuur 6). Tijdens de segmentatie stap worden de gegevens in kleinere stukken verdeeld zodat eigenschappen van de stukken herkend kunnen worden. De methoden voor het filteren zijn gekoppeld aan het soort gegevens (BVP en EDA signalen vereisen verschillende filter-technieken). Fysiologische variabelen uit de polsband zijn omgezet naar eigenschappen die gebruikt werden bij analyse.

De variabelen, die uit alle gegevens verzameld zijn, verschillen. Van de PPG fysiologische gegevens is er met name gekeken naar statistische eigenschappen zoals standaarddeviaties, percentielscores en interkwartielafstand. Huidtemperatuur, hartritme en hartslag gegevens zijn zo direct verwerkt, de individuele hartslag en ook de BVP zijn verwerkt met een gepatenteerd algoritme. Uit de EDA signalen zijn statistische eigenschappen over de huidgeleiding afgeleid. Uit deze variabelen zijn eigenschappen geselecteerd. Bij het selecteren van de eigenschappen is er allereerst gezorgd dat de eigenschappen geordend werden aan de hand van de bruikbaarheid. Daarna zijn correlatiecoëfficiënten berekend tussen eigenschappen. Vervolgens zijn verschillende deelverzamelingen van eigenschappen getoetst aan de methode die normaal gebruikt wordt om zo de beste deelverzameling van eigenschappen eruit te krijgen. Bijzonder is dat een algoritme in het systeem zelf de beste deelverzameling bepaalt en toont aan de gebruiker. Vervolgens zijn verschillende algoritmes met elkaar vergeleken, hiervoor heeft dit onderzoek de 'WEKA machine-learning toolkit' gebruikt. Algoritmes die vergeleken zijn, zijn onder andere: *Majority classifier*, *J48*, *Naive Bayes*, *KNN*, *SVM*, *Bagging*, *Boosting*, *Random Forest* en *Ensemble Selection*. Deze laatste heeft een aantal van de voorgaande algoritmes gecombineerd. Resultaten van de algoritmes zijn geanalyseerd aan de hand van de gebruikelijke statistische uitkomsten (de juistheid, de precisie, de *recall* en de F1 score). Met behulp van deze gegevens kon de stress detectie in het lab plaatsvinden. De stress detectie in het laboratorium ging aan de hand van een stress detector, een activiteit herkende classifier en een context-gebaseerde stress detector.

De context-gebaseerde stress detector gebruikte de gegevens vanuit de algoritmes, gegevens om uiteindelijk de stress te detecteren. Hiernaast gebruikte deze de 3-as versnellingsmeter om activiteiten te leren herkennen: Het liggen, zitten, staan, lopen, rennen en fietsen. Ook gebruikt het gegevens uit de EMA voor de contextuele eigenschappen.

Figuur 6

Figuur 1 van het onderzoek van Gjoreski et al. (2017)

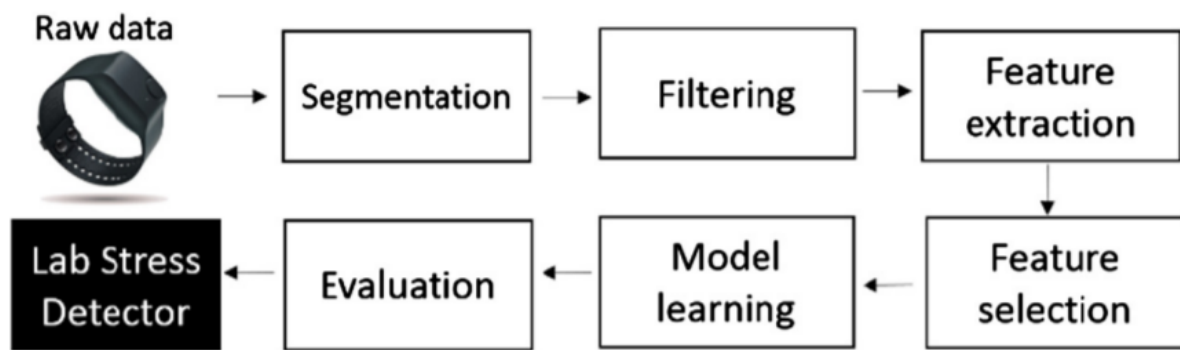


Fig. 1. Laboratory learning method for the stress detector.

Figuur 7

Figuur 8 van het onderzoek van Gjoreski et al. (2017)

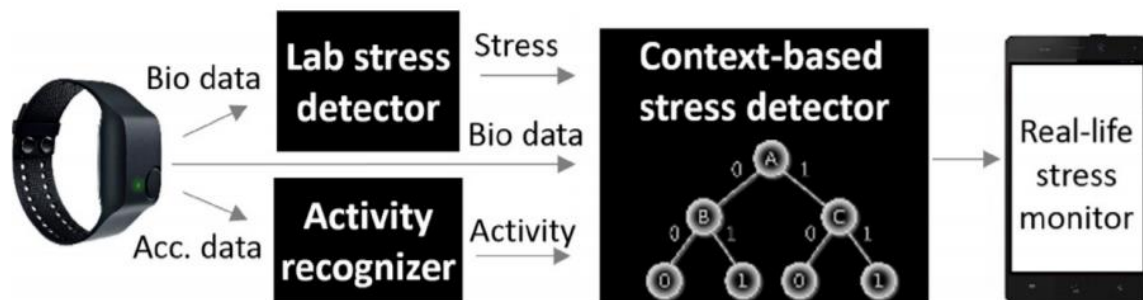


Fig. 8. Context-based method for stress detection in unconstrained environments (real life).

Het feit dat de eigenschappen selectie geautomatiseerd is, is een creatieve toevoeging aan het geheel van Machine Learning. Zo is er een algoritme geschreven dat vanuit de eigenschappenverzamelingen, in het Engels *featuresets* genoemd, de beste eigenschappenverzameling teruggeeft. Er is hier mogelijk sprake van *transformationele* creativiteit, gezien de applicatie zelf de keuze voor een eigenschappenverzameling aanpast.

Het voldoet in ieder geval aan de definitie van transformationele creativiteit van Boden doordat de aanpassingen de zoekruimte zelf aanpassen bij de optie waarbij gekozen kan worden uit gebruikte eigenschappen.

Er is geen sprake van creativiteit gebaseerd op de methode van Jennings. Immers kan het systeem niet autonoom zichzelf evalueren en geen veranderingen kiezen zonder verteld te krijgen hoe of wanneer dat moet gebeuren. Wel vinden de evaluatie van het systeem en de standaard-aanpassingen niet volledig willekeurig plaats.

Er is hier ook geen sprake van transformationele creativiteit aan de hand van de definitie voorgesteld in het onderzoek van Xiao door aanpassing op verschillende niveaus. Wat betreft andere vormen van creativiteit wordt hier met name veel gebruik gemaakt van Machine Learning. Over het algemeen betekent dit dat er met name sprake is van concept inductie en dan specifiek het concept leren.

Al met al toont onderzoek 3 een systeem waarin de gebruiker niet direct betrokken is bij elk onderdeel van de achterliggende analyse. Er vindt wel transformationele creativiteit plaats: de

aanpassing vindt plaats ter hoogte van het kiezen voor een bepaalde feature set. Dit is namelijk geautomatiseerd.

3.4 Stress Detection Using Wearable Physiological and Sociometric Sensors

Het vierde onderzoek beschrijft een draagbare stress detector. Deze detector kan voorspellingen doen over de huidige stresservaring en de stresservaring in de nabije toekomst aan de hand van fysiologische en sociometrische sensoren. Het doel van het onderzoek was om te kijken of het gebruiken van Machine Learning bruikbare voorspellingen kan doen over het huidige stressniveau. In dit onderzoek gebruiken ze een op correlatie gebaseerde eigenschappen selectie voor elke individuele gegevensverzameling. Zo worden de beste eigenschappen voor elke participant apart geselecteerd.

De eigenschappen die gebruikt worden zijn van belang om individuele classificeerders te trainen: de SVM met een RBF kernel, SVM met een lineaire kernel classificeerders en een K-Nearest Neighbour classificeerder vereisen dat. Voor de AdaBoost classificeerder waren geen individuele classificeerders nodig. Alle algoritmes zijn uiteindelijk met elkaar vergeleken.

Voor de gebruikte gegevens is zelf een onderzoek opgesteld met 18 deelnemers. De deelnemers hebben een STAI vragenlijst beantwoord en deelgenomen in een gestandaardiseerde stress inducerend experiment. In het experiment wordt gebruik gemaakt van de Trier Social Stress Test (TSST), waarbij zowel publiek spreken als andere cognitieve taken aan bod komen die de deelnemers een hogere cognitieve lading doen ervaren. Bijkomend zijn er ook gegevens verzameld op een dag waarin de deelnemer ontspannen was. Tijdens het experiment zijn er elektroden aangebracht op de vingers van proefpersoon als sensor, deze hebben de elektrodermale activiteit (EDA), de photoplethysmogram (PPG) en de hartritme variabiliteit (HRV) gemeten. Uiteindelijk is zo voor elke deelnemer genoteerd hoeveel stress hij of zij heeft ervaren en hoe de deelnemer zich normaal voelde. Ook zijn er veel andere variabelen gemeten. Onder andere van de lichaamsbeweging, de activiteit en snelheid; Van de houding, de activiteit, snelheid, beweging, vanuit verschillende hoeken; Van de spraak, de stilte, stemvolume, volume consistentie, frequentie, amplitude, pitch en pitch volume. Daarnaast zijn er bij elke specifieke taak ook meetgegevens opgeslagen. Alle vier de classificatie methodes hebben hoge accuratie, precieze voorspellingen gedaan en een hoge F1 score behaald.

Het creatieve in deze applicatie is het gebruik van verschillende parameters die vervolgens ook gecombineerd moeten worden. Het lijkt alsof er sprake kan zijn van transformationele creativiteit door de opbouw, echter is hier geen sprake van transformationele creativiteit. Wel is er sprake van combinatorische creativiteit (zoals gedefinieerd door Boden), doordat het de bestaande onderdelen en ideeën op nieuwe manieren samenbrengt in een geheel (door de zoekmethodes samen te voegen).

Aan de hand van Boden's definitie kan er gesproken worden van combinatorische creativiteit (De applicatie past wel zelf de keuze voor de gebruikte eigenschappen aan). Aan de hand van de definitie van creativiteit van Jennings is er absoluut geen sprake van creativiteit. Aan geen van de drie voorwaarden wordt voldaan. Er is hier geen sprake van transformationele creativiteit aan de hand van de definitie van Xiao door aanpassing van de eerder genoemde niveaus. Wel zijn er andere creatieve methoden toegepast volgens de definitie van Xiao. Er wordt in dit onderzoek met name veel gebruik gemaakt van Machine Learning aan de hand van een SVM, KNN en Ada-Boost. Over het algemeen betekent dit dat er met name sprake is van concept inductie en specifiek concept leren.

3.5 Toward a motor signature in autism: Studies from human-machine interaction

Het vijfde onderzoek exploreert de motorische aspecten van de Autisme Spectrum Stoornis (ASS). Er wordt gebruik gemaakt van computationeel modelleren in een robot aan de hand van mens-robot interactie. Het doel van het onderzoek is om te achterhalen of de imitatie van gedrag dat een avatar vertoont lastiger is voor ASS kinderen ten opzichte van het gedrag van kinderen met coördinatie stoornissen of kinderen zonder problemen.

Hiervoor beschrijft het onderzoek twee verschillende deelonderzoeken in één groter onderzoek. Voor de robot is gebruik gemaakt van een sensorische motor architectuur die leert aan de hand van imitatie leren, houding herkenning en identiteitsherkenning. De architectuur bestaat uit een heel netwerk aan neurale netwerken geïmplementeerd in een robot systeem 'Nao'. Nao koppelt wat het ziet aan motorhandelingen. De deelnemers hebben met Nao 5 verschillende houdingen uitprobeerde. Nao heeft daaruit de kenmerkende bewegingen van individuele kinderen leren herkennen. In het algemeen is er zo een dataset met meetresultaten van de drie groepen kinderen en de robot interactie ontstaan. De eerste groep kinderen had een normale ontwikkeling, de tweede groep kinderen had een ontwikkelingsstoornis op het gebied van coördinatie en de derde groep kinderen was gediagnosticeerd met het autisme spectrum stoornis.

Het eerste deelonderzoek dat beschreven wordt onderzoekt mens-robot houdingsimitatie. In dit onderzoek wordt de impact van robotleren op drie verschillende groepen kinderen onderzocht met drie verschillende deelonderzoeken. Na de leerfase van de robot hebben de kinderen deelgenomen aan een taak waarbij de interpersoonlijke synchronisatie, motor coördinatie en de motorcontrole werden geobserveerd. In het tweede deelonderzoek wordt een meer dynamische motor imitatie onderzocht met een koorddans avatar. Met een RGB sensor werd de imitatie van gedrag geëvalueerd. Het onderzoek heeft uitgewezen dat kinderen met ASS inderdaad meer moeite hebben op het gebied van interpersoonlijke synchronie, motor coördinatie en motorcontrole.

Technisch gezien bestaat het deel van het neurale netwerk dat de imitatie leert herkennen uit een speciaal neurale netwerk dat visuele eigenschappen verwerkt (VF-NN), een speciaal neurale netwerk dat de interne staat van de robot verwerkt (RIS-NN), een neurale netwerk dat de interne staat voorspelt (ISP-NN) en het gedrag van de robot koppelt aan wat de robot ziet en een korte termijn neurale netwerk (STM-NN). Om de identiteit te kunnen herkennen werd de VF-NN ook gekoppeld met een nieuwigheden herkende detector (ND), die op diens beurt gekoppeld is aan een identiteit herkendend neurale netwerk (IR-NN). De ND bevat een zelf-evaluerend mechanisme dat de robot toestaat om een nieuwe partner te herkennen, oftewel iets nieuws te herkennen aan de hand van de visuele input. Het interessante hieraan is dat de robot in staat is om een eerder ontmoete menselijke partner opnieuw te herkennen na de leerfase, aan de hand van bepaalde kenmerkende sociale handelingen (houdingen of gezichtsuitdrukkingen). Om de houding te kunnen herkennen werd er ook een apart neurale netwerk (PR-NN) ingezet.

Nao vertoont hiermee transformationele creativiteit. Het *machine learning* algoritme blijft zichzelf aanpassen tijdens de leerfase. Met name het leren herkennen van nieuwe handelingen en nieuwe personen treedt plaats. Dit houdt in dat de architectuur zijn classificatie categorieën aanpast. De transformationele creativiteit voldoet aan de definitie van Boden doordat de zoekruimte uitgebreid wordt door nieuwe handelingen en personen toe te voegen aan de al bestaande handelingen en personen. Het voldoet ook aan punt één van de definitie van creativiteit van Jennings, waarbij de veranderingen uit autonome analyse moeten voortkomen. Het is onduidelijk of het voldoet aan punt twee waarbij het niet verteld krijgt hoe en wanneer de veranderingen plaats moeten vinden. Gezien het duidelijk is wanneer de robot moet leren kan er vanuit worden gegaan

van niet. Het voldoet wel aan punt drie van Jennings, gezien de evaluatie van het systeem en de standaard aanpassingen niet volledig willekeurig plaatsvinden. De transformationele creativiteit voldoet ook aan de definitie van Xiao.

Andere soorten creativiteit die teruggevonden worden komen tot stand door de vele neurale netwerken. Neurale netwerken zijn connectionistische representaties. Hierbij worden volgens Xiao gebruik gemaakt van concept inductie, recycling en exploratie.

3.6 Overzicht

Er is een overzicht gemaakt van de vijf onderzoeken in tabel 4. In tabel 4 staat per onderzoek het volgende aangegeven: Welke kunstmatige intelligentie techniek is er gebruikt; Wat voor soort representatie deze techniek indiceert; Op welk niveau de aanpassing optreedt en hoe de informatie uitwisseling met de gebruiker plaatsvindt. Aan de hand van de samenvattingen van de verschillende onderzoeken en tabel 4 is ook tabel 5 opgesteld. In tabel 5 zijn de onderzoeken uitéengezet per type creativiteit, onderverdeeld aan de hand van Boden's, Jennings' en Xiao's definitie.

Tabel 4
Overzicht van de onderzoeken

Kunstmatig intelligente-techniek	
Onderzoek 1	NLP tools, Word2Vec en TD-IDF. Machine Learning: een Bayesiaanse netwerk classificeerder, logistische regressie, random-forest algoritme en neurale netwerken. Een ontologie
Onderzoek 2	Deep Convolutional Neural Network (DCNN)
Onderzoek 3	WEKA machine-learning toolkit: Majority classifier, J48, Naive Bayes, KNN, SVM, Bagging, Boosting, Random Forest en een Ensemble Selection..
Onderzoek 4	Machine Learning: SVM met een RBF kernel, SVM met een lineaire kernel, AdaBoost en het K-nearest neighbour algoritme.
Onderzoek 5	Robot aan de hand van meerdere neurale netwerken
Representatie type	
Onderzoek 1	Spatiële representaties (Vector Space Models) Connectionistische representaties Symbolische representaties.
Onderzoek 2	Connectionistische representatie
Onderzoek 3	Niet relevant want Machine Learning
Onderzoek 4	Niet relevant want Machine Learning
Onderzoek 5	Connectionistische representatie
Gebruikte concept creatie methodes	
Onderzoek 1	Spatiële representaties: concept inductie en concept exploratie. Connectionistische representaties: inductie, recycling en exploratie Symbolische representatie: maakt gebruik van alle conceptcreatie methodes. Machine learning: Concept inductie.
Onderzoek 2	Connectionistische representaties: inductie, recycling en exploratie

Onderzoek 3	Machine Learning: Concept inductie.
Onderzoek 4	Machine Learning: Concept inductie.
Onderzoek 5	Connectionistische representaties: inductie, recycling en exploratie
Niveau van de aanpassing	
Onderzoek 1	Model wordt aangepast, diagnoses die het geeft en de conversatiestijl
Onderzoek 2	Verwerkingsmethoden worden aangepast (nieuwe combinatie van verwerkingsmethoden)
Onderzoek 3	Keuze voor eigenschappenverzameling
Onderzoek 4	?
Onderzoek 5	Classificatie categorieën
Contact met de applicatie	
Onderzoek 1	Tijdens gebruik
Onderzoek 2	Doorlopende meting bij deelnemers onderzoek
Onderzoek 3	Gebruikt door deelnemers in een setting
Onderzoek 4	Gebruikt door deelnemers in een setting
Onderzoek 5	Tijdens gebruik

Notitie. Deze tabel werd opgesteld om een overzicht over de gebruikte methodes en tentoongestelde creativiteit in de applicaties van de onderzoeken te verkrijgen

Tabel 5

Creativiteitsdefinities en onderzoeken die programma's bespreken die eraan voldoen

	Boden	Jennings	Xiao
Transformationeel creatief	1, 3, (2)	-	1, 5
Combinatorisch creatief	1, 2, 4		
Exploratief creatief	1, 2		
Concept extractie			1
Concept inductie			1, 2, 3, 4, 5
Concept recycling			1, 2, 5
Concept ruimte verkenning			1, 2, 5

Notitie. Deze tabel geeft voor elke definitie van creativiteit aan welk onderzoek een applicatie weergaf dat diezelfde vorm van creativiteit toonde.

Geen enkele van de onderzoeken creativiteit op de manier zoals Jennings het gedefinieerd heeft. Onderzoek 1, die het meest gebruik maakt van transformationele creativiteit, is ook het onderzoek dat de meeste vormen van creativiteit lijkt te vertonen.

4. Discussie

In deze scriptie is er gezocht naar transformationele creativiteit in kunstmatig intelligente computerprogramma's die gericht zijn op de diagnostiek in de geestelijke gezondheidszorg. Een medische databank is gebruikt om onderzoeken te lokaliseren. Daarin zijn onderzoeken geselecteerd die diagnostiek in de geestelijke gezondheidszorg betreffen en tevens gebruik maken van kunstmatige intelligentie. Hieruit zijn er vijf onderzoeken geschikt bevonden om transformationele creativiteit in terug te vinden. Deze vijf onderzoeken zijn vervolgens samengevat en getoetst aan drie verschillende definities voor transformationele creativiteit.

Bij het aanhouden van de definitie voor transformationele creativiteit van Boden en Xiao, tonen deze vijf onderzoeken aan dat transformationeel creatieve kunstmatige intelligente systemen succesvol gecreëerd en in de praktijk geïmplementeerd kunnen worden. De implementatieniveaus waarvan er, volgens de gevonden onderzoeken, sprake van kan zijn, zijn:

- 1) Automatische aanpassing van de werking van de applicatie aan de hand van de feedback van de gebruikers. Hierbij kunnen aanpassingen optreden op het niveau van het gebruikte berekeningsmodel, de conversatiestijl en de gekende aandoeeningen.
- 2) Aanpassingen op het niveau van de zoekmethoden. Dit door de combinatie van zoekmethodes en het aandeel van elke zoekmethode aan te passen aan een criterium bij het gewenste zoekresultaat.
- 3) Autonome evaluatie van de mogelijke classificatiemethoden, waarbij het programma zelf de eigenschappen set en het gewenste algoritme kan kiezen.
- 4) Aanpassingen die doorlopend blijven voortbouwen op wat er in de externe omgeving aangeboden wordt door het registreren van handelingen en gebruikers. Die aan de hand daarvan kunnen kiezen voor de opvolgende handeling, mede door de getoonde handeling of persoon toe te voegen aan een al bestaande systeem. Dit impliceert dat systemen naarmate er meer gebruik wordt gemaakt van transformationele creatieve aanpassingen in de werking, steeds autonomer en creatiever zullen worden.

Wanneer Jennings definitie voor autonome creativiteit aangehouden wordt, is geen enkel gevonden onderzoek toereikend op het gebied van creativiteit. Wel voldoen vier van de vijf onderzoeken aan minstens één van de criteria die zijn opgesteld door Jennings. Het is in deze vijf onderzoeken duidelijk dat Jennings mogelijk strengere voorwaarden heeft opgesteld voor autonomie en creativiteit in kunstmatig intelligente computerprogramma's t.o.v. de andere auteurs. Hoewel Jennings aangeeft geen transformationele creativiteit te definiëren, kan Jennings definitie gezien worden als een nauwe of smalle interpretatie van de definitie van transformationele creativiteit. Om aan Jennings criteria te voldoen moet een systeem aan autonome evaluatie doen, autonoom aan de hand van die evaluatie of aan de hand van andere inputs verandering bereiken en als geheel mag zowel de evaluatie als de verandering niet willekeurig plaatsvinden. Bij de definitie van transformationele creativiteit gebruikt door andere onderzoekers wordt niet vermeld dat de creativiteit daadwerkelijk zowel op de hoogte van de evaluatie moet zitten, als dat er eisen worden gesteld aan de manier waarop de aanpassing plaatsvindt. De enige voorwaarde is dat er een verandering plaatsvindt. In principe geven de onderzoeken gezamenlijk wel aan dat er voldaan kan worden aan Jennings criteria. Gezien er in de gevonden onderzoeken aan elke criteria minstens één keer is voldaan, is er een grote kans dat een systeem dat volledig voldoet aan de definitie van Jennings ontworpen kan worden. Dit is een interessant gegeven in het kader van de mogelijkheden tot het creëren van superintelligentie en/of Strong AI. Superintelligentie is een eigenschap van een programma, waarbij het programma menselijke niveaus van intelligentie in bijna alle gebieden overtreft (Bostrom, 2014). Strong AI is het concept van een computersysteem dat volledig autonoom kan denken en functioneren (Knight, z.d.). Zo wordt Strong AI gezien als een systeem dat bijna gelijk is aan een mens. Wanneer een systeem zichzelf autonoom kan verbeteren suggereert het in essentie dat de werking en ontwikkeling van een systeem los staat van de maker. Het interessante is dus dat

een systeem met Jennings definitie wel uitermate creatief kan worden op termijn, op een manier die niet persé gelimiteerd wordt door vooraf geprogrammeerde zaken. Per toeval zou er theoretisch een systeem kunnen ontstaan dat mogelijk inderdaad eigenschappen bezit die mensen ook vertonen of een systeem dat intelligenter reageert op één of meerdere vlakken dan mensen. Echter, als er gekeken wordt naar de vorm van transformationele creativiteit die in de GGZ gevonden wordt, buiten de uitgesloten technieken, lijkt dit nog wel verre toekomstmuziek. Het zou interessant kunnen zijn om ook applicaties buiten de GGZ te zoeken naar transformationele creativiteit die voldoet aan Jennings definitie om zo de mogelijkheden tot het ontstaan van een vorm die superintelligentie of Strong AI benadert beter in kaart te brengen.

Uiteindelijk zijn er weinig onderzoeken aangetroffen die daadwerkelijk over transformationele creativiteit gingen die voldeden aan de selectiecriteria. Mogelijk hebben twee zaken invloed daarop gehad. Allereerst is er enkel binnen PubMed gezocht naar onderzoeken gerelateerd aan de GGZ. In wezen zou dit onderzoek baat hebben bij het toevoegen van additionele literatuur uit psychologisch onderzoek. Dit heeft ook te maken met een overschatting van de aan te treffen creativiteit binnen kunstmatig intelligente programma's in de psychiatrie. Deze overschatting is de tweede zaak. Binnen de psychiatrie wordt er mogelijk minder geëxperimenteerd met kunstmatige intelligentie dan men zou aannemen. Dit kan twee oorzaken hebben: In het algemeen wordt binnen de geneeskunde vaak getracht al bestaande methodes te optimaliseren op technieken die bewezen zijn betrouwbaar te zijn. Momenteel is de opkomst van de kunstmatige intelligentie binnen de psychiatrie dan ook met name Machine Learning die toegepast wordt waar voorheen statistiek toegepast werd voor beeldvormingsanalyse. Daarnaast is het mogelijk dat er een algemene angst voor nieuwe applicaties of implementaties die patiënt contact zouden kunnen verminderen hangt en tot slot worden anderen, buiten het beschermde artsberoep, vaak niet toegestaan toegang te verkrijgen tot (gevoelige) patiëntgegevens, daarmee is het mogelijk dat automatisering van de communicatie waarschijnlijk niet zo snel als op eerste oogopslag verwacht wordt. De literatuur onderbouwt deze mogelijkheid niet en daarmee kon hier van tevoren geen rekening mee gehouden worden. Echter kan onderzoek doen naar de attitude betreffende nieuwe applicaties of experimenten in de gezondheidszorg, of specifiek de geestelijke gezondheidszorg ook interessante resultaten opleveren.

De omvang van dit onderzoek is enigszins beperkt geweest in verband met de mogelijke tijdsbesteding. Dit onderzoek heeft daarmee niet gezocht in de al bekende en bestaande kunstmatig intelligente technieken naar transformationele creativiteit maar erbuiten. Wanneer er vervolgonderzoek gedaan wordt zou het ook interessant kunnen zijn om ook in de technieken zelf te kijken waar en wanneer transformationele creativiteit optreedt.

Een andere beperking van dit onderzoek, naast de benadering van creativiteit zelf, is de keuze om niet verder te zoeken naar transformationele creativiteit in kunstmatig intelligente programma's binnen de GGZ die de diagnostiek bestrijken en diverse medische, chemische of fysische technieken betreffen. Enkel technieken die gebruik maakten van een combinatie van vragenlijsten en technieken zijn meegenomen. In vervolg onderzoek kan er gekozen worden om deze technieken juist wel te toetsen aan het begrip transformationele creativiteit. Ook zijn er heel veel onderzoeken beschikbaar over diagnostiek aan de hand van de beeldvorming, ook in de geestelijke gezondheidszorg. Een onderzoek hiernaar kan het inzicht in de gebruikte creativiteit vergroten. Een breder onderzoek, naar creatief gebruik van kunstmatige intelligentie, met een focus op transformationele creativiteit in beeldverwerkingsapplicaties zal ook zeker interessante bevindingen kunnen opleveren die dit onderzoek niet aangeboord heeft. Daarnaast kan een

soortgelijk onderzoek herhalen in andere sectoren meer inzicht verschaffen in de algehele status van creativiteit, en dan met name transformationele creativiteit binnen de Kunstmatige Intelligentie.

Tot slot is het mogelijk dat in de private sector onderzoeken bestaan, die de GGZ, de diagnostiek, de kunstmatige intelligentie en transformationele creativiteit betrekken, die in dit onderzoek niet aangehaald zijn. Gezien onderzoeken uit de private sector veelal niet openbaar gepubliceerd worden (Resnik, 2007) en het tempo van digitalisering in de private sector hoger ligt dan in de publieke sector (Hofmann & Ogonek, 2018) bestaat deze mogelijkheid.

Al met al creëren verschillende invalshoeken op transformationele creativiteit nieuwe inzichten. In het algemeen kan gesteld worden dat transformationele creativiteit een aanpassing van een programma's eigen werking is.

5. Slot

Bedankt voor het lezen van deze scriptie en veel dank aan mijn begeleider Merel om me door deze lastige opgave heen te helpen.

6. Referenties

- Abu-Mostafa, Y. S., Magdon-Ismail, M., & Lin, H. T. (2012). *Learning from data* (Vol. 4). New York, NY, USA:: AMLBook.
- Amabile, T. M. (1988). A model of creativity and innovation in organizations. *Research in Organizational Behavior*, 10, 123–167.
- Baruch, & Gretchen. (2017). *Health Care Insider: Creativity Matters in Medicine*. Interview Transcript. https://healthcare.utah.edu/the-scope/shows.php?shows=0_2fzdlkdt
- Boden, M. A. (1991). *The Creative Mind*. <https://doi.org/10.4324/9780203508527>
- Boden, M. A. (1998). Creativity and artificial intelligence. *Artificial Intelligence*, 103(1), 347–356. [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(98\)00055-1](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(98)00055-1)
- Boden, M. A., & Boden, R. P. of C. S. M. A. (2004). *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*. Psychology Press.
- Bokhorst, M. (z.d.). *LibGuides: PubMed: Stap 2 - MeSH-termen*. Geraadpleegd 29 mei 2020, van <https://libguides.bibliotheek.zuyd.nl/c.php?g=591567&p=4100090>
- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.
- Buchanan, B. G. (2001). Creativity at the Metalevel: AAAI-2000 Presidential Address. *AI Magazine*, 22(3), 13–13. <https://doi.org/10.1609/aimag.v22i3.1569>
- Colton, S. (z.d.). *Seven Catchy Phrases for Computational Creativity Research*. 3.
- Csikszentmihalyi, M. (1999). 16 implications of a systems perspective for the study of creativity. *Handbook of creativity*, 313.
- Florida, R. (2002). *The rise of the creative class*. New York, NY: Basic Books.
- Forgeard, M. J. C., & Eichner, K. V. (2014). *Creativity as a target and tool for positive interventions*. In A. C. Parks & S. M. Schueller (Eds.), *Handbook of positive psychological interventions* (pp. 137–154). Oxford, UK: Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118315927.ch7>
- Forgeard, M. J. C., & Kaufman, J. C. (2016). Who cares about imagination, creativity, and innovation, and why? A review. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 10(3), 250–269. <https://doi.org/10.1037/aca0000042>
- Gabora, L. (1997). The origin and evolution of culture and creativity. *Journal of Memetics, Evolutionary Models of Information Transmission*, 1. Retrieved from <http://cogprints.org/794/1/oecc.html>
- Gjoreski, M., Luštrek, M., Gams, M., & Gjoreski, H. (2017). Monitoring stress with a wrist device using context. *Journal of Biomedical Informatics*, 73, 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.08.006>
- Grace, K., & Maher, M. L. (2015). *Specific curiosity as a cause and consequence of transformational creativity*. 8.
- Graham, S., Depp, C., Lee, E. E., Nebeker, C., Tu, X., Kim, H.-C., & Jeste, D. V. (2019). Artificial Intelligence for Mental Health and Mental Illnesses: An Overview. *Current Psychiatry Reports*, 21(11), 116. <https://doi.org/10.1007/s11920-019-1094-0>

He, L., & Cao, C. (2018). Automated depression analysis using convolutional neural networks from speech. *Journal of Biomedical Informatics*, 83, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.05.007>

Heller, M. (2019, augustus 7). *Unsupervised learning explained*. InfoWorld. <https://www.infoworld.com/article/3429017/unsupervised-learning-explained.html>

Ho, D., Quake, S. R., McCabe, E. R. B., Chng, W. J., Chow, E. K., Ding, X., Gelb, B. D., Ginsburg, G. S., Hassenstab, J., Ho, C.-M., Mobley, W. C., Nolan, G. P., Rosen, S. T., Tan, P., Yen, Y., & Zarrinpar, A. (2020). Enabling Technologies for Personalized and Precision Medicine. *Trends in Biotechnology*, 38(5), 497–518. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.12.021>

Hofmann, S., & Ogonek, N. (2018). Different But Still The Same? How Public And Private Sector Organisations Deal with New Digital Competences. *Journal of E-Government*, 16, 127–135.

Jennings, K. E. (2010). Developing Creativity: Artificial Barriers in Artificial Intelligence. *Minds and Machines*, 20(4), 489–501. <https://doi.org/10.1007/s11023-010-9206-y>

Johansson, F. (2017). *The Medici Effect, With a New Preface and Discussion Guide: What Elephants and Epidemics Can Teach Us About Innovation*. Harvard Business Review Press.

Kampylis, P., & Valtanen, J. (2010). Redefining creativity—Analyzing and definitions, collocations, and consequences. *The Journal of Creative Behavior*, 44, 191–214. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2162-6057.2010.tb01333.x>

Koren, G., Souroujon, D., Shaul, R., Bloch, A., Leventhal, A., Lockett, J., & Shalev, V. (2019). “A patient like me” – An algorithm-based program to inform patients on the likely conditions people with symptoms like theirs have: *Medicine*, 98(42), e17596. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000017596>

Lewis, P. R., Chandra, A., Faniyi, F., Glette, K., Chen, T., Bahsoon, R., Torresen, J., & Yao, X. (2015). Architectural Aspects of Self-Aware and Self-Expressive Computing Systems: From Psychology to Engineering. *Computer*, 48(8), 62–70. <https://doi.org/10.1109/MC.2015.235>

Linkola, S., Kantosalo, A., Männistö, T., & Toivonen, H. (2017). Aspects of Self-awareness: An Anatomy of Metacreative Systems. *Proceedings of the 8th International Conference on Computational Creativity (ICCC'17)*, 189–196. <https://researchportal.helsinki.fi/en/publications/aspects-of-self-awareness-an-anatomy-of-metacreative-systems>

Marewski, J. N., & Gigerenzer, G. (2012). Heuristic decision making in medicine. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 14(1), 77–89.

Mozos, O. M., Sandulescu, V., Andrews, S., Ellis, D., Bellotto, N., Dobrescu, R., & Ferrandez, J. M. (2017). Stress Detection Using Wearable Physiological and Sociometric Sensors. *International Journal of Neural Systems*, 27(2), 1650041. <https://doi.org/10.1142/S0129065716500416>

Neuhauser, L., Kreps, G. L., Morrison, K., Athanasoulis, M., Kirienko, N., & Van Brunt, D. (2013). Using design science and artificial intelligence to improve health communication: ChronologyMD case example. *Patient Education and Counseling*, 92(2), 211–217. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2013.04.006>

Personalized Medicine: The Role of Technology and Diagnostics in Driving Change. (2020, maart). AJMC. <https://www.ajmc.com/journals/evidence-based-oncology/2020/pcoc-2019/personalized-medicine-the-role-of-technology-and-diagnostics-in-driving-change>

Peterson, C., & Seligman, M. E. (2004). *Character strengths and virtues: A handbook and classification*. New York, NY: Oxford University Press

Pinto dos Santos, D., Giese, D., Brodehl, S., Chon, S. H., Staab, W., Kleinert, R., Maintz, D., & Baeßler, B. (2019). Medical students' attitude towards artificial intelligence: A multicentre survey. *European Radiology*, 29(4), 1640–1646. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5601-1>

PRISMA 2009 checklist.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 29 mei 2020, van <http://prisma-statement.org/documents/PRISMA%202009%20checklist.pdf>

PRISMA-P-checklist.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 29 mei 2020, van <http://www.prisma-statement.org/documents/PRISMA-P-checklist.pdf>

Resnik, D. B. (2007). *Price of Truth: How Money Affects the Norms of Science—Oxford Scholarship*. <https://www-oxfordscholarship-com.proxy.library.uu.nl/view/10.1093/acprof:oso/9780195309782.001.0001/acprof-9780195309782>

Ritchie, G. (2006). The transformational creativity hypothesis. *New Generation Computing*, 24(3), 241–266. <https://doi.org/10.1007/BF03037334>

Rosenzweig, R. (z.d.). *Zotero* (Versie 5.0.87) [Windows]. Center for History and New Media. Geraadpleegd 29 mei 2020, van www.zotero.org/download

Salehie, M., & Tahvildari, L. (2009). Self-adaptive software: Landscape and research challenges. *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems*, 4(2), 1–42. <https://doi.org/10.1145/1516533.1516538>

Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & the PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: Elaboration and explanation. *BMJ*, 349(jan02 1), g7647–g7647. <https://doi.org/10.1136/bmj.g7647>

Simonton, D. K. (2000). Creativity. Cognitive, personal, developmental, and social aspects. *American Psychologist*, 55, 151–158.

Stein, M. I. (1953). Creativity and Culture. *The Journal of Psychology*, 36(2), 311–322. <https://doi.org/10.1080/00223980.1953.9712897>

Sternberg, R. J. (1999). *Handbook of Creativity*. Cambridge University Press.

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). *The concept of creativity: Prospects and paradigms*. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 3–15). New York, NY: Cambridge University Press.

Sternberg, R. J. (2009). WICS: A new model for liberal education. *Liberal Education*, 95, 20–25.

The Two Dimensions of Motivation and a Reciprocal Model of the Creative Process—Marie J. C. Forgeard, Anne C. Mecklenburg, 2013. (z.d.). Geraadpleegd 29 mei 2020, van <https://journals-sagepub-com.proxy.library.uu.nl/doi/10.1037/a0032104>

Xavier, J., Guedjou, H., Anzalone, S. M., Boucenna, S., Guigon, E., Chetouani, M., & Cohen, D. (2019). Toward a motor signature in autism: Studies from human-machine interaction. *L'Encephale*, 45(2), 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2018.08.002>

Xiao, P., Toivonen, H., Gross, O., Cardoso, A., Correia, J., Machado, P., Martins, P., Oliveira, H. G., Sharma, R., Pinto, A. M., Díaz, A., Francisco, V., Gervás, P., Hervás, R., León, C., Forth, J., Purver, M., Wiggins, G. A., Miljković, D., ... Battersby, S. (2019). Conceptual Representations for Computational Concept Creation. *ACM Comput. Surv.*, 52(1), 9:1–9:33. <https://doi.org/10.1145/3186729>

7. Bijlage - Beschrijving meegenomen onderzoeken

Onderzoek 1

Onderzoeksgegevens

“A patient like me” – An algorithm-based program to inform patients on the likely conditions people with symptoms like theirs have

Wat beschrijft het

Het onderzoek kijkt of een applicatie die werkt met kunstmatige intelligentie goed functioneert. De applicatie die onderzocht wordt vraagt de gebruiker zijn of haar symptomen op te geven, aan de hand waarvan de applicatie vragen stelt en diagnosticeert. De applicatie is tot stand gekomen aan de hand van een analyse van 70 miljoen consultaties. NB: dit includeert de GGZ maar is niet gelimiteerd tot de GGZ data.

Kunstmatige intelligentie

Wat?

De applicatie maakt zowel gebruik van NLP als Machine learning.

Om specifieker te zijn richt de NLP zich op tekstuele analyse van de consultaties van de Israëlische artsen in Maccabi in de dataset om aan de hand daarvan ‘predictors’ voor medische condities op te stellen aan de hand van de symptomen en persoonlijke eigenschappen of kenmerken.

Welke dataset?

- Geanonimiseerd medische dossiers van het Maccabi Institute for Health Services,
- 670 miljoen patiënt bezoeken verslagen van Maccabi’s artsen, verzameld sinds 1993

Variabelen?

De demografische en medische data bevatten onder andere:

- Thuisconsultaties
- Hospitalisaties
- Aankoop van geneesmiddelen

- Laboratorium resultaten
- Bezoeken aan de arts (arts consultaties)

Ook zijn de volgende variabelen uit de data gehaald om te verwerken

- Medische diagnoses
- Persoonlijke kenmerken
- Demografische gegevens van de patiënten
- Medische voorgeschiedenis
- Ziekteverloop bij de huidige aandoening

Resultaat?

Het doel van het onderzoek was een computer trainen om een veel gezondheidsdata te kunnen begrijpen en aan de hand daarvan een middel te maken dat klanten of gebruikers eenvoudig kunnen gebruiken om meer te leren over hun gezondheid aan de hand van gelijkaardige gevallen bij mensen die hun demografische informatie, medische geschiedenis en het ziekteverloop van de huidige aandoening delen.

Hoe?

Het algoritme maakt gebruik van meerdere technieken. In eerste instantie is er data geanalyseerd met NLP, en daarna geclassificeerd aan de hand van Machine learning.

NLP

NLP wordt in het algemeen gebruikt om informatie te halen uit ongestructureerde nota's geschreven door de artsen. Er wordt gebruik gemaakt van gepatenteerde NLP tools van K-health en de gebruikelijkere NLP tools Word2Vec en TD-IDF.

Gepatenteerde NLP tools, ontwikkeld door K Health, wordt gebruikt om informatie af te leiden van ongestructureerde free-text geschreven door artsen uit Maccabi. Hierbij leert het algoritme symptomen en eigenschappen van symptomen te halen uit de visitatie tekst van arts nota's, hieronder valt ook het leren herkennen van negatieve symptomen. Word2Vec is gebruikt om gelijkaardige objecten te herkennen. TD-IDF is gebruikt om *features* te vinden die hoge correlatie hebben met bepaalde condities.

Classificatie

Meerdere classificatie algoritmes zijn gebruikt. O.a. een simpele Bayesiaanse netwerk classificeerder, logistische regressie modellen en een random-forest gebaseerde classificatie (hiervoor wordt als voorbeeld XG Boost genoemd) en neurale netwerken.

De classificeerders zijn binair en getraind op multi-label records om multi-label resultaten te produceren. Ze krijgen als input een vector van features(eigenschappen), met name de patient's medische geschiedenis, samen met het verslag van het huidige ziekteverloop. Hieruit wordt een output vector geproduceerd, met labels die de verdeling van de aandoeningen die andere patiënten met gelijkaardige achtergronden zouden hebben verkregen van de artsen.

Herkenning

Een machine learning algoritme maakt van de arts aantekeningen een set van symptomen, eigenschappen en waardes. Hierbij is het niet enkel dat het algoritme herkent wat een symptoom, zoals hoofdpijn, is, maar ook begrijpt wat de duur, ernst, lokalisatie en andere factoren het verschil tussen verschillende hoofdpijnen en bijbehorende symptomen kenmerkt. Hiermee is een medische ontologie gecreëerd dat tienduizenden symptomen en bijbehorende eigenschappen in zinnen kan herkennen. Deze stap werd eerst met de hand verwerkt, en daarna overgenomen door NLP, waarbij het NLP algoritme leerde de nieuwe verbindingen tussen al gedefinieerde symptomen met bijbehorende eigenschappen te herkennen.

Communicatie

De communicatie van de app gebeurt ook aan de hand van de machine. De machine leert *real-time* wat het het beste als vervolgvraag kan stellen zodat het de symptomen van de gebruikers kan begrijpen en tegelijkertijd levensbedreigende diagnoses kan uitsluiten en een goed overzicht en begrip kan krijgen over de gebruikers ziekte.

Opvolging

Aan het einde, als feedback, wordt er aan de gebruiker gevraagd of hij of zij de volgende drie zaken kan delen: Heeft de gebruiker contact heeft gehad met een arts, wat heeft de arts vastgesteld als diagnose en welke behandeling heeft de patiënt aan de hand daarvan ondergaan. Aan de hand van de feedback wordt een feedbackloop gecreëerd. Hiermee werkt het machine learning algoritme automatisch zijn eigen model, conversatiestijl en de aandoeningen aan de hand van de diagnose van de arts bij.

Creativiteit?

Categorie van de creativiteit

Er is hier sprake van transformationele creativiteit.

Wat maakt het creatief

Het machine learning algoritme blijft zichzelf aanpassen, dit . De aanpassing gebeurt aan de hand van de feedback dat het krijgt van de gebruikers. Dit gebeurt aan het einde van elke raadpleging van de applicatie.

Niveau van de aanpassing

De applicatie past het model aan, de conversatiestijl en de diagnoses die het geeft.

Creativiteit aan de hand van Boden

Er is hier sprake van transformationele creativiteit (zoals gedefinieerd door Boden) doordat de aanpassingen de zoekruimte zelf uitbreiden met het toevoegen van nieuwe diagnoses en symptomen.

Creativiteit aan de hand van Jennings

Er is geen sprake van creativiteit gebaseerd op de methode van Jennings waarbij 1) de veranderingen uit autonome analyse voort moeten komen en 2) zelf de veranderingen kan kiezen zonder verteld te krijgen hoe en wanneer dat moet gebeuren. Het voldoet wel aan punt 3 van Jennings waarbij het evaluatiesysteem van het systeem en de standaard-aanpassingen niet volledig willekeurig plaatsvinden.

Transformationele Creativiteit aan de hand van Xiao

Er is hier sprake van transformationele creativiteit aan de hand van de definitie voorgesteld in het onderzoek van Xiao door aanpassing van de eerder genoemde niveaus.

Categorisering AI en bijbehorende creativiteit aan de hand van de categorisering van XiaoC

In de applicatie wordt er verschillende manieren gemodelleerd.

Voor de tekstuele analyse is NLP tools, Word2Vec en TD-IDF gebruikt. Dit zijn Spatiële representaties volgens Xiao. Word2Vec en TD-IDF worden daarbij tot de subcategorie Vector Space Models gerekend.

Bij de classificatie wordt Machine Learning gebruikt en specifiek: een Bayesiaanse netwerk classifier, logistische regressie, random-forest algoritme en neurale netwerken. Neurale netwerken zijn connectionistische representaties.

Voor de herkenning wordt er een ontologie opgebouwd. Dit valt onder symbolische representaties.

Volgens Tabel 2 van Xiao, gebruiken spatiële representaties concept inductie en concept exploratie. In dezelfde tabel wordt aangegeven dat connectionistische representaties inductie, recycling en exploratie gebruiken en symbolische representaties gebruik maken van alle concept creatie methodes. De creativiteit die bij Machine Learning specifiek gebruikt wordt, wordt gezien als Concept inductie.

Hiermee gebruikt de applicatie die in dit onderzoek besproken wordt alle verschillende soorten creativiteit die Xiao beschrijft verspreid over verschillende stappen aan de hand van verschillend kunstmatig intelligente methodes. In het bijzonder voldoet de applicatie ook aan de eisen voor transformationele creativiteit die Xiao heeft beschreven.

Onderzoek 2

Onderzoeksgegevens

He L, Cao C. Automated depression analysis using convolutional neural networks from speech. J Biomed Inform. 2018;83:103–11.

Wat beschrijft het

Aan de hand van spraakanalyse wordt depressie gediagnosticeerd.

Kunstmatige intelligentie

Wat?

De applicatie maakt gebruik van Deep Convolutional Neural Networks (DCNN) om eigenschappen van spectrogrammen en onbewerkte spraak 'waveforms' te leren. Daarnaast wordt met de hand gekeken naar structuur analyses van de 'texture' genaamd median robust extended local binary patterns (MRELBP) vanuit de spectrogrammen. Vervolgens wordt de verdwenen informatie gecombineerd aan de hand van 'joint fine-tuning layers' die de analyses uit de ruwe data en spectrogram data combineren om zo te zorgen dat het programma zo accuraat mogelijk depressie kan vinden. Gezien er weinig data beschikbaar was, wordt voor het DCNN, dat zelf normaal gezien grotere steekproeven nodig heeft, ook een data augmentatie methode voorgesteld.

Welke dataset?

Dit onderzoek maakt gebruik van de AVEC2013 en de AVEC2014 depressie databases

De AVEC2013 databank gebruikt een deelverzameling van de audio-visuele depressief taalgebruik databank (AVDLC). Hierin zijn 340 videoclips zijn opgenomen van 292 personen. Voor de videoclips werden personen gefilmd tijdens het maken van 14 verschillende taken aan de computer. Hierbij werd elk een Beck Depression Inventory-II (BDI-II) score toegewezen.

AVEC2014 depressie databank.

Het AVEC2014 corpus is een deelverzameling van het AVEC2013 corpus. Deze bestaat uit de opnames van 2 verschillende mens-machine-interactie taken van de 14. Deze bevat 300 kortere videoclips.

Variabelen?

Niet alle gebruikte en gegenereerde variabelen worden duidelijk genoemd. Wel is het duidelijk dat er auditieve en visuele signalen gebruikt zijn, door vocale patronen eruit te filteren met behulp van het CNN. Daarnaast is er handmatig gebruik gemaakt van informatie over het *spectral*, *cepstral*, prosodie en de stemkwaliteit.

De depressie gemeten aan de hand van het BDI-II systeem dat de mate van depressie beoordeelt.

Resultaat?

Het doel van het onderzoek was om door de hand gelabelde eigenschappen en door de computer geleerde eigenschappen die bij depressie zouden horen op audiovisuele opnames te combineren om zo een algoritme te creëren die depressie kan herkennen met een preciezer resultaat dan bij

Hoe?

Er wordt op 2 manieren informatie verzameld voor het uiteindelijke algoritme.

Aan de ene kant worden er met de hand eigenschappen gedefinieerd en uit de dataset gehaald, Hierbij betreft het auditieve eigenschappen die systematisch zijn gedefinieerd aan

de hand van 'low level descriptors' (LLD) en een spectrogram analyse die met de hand wordt bekeken aan de hand van MRELBP.

Aan de andere kant wordt er informatie verzameld met behulp van deep learning. Hierbij worden er auditieve gegevens gehaald uit de dataset aan de hand van de openSMILE toolkit

Daarnaast worden er ook gegevens verzameld met betrekking tot de textuur voor het spectrogram. Deze wordt vervolgens ook direct geanalyseerd aan de hand van deep learning.

Uiteindelijk wordt het geheel gezamenlijk gepresenteerd aan *fine tuning* lagen die de uiteindelijke voorspellingen doen.

Dit gehele proces wordt weer gegeven in Figuur 1 van het onderzoek.

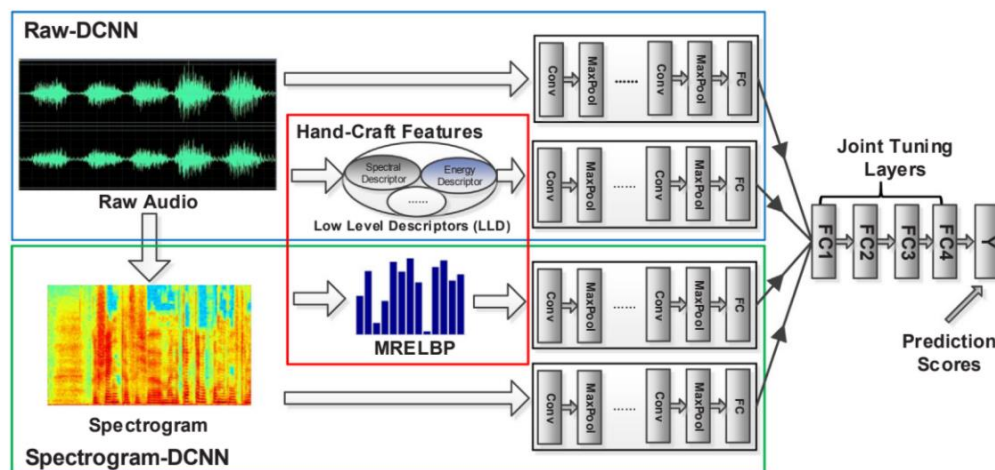


Fig. 1. Illustration of the proposed method for depression recognition using deep neural networks. The Raw-DCNN (Top) takes raw audio signals and low level descriptors (LLD) as input, while the Spectrogram-DCNN (Bottom) uses texture features as input. The red box in Fig. 1 is Hand-Crafted features. Other two arrows are Deep-Learned features. The predicted depression score is computed by aggregating or averaging the individual predictions per frame from four DCNNs. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

In the proposed method, we use the raw and spectrogram DCNN to model the characteristic information of depression. Moreover, we also proposed to adopt joint tuning layers, to combine the raw and spectrogram DCNN, which can improve the performance of depression recognition.

Creativiteit

Wat maakt het creatief

Het is creatief in het opzicht dat het 2 radicaal verschillende technieken combineert tot een nieuw geheel

Categorie van de creativiteit

Er is hier geen sprake van transformationele creativiteit. Er wordt wel gewerkt met het creëren van een soort van een nieuw soort algoritme. Echter is het ambigu hoe deze fine tuning daadwerkelijk plaatsvindt. De informatie die gegeven wordt suggereert dat het fine-tunen verder geen aanpassing levert aan het gehele systeem zelf, dit maakt het

onwaarschijnlijk dat er sprake is van transformationele creativiteit. Om dit definitief uit te kunnen sluiten is er meer informatie nodig over de fine-tune methode die in het artikel niet gegeven wordt.

Het resultaat van twee verschillende technieken samennemen duidt op concept combinatie

Niveau van de aanpassing

Door het samennemen van de verwerkingsmethoden past de applicatie zich aan ter hoogte van de zoekmethoden.

Creativiteit aan de hand van Boden

Er is hier sprake van combinatorische creativiteit (zoals gedefinieerd door Boden) doordat het bestaande onderdelen en ideeën op nieuwe manieren samenbrengt tot een nieuw object of in dit geval tot een nieuwe methode.

De aanpassingen breiden wel de zoekruimte zelf ook uit doordat de concepten die ze samenvoegen de zoekmethodes zelf zijn en ze daarbij een andere zoekmethode (dus concept) toevoegen. Hierbij kan er tevens sprake zijn van transformationele creativiteit maar dit komt niet duidelijk naar voren in het onderzoek.

Ook is er sprake van exploratieve creativiteit bij de zoekmethodes an sich (er wordt gezocht aan de hand van abstractere zoekmechanismes)

Creativiteit aan de hand van Jennings

Er is wel/geen sprake van creativiteit gebaseerd op de methode van Jennings waarbij 1) de veranderingen uit autonome analyse voort moeten komen en 2) zelf de veranderingen kan kiezen zonder verteld te krijgen hoe en wanneer dat moet gebeuren. Het voldoet wel aan punt 3 van Jennings waarbij het evaluatiesysteem van het systeem en de standaard-aanpassingen niet volledig willekeurig plaatsvinden.

Transformationele Creativiteit aan de hand van Xiao

Er is hier voor zover zichtbaar geen sprake van transformationele creativiteit aan de hand van de definitie voorgesteld in het onderzoek van Xiao door aanpassing van de eerder genoemde niveaus.

Categorisering AI en bijbehorende creativiteit aan de hand van categorisering van XiaoC

Er is sprake van een deep neural network. Bij Xiao et al. valt dit onder een connectionistische representatie. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van concept inductie, recycling en exploratie.

Onderzoek 3

Onderzoeksgegevens

Gjoreski M, Luštrek M, Gams M, Gjoreski H. Monitoring stress with a wrist device using context. *J Biomed Inform.* 2017;73:159–70.

Wat beschrijft het

Het onderzoek beschrijft een stress detector aan de pols (Empatica polsband) die elke 20 minuten uitspraken kan doen over de stress die door de gebruiker ervaren wordt.

Dit doet het aan de hand van drie algoritmes die kijken naar de korte-termijn stress elke 2 minuten, de informatie die vooraf bekend is en wat er bekend is over de omgeving.

Kunstmatige intelligentie

Kunstmatige intelligentie speelt bij deze polsband een rol voor de suggesties. Het algoritme wordt getraind op vooraf bestaande laboratorium gegevens en gebruikt verder de informatie die geëvalueerd wordt vanuit de pols en kennis over de omgeving

Wat?

De applicatie maakt gebruik van drie verschillende machine learning componenten. Ten eerste is er een algoritme dat getraind wordt op laboratorium data en elke 2 minuten meet hoeveel korte-termijns stress er plaatsvindt. Ten tweede is er een activiteit herkenner die continu de gebruikers activiteit herkent en aan de hand daarvan informatie kan geven over de omgeving van de gebruiker. Ten derde is er een stress detector die zich op de omgeving baseert en de gegevens die de voorgaande twee methoden opleveren gebruikt. Aan de hand van deze drie algoritmes kan de polsband elke 20 minuten uitspraken doen over de stress die gebruikers ervaren.

Welke dataset?

De polsband geeft fysiologische data
BVP data extracted from a PPG (Photoplethysmography) sensor for which they use a proprietary algorithm.

Variabelen?

Four Short STAI-Y anxiety questionnaires [26] were filled by each participant: before the experiment (1), and after the easy (2), medium (3) and hard session (4).

Bij de eigenschappen verwerving:

Fysiologische variabelen uit de polsband zijn omgezet naar eigenschappen die gebruikt werden bij analyse. Hiervoor zijn met name BVP gegevens gebruikt, die verkregen zijn uit een *photoplethysmography* sensor

- Statistische eigenschappen: de standaarddeviatie, percentielscores, interquartile scores
 - Verwerkt aan de hand van een gepatenteerd algoritme
- Hartritme data, waarvan de statistiek is gebruikt zijn
- Individuele hartslag, ook geanalyseerd aan de hand van een gepatenteerd algoritme
- Huidtemperatuur data, waarvan de statistiek is gebruikt

2 elektroden hebben EDA signalen opgeleverd. Wat heeft geleid tot variabelen m.b.t. De geleiding van de huid

- Huidgeleiding
 - Statistische eigenschappen

Ook heeft de polsband een 3-as versnellingsmeter. Deze werd gebruikt om het algoritme te leren bepaalde activiteiten te herkennen. Deze is niet in de experimentele fase getoetst aan de deelnemers.

- Ligen, zitten, staan, lopen, rennen en fietsen.

Tijdens het dragen zelf hebben participanten de *Ecological Momentary Assessment* ingevuld, met gegevens om de contextuele eigenschappen duidelijk te hebben.

Resultaat?

Het doel van het onderzoek was een methode ontwikkelen die accuraat, continu en non-invasief psychologische stress kan meten in een 'real-life' situatie.

Hoe?

Het programma verkrijgt de onbewerkte gegevens van de polsband, daarna vindt er het verkorten van de stukken data plaats, opgevolgd door filtering, eigenschappen verwerving, eigenschappen selectie, het trainen van het model en evaluatie. Dit is grafisch weergegeven in figuur 1 van het onderzoek(bijgevoegd)

Segmentatie

De gegevens worden in kleinere stukken verdeeld zodat eigenschappen van de stukken herkend kunnen worden

Filteren & eigenschappen verwerving:

De methoden voor het filteren zijn gekoppeld aan het soort gegevens (BVP en EDA signalen vereisen verschillende filter-technieken).

Fysiologische variabelen uit de polsband zijn omgezet naar eigenschappen die gebruikt werden bij analyse. Hiervoor zijn met name BVP gegevens gebruikt, die verkregen zijn uit een *photoplethysmography* sensor. Huid geleidings data (EDA signalen) aan de hand van huidsensoren zijn meegenomen. Ook heeft de polsband een temperatuurmeter die de temperatuur eigenschappen verwierf en een 3-as versnellingsmeter. Deze werd gebruikt om het algoritme te leren bepaalde activiteiten te herkennen. Deze is niet in de experimentele fase getoetst aan de deelnemers.

Eigenschappen selectie

Bij het selecteren van de eigenschappen is er allereerst gezorgd dat de eigenschappen geordend werden aan de hand van de bruikbaarheid. Daarna zijn correlatiecoëfficiënten berekend tussen eigenschappen. Vervolgens zijn verschillende deelverzamelingen van eigenschappen getoetst aan de methode die normaal gebruikt wordt om zo de beste deelverzameling van eigenschappen eruit te krijgen. Bijzonder is dat het algoritme zelf de beste deelverzameling bepaalt en toont aan de gebruiker.

Training van het model:

Verschillende algoritmes zijn met elkaar vergeleken, hiervoor heeft dit onderzoek de WEKA machine-learning toolkit gebruikt. Algoritmes die vergeleken zijn, zijn onder andere: *Majority classifier*, *J48*, *Naive Bayes*, *KNN*, *SVM*, *Bagging*, *Boosting*, *Random Forest* en *Ensemble Selection*. Deze laatste heeft een aantal van voorgaande algoritmes gecombineerd.

Evaluatie:

Resultaten van de algoritmes zijn geanalyseerd aan de hand van de gebruikelijke statistische uitkomsten (de juistheid, de precisie, de *recall* en de F1 score).

Stress detectie in het lab.

De stress detectie in het laboratorium ging aan de hand van een stress detector, een activiteit herkende classificator en een context-gebaseerde stress detector.

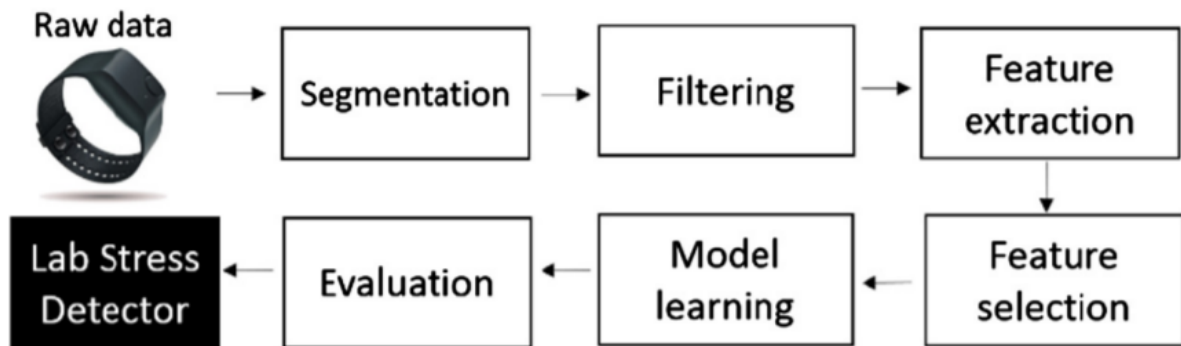


Fig. 1. Laboratory learning method for the stress detector.

De context-gebaseerde stress detector gebruikte de al verkregen gegevens om uiteindelijk de stress te detecteren.

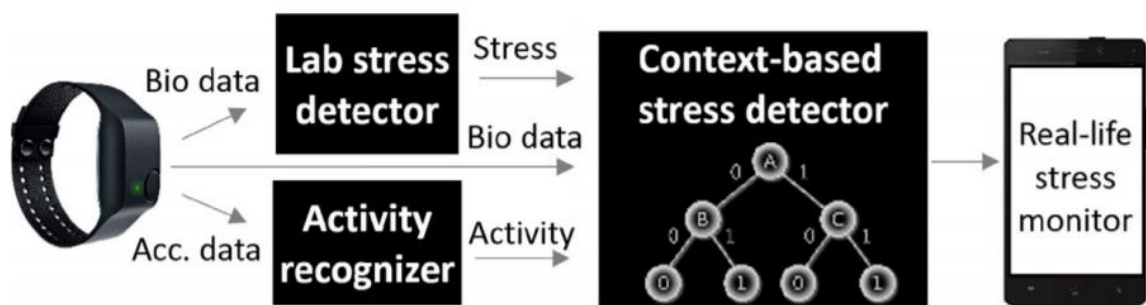


Fig. 8. Context-based method for stress detection in unconstrained environments (real life).

Creativiteit

Wat maakt het creatief

Het feit dat de eigenschappen selectie geautomatiseerd is, is een creatieve toevoeging aan het geheel van machine learning. Zo is er een algoritme geschreven dat vanuit de featuresets de beste featureset teruggeeft.

Categorie van de creativiteit

Er is hier mogelijk sprake van *transformationele* creativiteit.

Niveau van de aanpassing

De applicatie past zelf de keuze voor featureset aan

Creativiteit aan de hand van Boden

Er is hier sprake van transformationele creativiteit (zoals gedefinieerd door Boden) doordat de aanpassingen de zoekruimte zelf aanpast doordat het zelf de gebruikte features kan kiezen.

Creativiteit aan de hand van Jennings

Er is geen sprake van creativiteit gebaseerd op de methode van Jennings. Immers kan het systeem niet autonoom zichzelf evalueren, geen veranderingen kiezen zonder verteld te

krijgen hoe en wanneer dat moet gebeuren. Wel vinden de evaluatie van het systeem en de standaard-aanpassingen niet volledig willekeurig plaats.

Creativiteit aan de hand van Xiao

Er is hier geen sprake van transformationele creativiteit aan de hand van de definitie voorgesteld in het onderzoek van Xiao door aanpassing van de eerder genoemde niveaus.

Categorisering AI aan de hand van categorisering van XiaoC

Er wordt in dit onderzoek veel gebruik gemaakt van machine learning. Over het algemeen betekent dit dat er met name sprake is van concept inductie en dan specifiek concept leren

Onderzoek 4

Onderzoeksgegevens

Mozos OM, Sandulescu V, Andrews S, Ellis D, Bellotto N, Dobrescu R, e.a. Stress Detection Using Wearable Physiological and Sociometric Sensors. *Int J Neural Syst.* maart 2017;27(2):1650041.

Wat beschrijft het

Een draagbare stress detector, die voorspellingen kan doen over de huidige stresservaring en de stresservaring in de nabije toekomst aan de hand van fysiologische en sociometrische sensoren.

Kunstmatige intelligentie

Wat?

De applicatie maakt gebruik van vier verschillende classificatoren die uiteindelijk vergeleken worden met elkaar: SVM met een RBF kernel, SVM met een lineaire kernel, AdaBoost en het K-nearest neighbour algoritme.

Welke dataset?

Data van 18 deelnemers die deel hebben genomen aan een STAI vragenlijst en een gestandaardiseerde stress inducerende experiment. Hierbij is gebruik gemaakt van de Trier Social Stress Test (TSST), waarbij zowel publiek spreken als andere cognitieve taken aan bod komen die de deelnemers een hogere cognitieve lading doen ervaren.

Bijkomend is er ook data genomen van een dag waarop de deelnemer ontspannen was. Tijdens het experiment waren er elektroden aangebracht op de vingers van proefpersoon als sensor, deze hebben de elektrodermale activiteit (EDA), de *photoplethysmogram*(PPG) en het hartritme variabiliteit (HRV) gemeten.

Variabelen?

Voor elke deelnemer is genoteerd hoeveel stress hij of zij heeft ervaren en hoeveel de deelnemer zich normaal voelde.

In het algemeen zijn er heel veel variabelen gemeten : onder andere de lichaamsbeweging: beweging, activiteit, snelheid. Houding: activiteit, snelheid, beweging, verschillende hoeken, spraak, stilte, stemvolume, volume consistentie, frequentie, amplitude, pitch, pitch volume. Daarnaast is er bij elke specifieke taak ook meetdata opgeslagen.

Resultaat?

Het doel van het onderzoek was om te kijken of het gebruiken van machine learning bruikbare voorspellingen kon doen over het huidige stressniveau. Alle vier de classificatie methodes hebben hoge accuratie, precieze voorspellingen gedaan, ook met een hoge *f-measure*. Opvallend is dat

Hoe?

In dit onderzoek gebruiken ze CFS op elke individuele dataset. Zo selecteren ze de beste eigenschappen voor elke participant apart. De data die daarbij van belang blijft wordt dan vervolgens gebruikt om individuele classificeerders te trainen. Vervolgens worden die gebruikt voor 2 soorten SVM classificeerder en een K-nearest neighbour classificeerder. Daarnaast wordt de data ook een ada-boost classificeerder getraind, daarvoor zijn geen individuele classificeerders nodig.

Wat maakt het creatief

Het creatieve in deze applicatie is dat er verschillende parameters gebruikt worden, die vervolgens ook nog gecombineerd moeten worden

Categorie van de creativiteit

Er is hier geen sprake van transformationele creativiteit, wel kan er sprake zijn van combinatorische creativiteit (zoals gedefinieerd door Boden) doordat het bestaande onderdelen en ideeën op nieuwe manieren samenbrengt in een geheel (de zoekmethododes samenvoegen)

Niveau van de aanpassing

De applicatie past zelf de keuze voor featureset/eigenschapsset aan

Creativiteit aan de hand van Boden

Wel kan er gesproken worden van combinatorische creativiteit ter hoogte van de zoekmethododes zelf (het samenvoegen daarvan)

Creativiteit aan de hand van Jennings

Er is geen sprake van creativiteit gebaseerd op de methode van Jennings. Immers kan het systeem geen autonome analyse doen plaatsvinden, geen veranderingen kiezen zonder verteld te krijgen hoe en wanneer dat moet gebeuren. Ook vindt geen computationele evaluatie van het systeem plaats.

Creativiteit aan de hand van Xiao

Er is hier geen sprake van transformationele creativiteit aan de hand van de definitie voorgesteld in het onderzoek van Xiao door aanpassing van de eerder genoemde niveaus.

Categorisering AI aan de hand van categorisering van Xiao

Er wordt in dit onderzoek met name veel gebruik gemaakt van machine learning aan de hand van een SVM, KNN en Ada-Boost. Over het algemeen betekent dit dat er met name sprake is van concept inductie en dan specifiek concept leren

Onderzoek 5

Onderzoeksgegevens

Toward a motor signature in autism: Studies from human-machine interaction J. Xavier a,b,* , H. Guedjoub, S.M. Anzalonec, S. Boucenna b, E. Guigonb, M. Chetouani b, D. Cohena,b

Wat beschrijft het

Het onderzoek exploreert de motorische aspecten van de Autisme Spectrum Stoornis. Er wordt gebruik gemaakt van computationeel modelleren en de ontwikkeling van een robot aan de hand van mens-robot interactie. Dit doet het door twee verschillende onderzoeken gezamenlijk in één paper te presenteren.

Het eerste onderzoek dat beschreven wordt onderzoekt mens-robot houdings imitatie. In dit onderzoek hebben ze de impact van 3 verschillende groepen kinderen op robot leren aan de hand van imitatie onderzocht met drie verschillende deelonderzoeken. Na het robot leren hebben de kinderen deelgenomen aan een taak waarbij de interpersoonlijke synchronisatie, motor coördinatie en de motorcontrole werd geobserveerd.

In het tweede onderzoek wordt een meer dynamische motor imitatie onderzocht met een koorddans avatar.

Kunstmatige intelligentie

Wat?

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van een sensorische motor architectuur met behulp van een neurale netwerk dat leert door imitatie, identiteitsherkenning en houding herkenning.

Dit is een heel netwerk aan neurale netwerken geïmplementeerd in een robot systeem 'Nao' dat wat het ziet aan motorhandelingen koppelt. Met de deelnemers heeft het 5 verschillende houdingen nagedaan. Zodat daaruit de kenmerkende bewegingen van individuele kinderen herkend konden worden.

Welke dataset?

Aan de hand van verschillende kleinere onderzoeken wordt het grote onderzoek gedaan. Over het algemeen is er een dataset met meetresultaten van een drie groepen kinderen en de robot interactie.

Variabelen?

De groepen kinderen:

- De eerste groep was een groep kinderen met een normale ontwikkeling
- De tweede groep had een ontwikkelingsstoornis op het gebied van coördinatie
- De derde groep zat op het autisme spectrum stoornis.

In het eerste onderzoek werd gelet op: imitation learning, posture and identity recognition

In het tweede onderzoek is er eerder een rol voor
Met een RGB sensor werd het imitatie van gedrag geevalueerd.

Resultaat?

Het doel van het onderzoek was te achterhalen of de imitatie van gedrag dat een avatar vertoont lastiger is voor ASS kinderen ten opzichte van het gedrag van kinderen met coördinatie stoornissen of kinderen zonder problemen.

Het onderzoek heeft uitgewezen dat kinderen met ASS inderdaad meer moeite hebben op het gebied van interpersoonlijke synchronie, motorcoördinatie en motorcontrole.

Hoe?

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van een sensorische motor architectuur met behulp van een neurale netwerk dat leert door imitatie, identiteitsherkenning en houding herkenning.

Het deel van het neurale netwerk dat de imitatie leert herkennen bestaat uit een Visuele eigenschappen neuraal netwerk (VF-NN) , een interne staat robot neuraal netwerk (RIS-NN), een neuraal netwerk dat de interne staat voorspelt (ISP-NN) en het gedrag van de robot koppelt aan wat de robot ziet, een korte termijns neuraal netwerk (STM-NN)

Om de identiteit te kunnen herkennen werd de VF-NN ook gekoppeld met een nieuwigheden herkende detector (ND), die op diens beurt gekoppeld is aan een identiteit herkendend neurale netwerk (IR-NN). De ND bevat een zelf-evaluerend mechanisme dat de Robot toestaat een nieuwe partner te herkennen, oftewel iets nieuws te herkennen aan de hand van de visuele input.

Het interessante hierin is dat de robot in staat is een eerder ontmoette menselijke partner opnieuw te herkennen na de leerfase, aan de hand van bepaalde kenmerkende sociale handelingen (houdingen of gezichtsuitdrukken)

Om de houding te kunnen herkennen werd er ook een apart neuraal netwerk (PR-NN) ingezet.

Creativiteit?

Categorie van de creativiteit

Er is hier sprake van transformationele creativiteit.

Wat maakt het creatief

Het machine learning algoritme blijft zichzelf aanpassen tijdens de leerfase. Met name het leren herkennen van nieuwe handelingen en nieuwe personen treedt plaats.

Niveau van de aanpassing

De applicatie past zijn classificatie categorieën aan.

Creativiteit aan de hand van Boden

Er is hier sprake van transformationele creativiteit (zoals gedefinieerd door Boden) doordat de aanpassingen de zoekruimte zelf uitbreidt door nieuwe handelingen en personen toe te voegen aan de al bestaande handelingen en personen.

Creativiteit aan de hand van Jennings

Het voldoet aan punt één van de definitie van creativiteit van Jennings, waarbij de veranderingen uit autonome analyse moeten voortkomen. Het is onduidelijk of het voldoet aan punt twee waarbij het verteld krijgt over hoe en wanneer de veranderingen plaats moeten vinden, maar het is waarschijnlijk van niet. Het voldoet wel aan punt drie van Jennings, gezien de evaluatie van het systeem en de standaard aanpassingen niet volledig willekeurig plaatsvinden.

Transformationele Creativiteit aan de hand van Xiao

Er is hier sprake van transformationele creativiteit aan de hand van de definitie voorgesteld in het onderzoek van Xiao door aanpassing van de eerder genoemde niveaus.

(NIVEAUS UITGEBREIDER NEERZETTEN?)

Categorisering AI en bijbehorende creativiteit aan de hand van de categorisering van XiaoC

Er wordt in het onderzoek met name gebruik gemaakt van neurale netwerken.

Neurale netwerken zijn connectionistische representaties. Hierbij wordt volgens Xiao et al. gebruik gemaakt van concept inductie, recycling en exploratie.