

1

# MEMO RAD

JAARGANG 26 - NUMMER 1 - VOORJAAR 2021

**MET ONDER MEER:**  
AI & DE OPLEIDING  
IMPLEMENTATIE  
VAN AI  
BEKOSTIGING VAN AI  
JURIDISCHE ASPECTEN  
... EN NOG VEEL MEER!



THEMANUMMER **AI**



Nederlandse Vereniging voor  
**Radiologie**

**RAPID  
OCCLUSION<sup>1</sup>**

**MICROCATHETER  
DELIVERABILITY\***

**SMOOTH  
NAVIGATION<sup>1</sup>**

**RELIABLE  
DETACHMENT<sup>1</sup>**

**MVP™**  
Micro Vascular  
Plug System



\*MVP-3 & MVP-5 devices only.

**Reference**

<sup>1</sup> Medtronic data on file.

Indications, contraindications, warnings, and instructions for use can be found in the product labeling supplied with each device. Results may vary. Not all patients achieve the same results.

[medtronic.com/mvpGlobal](https://www.medtronic.com/mvpGlobal)

UC202013547EE ©2020 Medtronic. All rights reserved. Medtronic, Medtronic logo, and Further, Together are trademarks of Medtronic. All other brands are trademarks of a Medtronic company. Not for distribution in the USA or France. 03/2020

**Medtronic**  
Further, Together

# INHOUD

Ten geleide – Paul Algra en Merel Huisman	4
Voorzitterscolumn – Mathias Prokop	5

## SPECIAL AI

<b>De kip of het AI? Visie van het Concilium Radiologicum op AI in de opleiding radiologie</b> – Roel Bennink	7
<b>Een eenvoudige introductie van AI en enkele voorbeelden uit de nucleaire geneeskunde</b> – Ronald Boellaard	8
<b>Visie van de sectie techniek: Bouwen aan morgen</b> – Onno Vijlbrief	12
<b>Ervaringen longmodulemanagement in de Noordwest Ziekenhuisgroep</b> – Suzanne Tol, Maarten van de Weijer en Floris Rietema	14
<b>Implementation stories: lessons learned in NWZ hospital</b> – Mohammad H. Rezazade Mehrizi en Paul Algra	17
<b>Hoe AI kan bijdragen in de neuroradiologie aan efficiëntie en verhoging van kwaliteit</b> – Elmer Naaktgeboren, Pieter Buijs en Wenzel van Ommen	19
<b>AI in de neuroradiologische praktijk: een aanzienlijke verbetering</b> – Marion Smits	21
<b>Beelden, tekst of hybride? Deep learning in de radiologie</b> – Allard Olthof	23
<b>Opties voor formele bijscholing in AI</b> – Paul Ousema	25
<b>Commissie onderwijs: AI in de opleiding radiologie</b> – Peter van Ooijen en Tim Leiner	26
<b>Van tekentafel tot kliniek: AI in het HAGA-ziekenhuis</b> – Herma Holscher, Dennis Kies en Peter Mook	28
<b>AI en borstkankerscreening: het ei van Columbus</b> – Jonas Teuwen en Ritse Mann	30
<b>Jeroen Bosch Ziekenhuis: veel facetten van belang voor succesvolle implementatie</b> – Matthieu Rutten en Tijs Samson	32
<b>De impact van AI op de radiologische workflow van de MBB'er</b> – Willem Grootjans, Joost Roelofs en Stephan Romeijn	36
<b>VWS ziet AI als hulpmiddel voor de juiste zorg op de juiste plek</b> – Annemieke Nennie	40
<b>Update van de rol van AI bij covid-19</b> – Laurens Topff	42
<b>Project om kennishiaten MBB'ers te dichten</b> – Harmen Bijwaard	44
<b>AI in de thoraxradiologie: het huidige spectrum aan toepassingen</b> – Steven Schalekamp en Kicky van Leeuwen	45
<b>Werkgroep Gezondheid en Zorg wil waardevolle AI-projecten snel opschalen</b> – Pieter Jeekel	48

<b>'Databeschikbaarheid organiseren is niet sexy, maar wel hard nodig'</b> – Eline Wester, Leone Flikweert en Henk Hutink	49
<b>Interview over de praktijkervaringen met Aidence in het St. Antonius Ziekenhuis</b> – Lucianne Langezaal, Wouter van Es en David Meek	51
<b>Elektronische gegevensuitwisseling als aanjager van tijdswinst, minder fouten en meer overzicht</b> – Carla Meeuwis en Lidy Wijers	53
<b>Zorgverzekeraars Nederland: 'Samen bepalen waar AI effectief is'</b> – John Rijdsdijk, Tjerk Heijmens Visser, Dennis Japink, Relinde de Beer, Arianne van Lavieren en Niels van Gorp	56
<b>Zo integreren Vlaamse radiologen AI in de praktijk</b> – Nina Watté, Tana Mwawé, Fien Trenson, Xaxier Hoste en Luc van den Hauwe	58
<b>Klinisch wetenschappelijke aspecten van de toegevoegde waarde van AI</b> – Jan-Jaap Visser, Kicky van Leeuwen en Merel Huisman	60
<b>AI in het ziekenhuis: hoe zit dat juridisch?</b> – Erik Vollebregt	62
<b>Ontwikkelingen inzake financiering van AI voor radiologie</b> – Erik Ranschaert, Gerlof Bosma en Paul Algra	64

## INGEZONDEN

<b>Tips van de redactie</b>	22 en 35
<b>Waarnemingen in Suriname</b>	39
<b>Uitreiking Frederik Philipsprizen</b>	57
<b>Proefschrift: heartbeat-to-heartbeat</b> – Maaike van den Boomen	69
<b>Ontwerp Daniel den Hoedbrug bekend</b>	70

## PERSONALIA

<b>Nieuw in de redactie: Joy Vroemen</b>	6
<b>Merel Huisman in redactie Radiology: Artificial Intelligence</b>	6
<b>EuroMinnie awards voor Nederlandse radiologen</b>	18
<b>In Memoriam: Joris F.M. Panhuysen</b> – Jos van Engelshoven, Gerd Rosenbusch, Kees Simon, Kees Vellenga en Frans Zonneveld	71
<b>Winklermedaille voor radiologen MR CLEAN-studie</b>	74
<b>Tante Bep</b>	74

## MEDEDELINGEN

<b>NVvR: nieuw proces richtlijnautorisatie</b>	6
<b>Historisch Hoekje 2015-2020</b>	63
<b>Jaarkalender NVvR</b>	75
<b>Congressen &amp; Cursussen</b>	75
<b>Colofon</b>	75

## Ten geleide



Paul Algra



Merel Huisman

Voor u ligt het themanummer Artificial Intelligence, een vervolg op het najaarsnummer van 2017. Er is sindsdien ontzettend veel gebeurd. Daarom presenteert de redactie van MemoRad met trots deze editie als een ‘dubbeldik’ bewaarnummer.

In vier jaar hebben de eerste *narrow* toepassingen hun weg van de academie naar de periferie gevonden. Zo leest u in deze editie ervaringen met implementatie van ziekenhuizen als de Noordwest Ziekenhuisgroep, het St. Antonius, het Elisabeth TweeSteden-ziekenhuis, het Jeroen Bosch Ziekenhuis, het Haga-ziekenhuis en het Bravis-ziekenhuis. Gezien de vele – en vast niet complete – ervaringen, kunnen we in elk geval stellen dat AI van het ‘innovators-stadium’ naar het *early adopters*-stadium is verschoven en nu onderweg is de kloof naar de *early majority* te overbruggen. De algehele tendens van het nummer is focus op zowel samenwerking als ‘zelf de weg bepalen als radioloog’. Met andere woorden ‘maak je eigen beroep’ zoals we dat kennen van ‘maak je eigen opleiding’.

AI wordt vooral ingezet ter kwaliteitsverbetering, hoewel het ook ten dienste kan staan voor het verbeteren van efficiency. Betere kwaliteit wil iedereen en als we efficiënter kunnen werken, komt er tijd vrij voor werkzaamheden die ten goede komen aan de zorg. Denk aan meer tijd voor multidisciplinaire besprekingen, het nascholen van huisartsen of deelname aan beleidsoverleggen. Dubbele winst dus.

Overigens blijkt het in de praktijk nog niet

zo makkelijk om AI in te voeren. Er zijn strubbelingen van allerlei aard, variërend van privacy, technische beslommingen en op financieel gebied. Dat AI dus een multidisciplinaire aanpak vergt – in zo breed mogelijke zin – behoeft geen betoog.

Daarom komen in dit nummer ook partijen aan het woord als Zorgverzekeraars Nederland, het ministerie van VWS, kennisorganisatie Nictiz en het publiek-private samenwerkingsverband Nederlandse AI Coalitie.

Dat AI breder toepasbaar is dan alleen op afbeeldingen, beschrijft het artikel over Natural Language Processing (NLP). Daarnaast is er aandacht voor scheppende randvoorwaarden, denk aan het kostenaspect en toegevoegde waarde in de kliniek. Verder is het wachten op dat de beroepsgroep, maar ook het Zorginstituut dat over de vergoeding gaat, AI als kwaliteitseis stellen. Immers, er wordt niet voor niets gezegd: *algorithms are the new drugs in medicine*. Hoewel je hierbij de kanttekening kunt plaatsen of AI niet eerder een medisch hulpmiddel is. Over die juridische discussie en implicaties is de bijdrage van advocaat Erik Vollebregt lezenswaardig.

De juristerij kan vertragend werken op de implementatie van AI, denk bijvoorbeeld aan aspecten privacy en cybersecurity die moeten worden geregeld, maar soms ook

versnellend. In de VS gaan bijvoorbeeld steeds meer stemmen op AI als beschermer voor aansprakelijkheidskwesties<sup>1</sup> op te nemen. In de VS is ook al een betaalmodeel voor gebruik van AI, zo leest u in het artikel over de bekostiging van AI op pagina 64.

Het is in ieder geval goed te zien dat AI nu een structureel onderdeel van de opleiding radiologie en MBB-opleiding is geworden. En voor wie zich graag (verder)

### ‘Het is nu wachten tot AI een kwaliteitseis wordt’

wil verdiepen in AI, zijn er gelukkig talloze (vaak gratis) cursussen en opleidingen<sup>2</sup>. Paul Ousema en Allard Olthof geven hier in hun bijdragen handige tips en adviezen voor.

Kortom, AI doet zijn intrede misschien langzamer dan verwacht in 2017, maar voor we het weten is het toch opeens alledaagse realiteit geworden. ■

**Paul Algra en Merel Huisman**

#### Literatuur

1. Tobia K., Nielsen A., Stremitzer A. When Does Physician Use of AI Increase Liability? (2021). *Journal of Nuclear Medicine*.
2. Schuur, F., Rezazade Mehrizi, M.H. & Ranschaeft, E. (2021). Training opportunities of artificial intelligence (AI) in radiology: a systematic review. *Eur Radiol*.

## COLUMN

## AI: bevrijding of bedreiging?

Het thema artificiële intelligentie is een hot topic. AI voorspelt voor sommigen van ons bevrijding van saai repetitief werk, maar wordt ook gezien als een mogelijke bedreiging die ons vak overbodig maakt. Zeker is dat AI een exponentiële technologie is; de groei in performance van AI neemt jaarlijks toe, en het zou me verbazen als dit niet parallel loopt met *Moore's law*: elke twee jaar een verdubbeling.



**A**ls mensen zijn wij erg slecht in staat om exponentiële processen te begrijpen: intuïtief overschatten we aan het begin wat er gaat gebeuren of nemen een exponentieel veranderende gebeurtenis niet serieus, en onderschatten het effect op lange termijn (zie de exponentiële groei van de twee coronagolven). De groei is, net als bij covid-19, te remmen of te versnellen door ingrepen in het proces.

Ons vak is gebaseerd op beelden en daarom uitermate geschikt voor toepassing van AI voor beeldanalyse. AI voor beeldanalyse heeft veel potentie, maar vormt ook de basis voor twijfels en zorgen, terwijl AI bij beeldacquisitie en -reconstructie mogelijk nieuwe artefacten oplevert, maar vooral behulpzaam en weinig bedreigend is.

Weinig AI-systemen zijn momenteel goed genoeg om zonder supervisie door een radioloog toe te passen. Automatische bepaling van de botleeftijd is een voorbeeld waar het wel kan. Hier is het systeem beter dan radiologen en hoeft de radioloog alleen maar te kijken naar additionele bevindingen, bijvoorbeeld een dysplasie. Voor bijna alle andere toepassingen is er een controle-, correctie- en acceptatiestap nodig die niet makkelijk in onze PACS-workflow te integreren valt.

Beelden die zonder supervisie naar PACS gestuurd worden, kunnen tot verwarring leiden: bijvoorbeeld onnodige acties triggeren of, als de radioloog een bevinding afwijst die later toch reëel was, leiden tot problemen met aansprakelijkheid. Hier

is echter nog weinig ervaring mee. Ook schaalbaarheid vormt een issue: drie of vijf programma's zijn goed te onthouden, maar twintig of vijftig vormen een probleem met training, onderhoud en bekostiging.

Financiering is een ander punt. Om vergoeding te krijgen is bewijs nodig dat AI de uitkomst van de zorg verbetert. Nationale en internationale samenwerking en de juiste studies zijn nodig om dit te kunnen doen. Anders blijft alleen de financiering door efficiencywinst: de extra kosten van AI per verrichting moeten dan lager zijn dan de (tijd)winst door inzet van AI. Persoonlijk denk ik dat voor vele AI-toepassingen het aanbod aan verrichtingen per ziekenhuis te klein is om deze efficiencywinst te kunnen behalen. Daarom is een samenwerking over ziekenhuizen heen waarschijnlijk de oplossing om AI kostenefficiënt te kunnen gebruiken. Als bestuur van de NVvR willen we ons inzetten om randvoorwaarden te creëren voor zo'n *cross-hospital workflow*.

De rol van de radioloog gaat door AI veranderen. Nu nog hebben we invloed in welke richting. AI kan gebruikt worden om de bovengenoemde efficiencywinst te behalen. Als wij deze winst uitkeren of (laten) afromen en niet in de toekomst investeren, wordt steeds meer van ons vak geautomatiseerd zonder dat er iets voor in plaats komt. Onze toegevoegde waarde is in het begin nog de controle van de AI-systemen, maar gezien de exponentiële verbeteringen, is dit een eindig proces. Als wij alleen hierop focussen, gaat ons vak op termijn lijken op de laboratoriumgeneeskunde: er zijn erg weinig specia-

listen nodig met veel technische kennis om de systemen draaiende te houden en soms in te grijpen, maar verder loopt alles bijna vanzelf. Dit is jammer van al onze expertise en onze mensen. Het is een scenario dat ik niet omarm en wil voorkomen.

Een ander scenario is dat klinici zelf AI gebruiken om onze beelden te interpreteren. Dit lijkt in het begin attractief, bijvoorbeeld voor onze diensten, waarbij wij AI 's nachts de beelden laten interpreteren en in de ochtend een rapport schrijven. Echter, dan is onze input mosterd na de maaltijd en komt vroeger of later de vraag wat onze toegevoegde waarde in dit proces is en waarom wij hiervoor een vergoeding vragen. Dus, hoe attractief dit ook lijkt, ligt mijn voorkeur op een samenwerking tussen vakgroepen en ziekenhuizen om direct de radioloog in het klinische proces te betrekken (idealerweise samen met AI), maar dat wij de touwtjes en expertise in handen blijven houden.

Mijn voorkeursscenario is dat wij AI gebruiken om ruimte te creëren voor vernieuwing van ons vak en zinvolle herziening van onze taken. Naast een goed inkomen lijkt me het meest belangrijk dat wij ons werk leuk en uitdagend vinden en dat ons werk de zorg beter, persoonlijker en betaalbaarder maakt. Hier kan ons AI bij helpen, maar wij zelf moeten de weg bepalen. In dit themanummer van MemoRad kunt u daarvoor inspiratie opdoen. ■

**Mathias Prokop**

## Even voorstellen: nieuw redactielid Joy Vroemen

Ontzettend leuk om benaderd te zijn voor een plek in de MemoRad-redactie. Ik denk dat het in deze tijd extra belangrijk is om met elkaar in verbinding te blijven. De MemoRad is daar een geweldig platform voor (met een oplage van 2.150!). Ons vak blijft elk jaar mooier worden met de nieuwste ontwikkelingen, dus laten we elkaar op de hoogte houden van de mogelijkheden.

Mijn naam is Joy Vroemen, mammaradioloog en fellow abdomen in het Meander Medisch Centrum met ook een voorliefde voor MSK door eerder promotieonderzoek naar 3D-beeldvorming in de polschirurgie. Ik wil als dokter vooral mensen beter maken, dat is het hogere doel. Maar daarnaast krijg ik energie van bestuurlijke functies en onderwerpen als vitaliteit op de werkvloer. Niks fijner dan enthousiaste mensen samenbrengen en te kijken wat we van elkaar kunnen leren, ook van ondernemers buiten de radiologie. Hoe kunnen we onszelf blijven verjongen en moderner maken? Ik kijk ernaar uit om die zoektocht met deze fantastische club te delen.

Naast radioloog ben ik getrouwd en moeder van twee zoontjes. Ik reis graag, waarbij het laatste avontuur een halfjaar Kaapstad samen met mijn gezin was, waar ik ook een deel van de opleiding radiologie heb doorlopen. In mijn vrije tijd doe ik aan fotografie, hardlopen, wielrennen en hou ik van goede wijn en slechte muziek.

Stuur me vooral een bericht als je een interessant artikel, onderwerp of inspirerend idee hebt. Samen maken we ons vak nog een beetje mooier!



## Merel Huisman in redactie *Radiology: Artificial Intelligence*

MemoRad-redactielid Merel Huisman is toegetreden tot het Trainee Editorial Board (TEB) van *Radiology: Artificial Intelligence*. De komende twee jaar leren de zestien nieuwe leden van het Trainee Editorial Board over peer review, biostatistiek, onderzoeksdesign en journalistieke ethiek. Ze krijgen de kans om manuscripten te beoordelen, samen met meer ervaren beoordelaars. Daarnaast krijgen leden van het TEB een uitnodiging voor televergaderingen om ingezonden artikelen te selecteren voor publicatie in het tijdschrift.



## Nieuwe procedure richtlijnautorisatie

Tijdens de Algemene Vergadering van 12 november 2020 is een vernieuwde procedure richtlijnautorisatie vastgesteld. In deze procedure staat beschreven dat voortaan het NVvR-bestuur richtlijn(modules) autoriseert. Het autoriseren van richtlijn(modules) via de Algemene Ledenvergadering is vervallen.

De autorisatie dient ter bekrachtiging van de richtlijn en niet om nieuwe inhoudelijke discussiepunten aan te kaarten. Leden kunnen in de commentaarfase hun input leveren. De commissie Kwaliteit krijgt een adviserende rol bij discussiepunten richting het bestuur over wel of niet autoriseren van richtlijnen. Geautoriseerde richtlijnen zijn te vinden via: <https://www.radiologen.nl/kwaliteit/richtlijnen-autorisatiefase>

### Nu geautoriseerd:

Tijdens de bestuursvergadering van 11 januari 2021 zijn de volgende richtlijn(modules) geautoriseerd:

- richtlijnmodules Cervixcarcinoom:
  - module: de rol van [18F]FDG-PET/CT in locally advanced cervix carcinoom
  - module: parametrium invasie. De heer drs. M.G.J. (Maarten) Thomeer is gemandateerde namens de NVvR.

Tijdens de bestuursvergadering van 7 december 2020 zijn de volgende richtlijn(modules) geautoriseerd:

- richtlijn Luchtbehandeling in operatiekamers en behandelkamers. De heer prof dr. M.W. (Michiel) de Haan is gemandateerde namens de NVvR.
- richtlijn Follow-up na cholesteatoomchirurgie met beslisboom. De heer drs. S.A.H. (Sjoert) Pegge is gemandateerde namens de NVvR.
- richtlijnmodules Diagnostiek en Behandeling van Dementie. De heer dr. J.H.J.M. (Jeroen) de Bresser is gemandateerde namens de NVvR.
- richtlijn Infantiele Hemangiomen met bijlage. Mevrouw drs. K. (Karin) Kamphuis-van Ulzen is gemandateerde namens de NVvR.

## VISIE CONCILIUM RADIOLOGICUM OP AI IN DE OPLEIDING

# De kip of het AI?

Artificial intelligence is een spraakmakend onderwerp dat veel mensen bezighoudt, intrigeert, maar soms ook angst inboezemt. De techniek vordert razendsnel. Zo krijg ik regelmatig (ongevraagd of niet uitgevinkt) een compilatie van privéfoto's van mijn favoriete huisdier op de smartphone, foutloos en moeiteloos gedestilleerd uit mijn oneindige collectie onbenoemde foto's die ergens in de cloud zweeft.



Roel Bennink

**D**at AI ook belangrijk wordt in ons vakgebied is zeker. De combinatie van beeldvorming en de hoge mate van digitalisering leent zich bij uitstek voor AI. Wanneer het routinepraktijk zal zijn, is nog minder duidelijk. Naast uitspraken als 'ik ben al blij als de spraakherkenning meer dan de helft van de woorden wél herkent' hoor je weleens vragen als: 'kijken de Apples, Google's of misschien wel de Chinezen mee?' of: 'wat kost het en wat is het verdienmodel?'. Anderzijds zijn er nu wel degelijk programma's die bijvoorbeeld longnoduli kunnen opsporen en is AI een groot onderwerp op (internationale) congressen. Maar ongetwijfeld veel meer hierover elders in dit themanummer.

### (R)evolutie

Voor de opleiding bepaalt een aantal factoren hoe we met een (r)evolutie in het vakgebied moeten omgaan. We leiden immers medisch specialisten op, die in het gunstigste geval vijf jaar na de startdatum van de opleiding afzwaaien. Een vooruitziende blik is daarbij zeker gerechtvaardigd. Een landelijk opleidingsplan en onderwijscurriculum is zeker niet in beton gegoten, maar kent toch een zekere latentie en een risico achter de noviteiten aan te lopen. Wanneer ontstaat een innovatie de hype-fase of super-specialistische setting en wordt het klinische routine? Wanneer moeten we een innovatie als verplicht onderdeel van de opleiding introduceren, en moet iedereen – of differentianten – hierbij tot hetzelfde niveau van expertise worden opgeleid? Is het alleen een onderdeel van de opleiding, is het onderdeel van de praktijk of past het in de filosofie van een leven lang leren?

### Basis leggen

Op dit moment zijn er nog weinig opleidingsinstellingen die sterke AI op de afdeling radiologie in de routine gebruiken. *Postprocessing* of zwakke AI burgeren al meer in, maar zijn niet de heilige graal waarvan velen dromen. De vraag is dus of er nu al mogelijkheden zijn om 'echte' of sterke AI structureel in de opleiding op te nemen. Dit zou betekenen dat we het moeten goed definiëren, minimumnormen bepalen en (alle) aios er voldoende ervaring mee op moeten doen. Maar is dit wel zo? Kan het niet anders? Innovatie is immers iets waar we op medisch en technisch front toch continu mee te maken hebben? Zeker!

Daar hebben we de (door sommigen vermaledijde) *Entrusted Professional Activity* (EPA) voor. Technische aspecten van ons vakgebied zijn immers een integraal onderdeel van een EPA, dus AI is bij uitstek een onderwerp dat hier naadloos is in te voeren. In een EPA evolueer je tijdens (of na) de opleiding en tijdens de uitoefening van je vak onderhoud je de EPA of bouw je deze verder uit. Het is dus belangrijk dat we in de opleiding een goede basis leggen omtrent de aspecten die nodig zijn om met technische innovatie en AI om te gaan, zodat aios of radioloog aanhaken zodra deze toepassing routine wordt of eerder bij specifieke interesse.

### Zaadje planten

Blijft de vraag van de kip of het AI. Wat is er eerst, of waar moeten we beginnen? Het kunnen leggen van een ei bleek een evolutionair voordeel, waar ooit een eerste kip (of oer-dinosaurius) mee is begonnen. De kip was dus eerst, en wij moeten dat ei dan ook maar leggen. Of dichter bij onze evolutie: van nomade naar sedentair wezen, het zaadje planten. Aan AI wordt

in de opleiding nu al aandacht besteed in het cursorisch beeldvormende techniek. Het komt uiteindelijk vanzelf ook op de werkvloer aan bod als AI ook in routine en richtlijnen verschijnt.

We zullen AI in het aankomende landelijke opleidingsplan (2.0) explicieter moeten maken in de EPA's en de aios handvatten moeten geven hoe daarmee aan de slag te gaan (weten wat AI behelst, hoe het tot stand komt en is te gebruiken, beperkingen kennen en dat voor uiteenlopende toepassingen). Bij uitstek leent technische innovatie of AI zich ook om te verdiepen in een bepaald thema (hoe wordt bepaald dat een vat geocludeerd is, of dat steeds het belangrijkste onderzoek bovenaan mijn werkljst staat?).

### Dodo's

Dit zal niet meer helemaal vrijblijvend zijn, want het vormt een essentieel onderdeel van ons vak in de toekomst, waar de aios zich des te meer op moeten voorbereiden. Om hoogleraar Radiologie en directeur van het Artificial Intelligence in Medicine and Imaging-centrum van Stanford Curt Langlotz te citeren: 'Radiologen verdwijnen niet, maar radiologen die geen kunstmatige intelligentie gebruiken, worden vervangen door hen die dat wel doen'. Zo houden wij ook een evolutionair voordeel en kunnen we AI omarmen en in ons voordeel aanwenden en uitbouwen, in plaats van involueren tot dodo's van de beeldvorming of exclusief bamboe-etende panda's die louter kunnen overleven onder Chinese bescherming. ■

### Roel Bennink

hoogleraar Radiologie, nucleair geneeskundige in het Amsterdam UMC, locatie AMC en lid van het DB Concilium

## AI IN DE NUCLEAIRE GENEESKUNDE

## Een eenvoudige introductie en enkele recente voorbeelden



Ronald Boellaard

Dit artikel legt kort uit wat AI is en geeft een aantal voorbeelden van toepassingen binnen de nucleaire geneeskunde. Deze tekst beperkt zich tot toepassingen op het gebied van beeldanalyse en bewerking, maar AI kan ook een rol spelen ten aanzien van optimalisatie van werkprocessen, bij de acquisitie en reconstructie van medische beelden en het automatisch genereren van gestructureerde rapporten of verslagen.

**Supervised versus unsupervised**

Grofweg kun je AI-methoden<sup>1,2</sup> opdelen in *supervised* en *unsupervised*. Bij *unsupervised*-methoden is er sprake van een analyse van een dataset zonder dat daarbij een uitkomst of label wordt meegegeven<sup>1,3,4</sup>. Het doel van een *unsupervised* AI-methode is doorgaans om bepaalde patronen of clusters in zeer grote datasets te herkennen, bijvoorbeeld het kunnen groeperen van patiënten op basis van overeenkomstige kenmerken in het genetisch materiaal. Hierbij is vaak de dataset van een dergelijke grote omvang, dat het opportuun is om een AI-algoritme in te zetten om deze patronen te detecteren in de dataset.

De medische beeldvorming maakt verreweg het meest gebruik van *supervised*-methoden. Daarbij wordt naast de medische beelden een uitkomst of label meegegeven. Denk bij dit laatste aan overlevingsuitkomsten, bloedwaarden of genetische informatie of de locatie en intekeningen van tumoren. Het doel van een *supervised*-methode is om een model te ontwikkelen en te trainen zodat aan de hand van de medische beelden en eventu-

ele andere klinische parameters, het label of uitkomst zo goed mogelijk is te voorspellen. Deze methoden zijn vervolgens te gebruiken om een uitspraak te doen over bijvoorbeeld een overlevingskans (prognose of predictie), de aanwezigheid van bepaalde *biomarkers* in het bloed of een delimitatie (segmentatie) van een tumor.

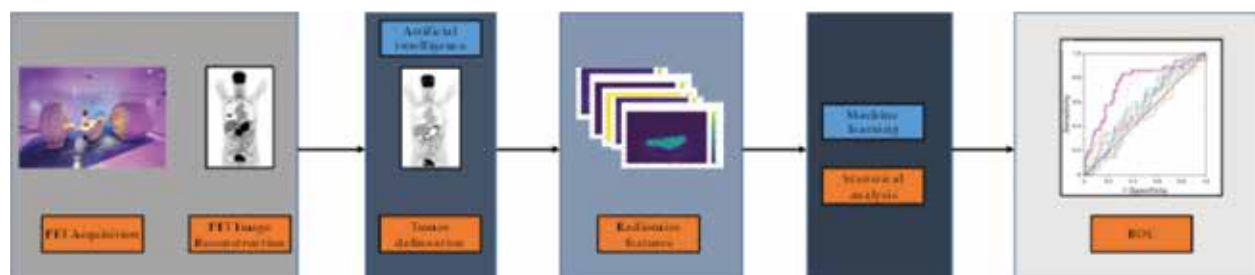
**Machine versus deep learning**

Daarnaast is onderscheid te maken tussen *machine/representation learning* en *deep learning*, waarbij deze laatste eigenlijk een subcategorie is van machine learning. Machine learning betreft het gebruik van algoritmes die niet expliciet zijn geprogrammeerd, maar die getraind worden op basis van (door de mens) gedefinieerde datasets. Het meest bekende voorbeeld binnen de medische beeldvorming is wellicht de toepassing van radiomics analyses, waarbij er eerst zeer veel gedefinieerde gegevens uit een medisch beeld worden geëxtraheerd<sup>5-7</sup> en waarbij vervolgens een machine learning algoritme wordt geleerd en toegepast om een (vaak binaire) uitkomst te voorspellen (*fig 1*).

Bekende machine learning algoritmes zijn onder andere *random forests* en *support vector machines*. Deze worden vaak ingezet voor classificatie en regressie. Deep learning is in feite een vorm van machine learning, maar in dit geval is het algoritme gebaseerd op knopen (*nodes*) in meerdere diepe lagen (*layers*) die met elkaar verbonden zijn. Door de communicatie of informatieoverdracht tussen de knopen van de diverse lagen aan te passen met weegfactoren, is het algoritme te trainen om een uitkomst te voorspellen.

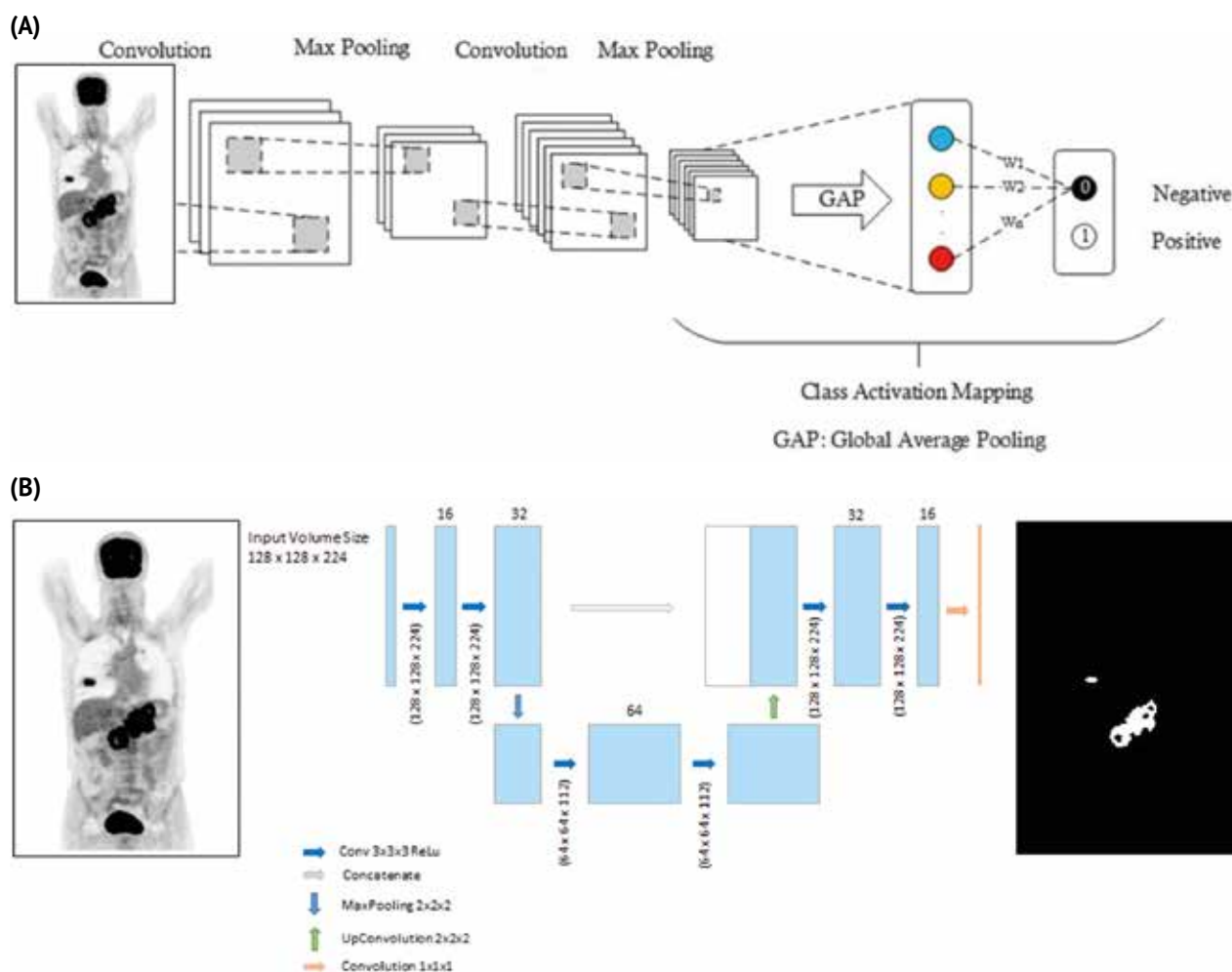
**Convolutionele Neurale Netwerken**

Ten slotte wordt ook vaak gebruik gemaakt van Convolutionele Neurale Netwerken (CNNs). Deze zijn in te zetten om analyses of bewerkingen uit te voeren op beelden. De lagen van dit netwerk bestaan uit convolutielagen. Een klassiek voorbeeld van een convolutie is het filteren van een medisch beeld met bijvoorbeeld een Gaussisch-filter, om de ruis in het beeld te onderdrukken en daarmee detectie van afwijkingen makkelijker te maken. Bij deze klassieke vorm van convolutie zijn zowel het type filter, in dit voorbeeld Gaussisch-filter, maar ook de



**Figuur 1.** Voorbeeld van een radiomics-machine learning analyseprocedure. Deze bestaat uit (v.l.n.r.) beeldacquisitie, tumorsegmentatie, radiomics feature extractie, statistische analyse of machine learning en uiteindelijk een predictie (in dit voorbeeld).





**Figuur 2.** Architecturen van een Convolutioneel Neuraal Network.

(A): een eenvoudige weergave van een CNN die gebruikt wordt voor de classificatie op basis van een beeld. Een dergelijke CNN bestaat uit voornamelijk uit een *encoding arm*, gevolgd door een laag met knopen (*fully connected layer*) en een activatiefunctie die uiteindelijk de uitslag geeft.

(B): (over-)eenvoudige weergave van een CNN-architectuur die is te gebruiken voor segmentatietaken. Input en output van een CNN zijn beelden waarbij het originele PET-beeld wordt omgezet naar een binair beeld dat de locatie van tumor voxels aangeeft. Het linkergedeelte van het CNN is de *encoding arm* en het rechtergedeelte de *decoding arm*. Vaak zijn de lagen van de encoding en decoding arm met elkaar verbonden via *concatenation*, dat wil zeggen dat de beide convolutielagen samen zijn genomen ('aan elkaar geplakt').

grootte van het filter van tevoren vastgelegd en doorgaans empirisch geoptimaliseerd.

In een CNN zijn de convolutiefilters niet vastgelegd, maar komen tot stand met training. Deze convolutiefilters of *kernels* kunnen daarom elke willekeurige vorm en grootte krijgen. Ze hoeven de beelden niet alleen te *smoothen*, maar kunnen ook leiden tot filters die bepaalde aspecten, zoals randen, vorm en grootte van objecten, in het beeld kunnen herkennen. De CNN bestaat uit meerdere convolutielagen. Het ontwerp van een CNN hangt sterk samen met de gewenste taak die het CNN geleerd moet worden (fig 2).

Het gaat te ver om alle details over machine learning, deep learning en CNNs te behandelen. Het belangrijkste aspect is dat al deze algoritmes moeten leren hoe

ze een taak uitvoeren. Het correct trainen en nagaan (valideren) van deze AI-methoden is daarom essentieel en de grootste uitdaging.

### Valideren en testen van AI

AI-algoritmes moeten getraind worden voor het uitvoeren van een bepaalde taak<sup>1,2,4,8</sup>. Dit begint doorgaans met het aanbieden van een dataset waarbij het 'juiste' antwoord wordt meegegeven met het beeld. Dit kunnen reeds ingetekende structuren zijn, zoals tumoren, een uitkomstparameter als continue variabele of een bepaalde classificatie (bijvoorbeeld 1-jaarsoverleving of wel of geen genmutatie aanwezig). Door de beelden in combinatie met het gewenste antwoord aan te bieden, leert het AI-algoritme om uit de beelden die informatie te halen waarmee het 'juiste' antwoord is te geven.

Om een indruk te krijgen van de robuustheid van de AI-prestaties, is het nodig om tijdens het trainen een cross-validatie toe te passen. Hiermee neem je een grote fractie van de data voor het trainen (bijvoorbeeld 80 procent van de beelden) en pas je het getrainde model toe op de overgebleven data (20 procent) om te beoordelen hoe goed het getrainde algoritme werkt. Dit herhaal je een aantal keren, door steeds een andere subset van de data te gebruiken voor het trainen en valideren. Indien je tijdens het trainen en valideren vergelijkbare goede prestaties van het algoritme vindt, mag je concluderen dat je voor de gegeven dataset een robuust algoritme hebt.

Als echter de trainingresultaten veel beter zijn dan die van de validatiesubsets, dan is er sprake van *overfitting* en is het algoritme te complex voor ►

je data of is het algoritme niet goed te optimaliseren. De architectuur en de optimalisatie van het algoritme moeten dan worden aangepast, totdat trainings- en validatieresultaten met elkaar in overeenstemming zijn. De resultaten van meerdere cross-validaties geven ook een eerste indruk van de variabiliteit in het gegeven resultaat.

### Externe dataset

Het is daarnaast zeer belangrijk om het AI-algoritme te testen op een of meerdere externe datasets. Dit is een dataset die niet gebruikt is tijdens training en validatie. Indien externe datasets niet beschikbaar zijn, kun je ervoor kiezen om van tevoren een deel van de data apart te houden en deze achteraf als test dataset te gebruiken. Dit wordt vaak een *hold-out* dataset genoemd. Echter, hiermee kun je niet nagaan of het algoritme robuust genoeg is voor – en is toe te passen op – vergelijkbare data die onder andere omstandigheden (bijvoorbeeld een andere scanner of via een ander instituut) zijn verkregen.

Hieruit kan naar voren komen dat een AI-methode alleen de gewenste prestatie heeft indien sprake is van strikte harmonisatie van scanprocedures en scanapparatuur prestaties, c.q. vergelijkbare beeldkwaliteit. Daarom is het zeer belangrijk om deze test dataset zorgvuldig te kiezen en vast te stellen onder welke voorwaarden het AI-algoritme goede of minder goede prestaties heeft. Omdat het voor de gebruiker niet altijd duidelijk is hoe een AI-algoritme werkt (*black box*) is het van belang een dergelijke methode uitvoerig op een grote en representatieve dataset te testen, waarbij ook zeldzamere afwijkingen moeten worden meegenomen. Hierbij is het belangrijk om de effecten van eventuele covariaten tijdens de training goed na te gaan.

Meer recent is er daarom steeds meer aandacht voor *explainable AI* (XAI), waarmee niet alleen gekeken wordt naar de prestaties van het AI-algoritme. XAI probeert het netwerk of diens resultaat beter te begrijpen. Naast de uitslag geeft het AI-algoritme dan ook informatie over welk deel of welke aspecten in het medische beeld tot de opgeleverde uitslag hebben geleid. Hiermee kan de gebruiker nagaan of de uitslag plausibel is. In geval van AI gebaseerde tumor delinaties kan en moet de gebruiker deze controleren en, indien nodig, aanpassen.

### Recente voorbeelden

AI is onder meer toe te passen voor de kwantificatie, segmentatie en classificatie van tumoren. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het met behulp van AI verwijderen van de fysiologische opname van FDG uit het beeld, waardoor een *whole body tumor volume* is te creëren. Daarnaast kan AI een rol spelen ten aanzien van optimalisatie van werkprocessen (bijvoorbeeld patiëntenplanning), bij de acquisitie en reconstructie van medische beelden (bijvoorbeeld de attenuatiecorrectie van de PET-beelden zonder vervaardigen van een *low dose CT* waardoor de dosis nog verder omlaaggaat) en het automatisch genereren van gestructureerde rapporten of verslagen. Deze laatstgenoemde toepassingen vallen buiten de scope van dit artikel.

### Radiomics en machine learning

Radiomics is het wiskundig beschrijven van het fenotype van een beeldobject, zoals een tumor of orgaan<sup>5-7</sup>. Radiomics is het extraheren van kwantitatieve maten die iets zeggen over de vorm, grootte, grilligheid van oppervlak van een tumor of orgaan, maar ook over de verdeling van een contrast of radiotracer en/of diens patroon (*texture*) over de tumor of orgaan. Deze parameters worden radiomics features genoemd. Deze wiskundige radiomics features zijn recent gestandaardiseerd en uitvoerig beschreven door Zwanenburg et al<sup>9</sup>. Deze radiomics standaard staat bekend als de IBSI-standaard. Voor (PET) radiomics-analyse is het daarnaast van belang dat ook de beeldvorming en beeldkwaliteit zijn geharmoniseerd<sup>10,11</sup>.

Momenteel kunnen we enkele honderden radiomics features uit een medisch beeld extraheren. Vervolgens kunnen deze radiomic features, al dan niet in combinatie met klinische en genetische informatie, in een machine learning algoritme worden gebruikt. In *figuur 1* staat schematisch een radiomics-machine learning analyseprocedure weergegeven. In dit voorbeeld wordt de radiomics-machine learning procedure gebruikt om de overleving te voorspellen, maar in principe is een dergelijke analyse voor diverse andere taken te ontwikkelen. De procedure is grofweg in een aantal stappen te beschrijven. Als eerste wordt uit het beeld de gewenste structuren gesegmenteerd, daarna worden de radiomics features met behulp van deze segmentaties berekend. Deze radiomics features zijn te combineren met andere (klinische) gegevens

en zijn ten slotte aan te bieden aan een getraind machine learning algoritme om een bepaalde uitslag te geven. Recente voorbeelden uit de literatuur zijn de studies van Martens et al<sup>12</sup> en Cysouw et al<sup>13</sup> waarbij PET radiomics-analyses gebruikt zijn om de overleving of de kans op metastasen te voorspellen. Bij Martens et al<sup>12</sup> zijn bepaalde predictieve PET radiomics features geïdentificeerd voor het voorspellen van recidief, metastasen en overleving op de FDG PET van patiënten met behandelde plaveiselcelcarcinomen in het hoofdhalsg gebied. Cysouw et al<sup>13</sup> gebruikte machine learning gebaseerde analyse van 18F-DCFPyL PET voor risicostratificatie bij primaire prostaatacarcinoom. Noortman et al<sup>14</sup> maakt gebruik van temporele informatie gedurende radiomics analyse en concludeert dat er diverse dynamische radiomics features zijn die extra informatie kunnen geven naast de statische radiomics features.

### Classificeren en segmenteren

Zoals eerder aangegeven zijn CNNs te gebruiken voor classificatie van beelden waarbij de taak is om een binaire of categorische uitslag te geven. Een schematische weergave van een classificatie CNN staat in *figuur 2a*. Een voorbeeld is de classificatie van zogenaamde amyloïd PET-studies als amyloïd positief of negatief of voor diagnose van de ziekte van Alzheimer<sup>15-17</sup>, maar er zijn diverse andere voorbeelden in de neurologie en oncologie. Het algemene principe en de architectuur van dit type CNNs zijn doorgaans zeer vergelijkbaar (*fig. 2a*).

Recent is een aantal publicaties verschenen waarbij FDG PET/CT-beelden met een CNN zijn geanalyseerd voor de detectie en segmentatie van tumoren van patiënten met groot-cellig B-cel lymfoom<sup>18,19</sup>. Het doel van deze studies was het bepalen van het totale metabole actieve tumorvolume in de patiënt om deze als prognostische factor te gebruiken. Blanc-Durand et al<sup>18</sup> en Capobianco et al<sup>19</sup> laten zien dat je met of in combinatie met een CNN dit volume met redelijke nauwkeurigheid volledig automatisch kunt bepalen. In *figuur 2b* zie je een voorbeeld van een CNN gebaseerde tumorsegmentatie bij een lymfoompatiënt (ongepubliceerde data).

In een andere studie laat Pfaehler et al<sup>20</sup> zien dat je met CNNs longtumoren kunt segmenteren met standaardmethoden, maar met een betere herhaalbaarheid.

Hatt et al<sup>21</sup> hebben enige tijd geleden een tumorsegmentatie-competitie opgezet. Uit deze studie bleek dat AI-gebaseerde segmentaties doorgaans een betere nauwkeurigheid en herhaalbaarheid laten zien dan de gebruikelijke segmentatiemethoden die gebaseerd zijn op intensiteitsdrempels of zelfs beter dan meer geavanceerde segmentatiemethoden.

### Vooruitblik

In dit artikel is geprobeerd om vooral een conceptuele uitleg te geven wat AI is, specifiek ten aanzien van nucleaire medische beeldvorming. Het overzicht geeft informatie over een aantal veel gebruikte AI-methoden, maar is zeker niet compleet en niet alle aspecten zijn in detail uit te leggen. Duidelijk is dat AI voor zeer diverse beeldanalyse taken kan worden toegepast. Grote uitdagingen voor de ontwikkeling en validatie van AI-algoritmes zijn de beschikbaarheid van grote datasets met voldoende kwaliteit van zowel de beelden als de uitkomstmaten of labels (bijvoorbeeld segmentaties). Het verzamelen van deze data en het labelen van de beelden is een vaak zeer tijdrovende klus en kan alleen worden gerealiseerd door intensieve samenwerking.

Grote beeld- en data-archieven, zoals de ADNI (*Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative*, <http://adni.loni.usc.edu/>) of PETRA (*non-Hodgkin lymphoma database*, <https://petralymphoma.org/>) collecties, zijn daar goede voorbeelden van. Een aantal commerciële AI-programma's (<https://research.aimultiple.com/looking-for-better-medical-imaging-for-early-diagnostic-and-monitoring-contact-the-leading-vendors-here/>) zijn inmiddels formeel goedgekeurd en beschikbaar<sup>3</sup>. AI gaat in de toekomst een steeds grotere rol spelen en een aantal taken vereenvoudigen, efficiënter en nauwkeuriger maken.

### Prof. dr. Ronald Boellaard

Radiologie en Nucleaire Geneeskunde, Amsterdam UMC, locatie VUMC

### Literatuur

1. Bi WL, Hosny A, Schabath MB, Giger ML, Birkbak NJ, Mehrtash A, Allison T, Arnaout O, Abbosh C, Dunn IF et al: Artificial intelligence in cancer imaging: Clinical challenges and applications. *CA Cancer J Clin* 2019, 69(2):127-157.
2. Currie GM: Intelligent Imaging: Artificial Intelligence Augmented Nuclear Medicine. *J Nucl Med Technol* 2019, 47(3):217-222.
3. Lee LIT, Kanthasamy S, Ayyalaraju RS, Ganatra R: The Current State of Artificial Intelligence in Medical Imaging and Nuclear Medicine. *BJR Open* 2019, 1(1):20190037.
4. Visvikis D, Cheze Le Rest C, Jaouen V, Hatt M: Artificial intelligence, machine (deep) learning and radio(geno)mics: definitions and nuclear medicine imaging applications. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2019, 46(13):2630-2637.
5. Aerts HJ, Velazquez ER, Leijenaar RT, Parmar C, Grossmann P, Carvalho S, Bussink J, Monshouwer R, Haibe-Kains B, Rietveld D et al: Decoding tumour phenotype by noninvasive imaging using a quantitative radiomics approach. *Nat Commun* 2014, 5:4006.
6. Hatt M, Tixier F, Visvikis D, Cheze Le Rest C: Radiomics in PET/CT: More Than Meets the Eye? *J Nucl Med* 2017, 58(3):365-366.
7. Lambin P, Rios-Velazquez E, Leijenaar R, Carvalho S, van Stiphout RG, Granton P, Zegers CM, Gillies R, Boellard R, Dekker A et al: Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *Eur J Cancer* 2012, 48(4):441-446.
8. Zukotynski K, Gaudet V, Uribe CF, Mathot-aarachchi S, Smith KC, Rosa-Neto P, Benard F, Black SE: Machine Learning in Nuclear Medicine: Part 2-Neural Networks and Clinical Aspects. *J Nucl Med* 2021, 62(1):22-29.
9. Zwanenburg A, Vallieres M, Abdalah MA, Aerts H, Andrearczyk V, Apte A, Ashrafinia S, Bakas S, Beukinga RJ, Boellaard R et al: The Image Biomarker Standardization Initiative: Standardized Quantitative Radiomics for High-Throughput Image-based Phenotyping. *Radiology* 2020, 295(2):328-338.
10. Hatt M, Lucia F, Schick U, Visvikis D: Multicentric validation of radiomics findings: challenges and opportunities. *EBioMedicine* 2019, 47:20-21.
11. Pfaehler E, van Sluis J, Merema BBJ, van Ooijen P, Berendsen RCM, van Velden FHP, Boellaard R: Experimental Multicenter and Multivendor Evaluation of the Performance of PET Radiomic Features Using 3-Dimensionally Printed Phantom Inserts. *J Nucl Med* 2020, 61(3):469-476.
12. Martens RM, Koopman T, Noij DP, Pfaehler E, Ubelhor C, Sharma S, Vergeer MR, Leemans CR, Hoekstra OS, Yaqub M et al: Predictive value of quantitative (18)F-FDG-PET radiomics analysis in patients with head and neck squamous cell carcinoma. *EJNMMI Res* 2020, 10(1):102.
13. Cysouw MCF, Jansen BHE, van de Brug T, Oprea-Lager DE, Pfaehler E, de Vries BM, van Moerselaar RJA, Hoekstra OS, Vis AN, Boellaard R: Machine learning-based analysis of [(18)F]DCFPyL PET radiomics for risk stratification in primary prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2020.
14. Noortman WA, Vriens D, Slump CH, Bussink J, Meijer TWH, de Geus-Oei LF, van Velden FHP: Adding the temporal domain to PET radiomic features. *PLoS One* 2020, 15(9):e0239438.
15. Ben Bouallegue F, Vauchot F, Mariano-Goulart D, Payoux P: Diagnostic and prognostic value of amyloid PET textural and shape features: comparison with classical semi-quantitative rating in 760 patients from the ADNI-2 database. *Brain Imaging Behav* 2019, 13(1):111-125.
16. de Vries BM, Golla SSV, Ebenau J, Verfaille SCJ, Timmers T, Heeman F, Cysouw MCF, van Berckel BNM, van der Flier WM, Yaqub M et al: Classification of negative and positive (18)F-florbetapir brain PET studies in subjective cognitive decline patients using a convolutional neural network. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2020.
17. French BM, Dawson MR, Dobbs AR: Classification and staging of dementia of the Alzheimer type: a comparison between neural networks and linear discriminant analysis. *Arch Neurol* 1997, 54(8):1001-1009.
18. Blanc-Durand P, Jegou S, Kanoun S, Berriolo-Riedinger A, Bodet-Milin C, Kraeber-Bodere F, Carlier T, Le Gouill S, Casasnovas RO, Meignan M et al: Fully automatic segmentation of diffuse large B cell lymphoma lesions on 3D FDG-PET/CT for total metabolic tumour volume prediction using a convolutional neural network. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2020.
19. Capobianco N, Meignan M, Cottreau AS, Vercellino L, Sibille L, Spottiswoode B, Zuehlendorff S, Casasnovas O, Thieblemont C, Buvat I: Deep-Learning (18)F-FDG Uptake Classification Enables Total Metabolic Tumor Volume Estimation in Diffuse Large B-Cell Lymphoma. *J Nucl Med* 2021, 62(1):30-36.
20. Pfaehler E, Mesotten L, Kramer G, Thomeer M, Vanhove K, de Jong J, Adriaensens P, Hoekstra OS, Boellaard R: Repeatability of two semi-automatic artificial intelligence approaches for tumor segmentation in PET. *EJNMMI Res* 2021, 11(1):4.
21. Hatt M, Laurent B, Ouahabi A, Fayad H, Tan S, Li L, Lu W, Jaouen V, Tauber C, Czakon J et al: The first MICCAI challenge on PET tumor segmentation. *Med Image Anal* 2018, 44:177-195.

## VISIE OP AI VAN DE SECTIE TECHNIEK

# Bouwen aan morgen



Onno Vijlbrief

**Men noemde het *The Great Stink*. De snikhete zomer van 1858 zou in Londen uiteindelijk leiden tot de ontwikkeling van een gesloten rioolsysteem. In korte tijd kwam er een gemeenschappelijke visie op de aanleg en bekostiging van sanitaire voorzieningen binnen een metropool van toen al ruim twee miljoen inwoners. Is er een parallel te trekken tussen toen en de huidige pandemie? De meeste ideeën zijn namelijk niet nieuw, alleen kent niet iedereen de oude ideeën.**

In 1858 maakte Londen nog gebruik van een open rioleringsstelsel. De sanitaire voorziening betrof het direct of indirect lozen op en rondom de Thames. De temperaturen bleven in juni van dat jaar hangen rond de 30° graden Celsius. De zinderende zomerhitte, gecombineerd met een beperkte rivierstroom, veroorzaakte een intense geur van menselijke ontlasting, paardenpoep, industrieel afval, slachtafval en dode huisdieren in de hele stad.

die investeringen zijn terug te verdienen, heet binnen de economie een 'positieve externaliteit'.

### Doel op zich

Een parallel met onze tijd en de radiologie is makkelijk getrokken. Alhoewel de ziekenhuizen in de jaren '00 een digitaliseringslag hebben gemaakt, is onze manier van werken niet altijd ten goede veranderd. Zorgpersoneel lijkt soms in dienst te staan van het EPD om ervoor zorg te

functioneert adequaat, maar is de zorg verbeterd? Is het werkgeluk gestegen? Digitalisering lijkt soms eerder een doel op zich te zijn geweest, dan een middel om patiënt uitkomsten en werknemerstevredenheid te verbeteren. De meeste van ons zien dagelijks potentiële verbeteringen, maar *tussen droom en daad staan wetten in de weg en praktische bezwaren*.

### Patiënt als postbezorger

Binnen de sectie techniek van de NVvR zijn de afgelopen jaren, onder leiding van mijn voorganger Herman Pieterman en de bezielende begeleiding van onze directeur Marieke Zimmerman, landelijk stappen ondernomen om te komen tot een radiologie-tijdslijn. Landelijke coördinatie loopt via het programma TWIIN: een brede coalitie van verzekeraars, zorgaanbieders, leveranciers en de Patiëntenfederatie. Elk ziekenhuis heeft in die visie toegang tot de volledige radiologische voorgeschiedenis van de patiënt. Bij patiëntoverplaatsingen voor screening, tweede- of derdelijns oncologie, neonatologie, traumatologie, IC-zorg en stroke-zorg is de volledige tijdslijn van de patiënt inzichtelijk voor radiologen en

'Zorgpersoneel lijkt soms in dienst te staan van het EPD om ervoor zorg te dragen dat aan het eind van de dag alle vinkjes en kruisjes wel op de juiste plek terecht zijn gekomen'

Normaal gesproken weet het pluche zichzelf aan de problemen van de onderzijde van de samenleving te onttrekken, maar het Engelse parlement ligt nauw verweven met de oevers van de Thames. Zelfs met chloor geïmpregneerde gordijnen konden de stank voor de parlementariërs niet verdrijven. Verder was de Thames ook de belangrijkste bron van drinkwater. Ziektes als tyfus, cholera en zomerkooitsen tierden welig door de stad. Uiteindelijk was dit de doorbraak van een onderhuids al langer bestaand probleem. De *Great Stink* zorgde ervoor dat het parlement de wet voor noodzakelijke infrastructuur en financiering binnen achttien dagen na indienen goedkeurde. De noodzakelijke investeringen waren al eerder besproken, maar vaak uitgesteld. Deze dynamiek tussen de plaats van investering en de 'externe' plek waarop

dragen dat aan het eind van de dag alle vinkjes en kruisjes op de juiste plek terecht zijn gekomen, zodat de database om 0:00 uur met een gerust hart de informatie kan verwerken. Het declaratiesysteem



Het DVDexit-programma (zie volgende pagina).



De Beeldbank Radiologie faciliteert beelduitwisseling rondom covid-19.

behandelaars. Ook vanuit persoonlijke ervaring heb ik een afkeer gekregen van ziekenhuizen die hun patiënten behandelen als PostNL. Met een merkbare afkeer wordt de schuld van afwezige informatie in de spreekkamer bij hun patiënten en begeleiders neergelegd en altijd ligt het aan het andere ziekenhuis. Zinloze reizen worden ondernomen om in de spreekkamer te horen dat 'het MDO' de beelden niet heeft ontvangen, de gegevens nog niet gearriveerd zijn en dat de nieuwe afspraak binnenkort in de bus valt.

### Voelbare urgentie

De noodzaak voor verbetering was al jaren zichtbaar voor eenieder die werkte in de zorg, alleen werd de urgentie niet bij iedereen gevoeld om de gestarte initiatieven ook te volbrengen. Verscheidene bureaucratische vertragingstactieken zijn de revue gepasseerd, te weten vergaderen tot er een bezwaar gevonden is, alle energie weggeëbd is, de AVG, werkgroepen, stuurgroepen, taskforces, etc. De behoefte aan een tastbaar resultaat steeg met de tijd en het *DVDexit*-programma kon door de urgentie rondom covid-19 het afgelopen jaar stijgen tot 100 procent acceptatie van de ziekenhuizen. Ten tijde van dit schrijven is 74 procent van de ziekenhuizen bereikbaar via het TWIIN-adresboek en sluiten ook zelfstandige behandelcentra zich aan. Uw hulp bij deze ontwikkelingen is opgemerkt en erg bijdragend gebleken. Laten we hopen dat de dagen van patiënt als postbezorger vanaf 2021 geteld zijn en dat na de DVD ook andere zorggegevens volgen.

Een ander idee dat zich op de coronagolf in 2020 voortgestuwd heeft, gaat ook over uitwisseling. De behoefte aan samenwerking, kennisuitwisseling en gemeenschappelijk onderzoek rondom radiologische beeldvorming in Nederland is groot. Naast een ernstige beperking in het uitwisselen van patiëntgegevens voor de reguliere zorg bij covid-overplantingen aan het begin van de eerste golf, bleek ook het samenwerken bij kwaliteitsverbetering, diagnostiek en datauitwisseling beperkt door inconsistenties binnen de AVG en de ervaren reikwijdte

door de functionarissen gegevensbescherming. Hebben we als arts niet ook de taak van arts om de geleverde zorg ook voor de volgende patiënt weer beter te maken? Moet het voor patiënt en samenleving niet duidelijk zijn, dat de huidige zorg gestoeld is op onderzoek en patiënten uit het verleden? De ideeën waren er wel, praktische bezwaren ook. Welke data mogen we op welke manier uitwisselen, op welke manier wordt de toestemming vastgelegd, hoe houden de informatie veilig en hoe leggen we ons beleid uit aan de samenleving?

### Beeldbankradiologie

Dit bleek het begin van de Beeldbankradiologie, met als eerste proeve het faci-

gaat namelijk niet over techniek. Het gaat over afspraken en samenwerking tussen mensen onderling en met technische toepassingen. Onze voorgangers hebben met het optuigen van de DICOM-standaarden een fundament gelegd voor uitwisseling en communicatie. Dit dient als voorbeeld van onze landelijke samenwerking als beeldvormende gemeenschap. We hebben gezamenlijk baat en verantwoordelijkheden ten aanzien van zinvol gebruik van beschikbare middelen, bepalen van optimale diagnostische paden, spiegelinformatie ten behoeve van onze kwaliteit en het faciliteren en uitvoeren van onderzoek naar AI in de dagelijkse praktijk.

### Ongekende gezondheidswinst

Terugkomend op de *Great Stink*: de aanleg van het rioleringsstelsel zorgde in Londen voor een ongekende gezondheidswinst. Cholera werd een halt toegeroepen en het systeem functioneert tot op de dag van vandaag voor een metropool van meer dan acht miljoen mensen. Ik denk dat de tijd en technologische vooruitgang

'Elk ziekenhuis heeft in onze visie straks toegang tot de volledige radiologische voorgeschiedenis van de patiënt'

literen van beelduitwisseling rondom covid-19 ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek, kwaliteit spiegeling en ondersteunen van AI-onderzoek in Nederland. In de toekomst lijkt het van vitaal belang om binnen Nederland een hoge kwaliteit AI-research zorginfrastructuur op te bouwen met relevante, accurate data, heldere kaders en goede terugrapportage aan de zorg en samenleving. Beeldinformatie en interpretatie vallen onder onze domeinkennis en leggen de verantwoordelijkheid en het initiatief ook aan onze kant. Aan de andere kant vereist deze nieuwe infrastructuur wel een mate van financiering en tijdsinvestering, waar de gemiddelde bureaucratische business case op gaat vastlopen. Gestaag boeken we progressie: op 7 december jongstleden ondertekenden het Erasmus MC en het MUMC+ hiervoor de gegevensoverdrachtsovereenkomst met de NVvR. Een kleine stap, maar wel een stap vooruit.

Het meest interessante aan de sectie techniek vind ik bijna Orwelliaans. Het

nu rijp zijn voor de opbouw van een ICT-infrastructuur voor de zorg, die recht doet aan de technologische mogelijkheden en aan de wensen van patiënt en zorgverleners. Om met de woorden van Ramses Shaffy te eindigen: wij zullen doorgaan.

Met de beperkingen die ons alledaagse leven en fulltime werken ons opleggen, zal het sommigen van u misschien niet snel genoeg gaan. Uw hulp in al deze zaken wordt gewaardeerd. Ideeën over mogelijke versnelling, financiering en andere structurele bijdragen, zijn hopelijk het fundament waarop wij de radiologie en geneeskunde van de toekomst kunnen bouwen. Spreek hierover met elkaar en met ons. Het is niet alleen prettig om te bouwen aan morgen, maar ook om er samen over te dromen.

### Onno Vijlbrief

radioloog ZGT Almelo,  
voorzitter NVvR-sectie Techniek

## LONGNODULE-MANAGEMENT MET VEYE CHEST

## Ervaringen Noordwest Ziekenhuisgroep



Suzanne Tol



Maarten van de Weijer



Floris Rietema

Analyse en interpretatie van medische beelden zijn de fundamentele taken van de radioloog. Hierbij kunnen fouten ontstaan. Met name perceptiefouten omvatten zestig tot tachtig procent van het totale aantal radiologische fouten<sup>1</sup>. Artificiële intelligentie (AI)-applicaties met telkens uitgebreidere datasets en toegenomen rekenkracht van computers bieden daar uitkomst voor. Hoe zijn de ervaringen in Alkmaar?

De afdeling radiologie van Noordwest Ziekenhuisgroep (NWZ) maakt gebruik van meerdere AI-applicaties. Eén van die applicaties, die sinds maart 2019 in gebruik is in het NWZ, is *Veye Chest* van Aidence (Amsterdam). Dit deep learning-programma biedt radiologen ondersteuning bij het beoordelen van CT-thoraxbeelden door geautomatiseerde detectie en (volume)meting van longnoduli. *Veye Chest* is geïntegreerd met PACS en compatibel met de DICOM-standaarden. Het algoritme gebruikt coupes van 3

millimeter of minder, met of zonder intravenus contrast.

#### Direct beschikbaar

Het algoritme detecteert en kwantificeert van pulmonale (sub)solide noduli met afmetingen tussen 3-30 mm. Omdat de beelden van de scan tegelijkertijd worden geanalyseerd met het uploaden naar PACS, zijn de uitkomsten vrijwel direct beschikbaar voor verslaglegging, zonder extra handelingen door een laborant of radioloog. De resultaten van de analyse staan vervolgens weergegeven als een

extra serie, waarin de afwijkingen geannoteerd zijn op de originele beelden. Indien er voorgaande of vergelijkbare onderzoeken beschikbaar zijn, geeft *Veye Chest* ook het percentage van eventuele veranderingen in volume en de volumeverdubbelingstijd weer. Hierdoor krijgt de radioloog of laborant in één oogopslag een indruk of er neiging is tot respons of progressie (*figuur 1*)<sup>2,3</sup>.

#### Enquête

Om het gebruiksgemak en toegevoegde waarde van *Veye Chest* te evalueren, is



Figuur 1. Voorbeeld van annotatie en volumemeting van longnoduli op axiale blanco CT-thorax door *Veye Chest* Aidence.

aidence		Veye Chest		Nodule Analysis		
Patient ID				Accession Number		
Study Date				08-12-2020		
Prior Accession Number				Prior Study Date		
Time between				31-08-2020		
				99 days		
These results (including the priors) are preliminary and need to be reviewed by a certified radiologist.						
Warning: please review the volume measurements. The VDT calculation may be less accurate due to acquisition differences between the current and prior scan.						
Solid nodules						
no.	Slice	Composition	Diameter (mm)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Growth (%)	VDT (days)
92	356	Solid	37x10 (24)	4256	16307	13
135	428	Solid	28x10 (19)	3190	15606	14
210	603	Solid	43x13 (28)	5254	6104	17
153	458	Solid	21x10 (16)	1977	5260	17
256	760	Solid	39x14 (27)	6978	4504	18
213	621	Solid	36x15 (26)	9727	4235	18
26	215	Solid	32x11 (22)	3437	3518	19
6	157	Solid	26x7 (17)	1919	2691	21
45	250	Solid	38x8 (23)	4331	2265	22
260	764	Solid	9x4 (7)	244	1067	28
229	667	Solid	29x13 (21)	2247	851	30
100	365	Solid	20x9 (15)	562	549	37
74	313	Solid	17x8 (13)	1040	520	38
99	365	Solid	28x9 (19)	2063	512	38

**Figuur 2.** Voorbeeld van overzicht van geanalyseerde longnoduli met diameter en volumemeting door Veye Chest Aidence. Toename in diameter en volume van alle getoonde solide longnoduli, gerangschikt op percentage volumetoename.

recent een enquête gehouden onder radiologen, longartsen en arts-assistenten radiologie en longgeneeskunde. Hierin is

‘Het programma vereist geen extra tijd of handelingen en levert vaak zelfs tijds winst op’

gevraagd naar het gebruik van Veye Chest bij de beoordeling van een CT-thorax en de ervaringen, positief en negatief. In totaal waren er 31 respondenten: 10 radiologen, 6 longartsen, 10 aios radiologie en 5 aios longgeneeskunde.

Alle respondenten van de afdeling radiologie en alle longartsen geven aan gebruik te maken van de Veye Chest van Aidence bij de beoordeling van een CT-thorax. Enerzijds ter controle van de eigen bevindingen, anderzijds om meteen een overzicht te krijgen van het aantal, de locatie en de eventuele groei van noduli die daardoor mogelijke nadere analyse behoeven. Vier van de vijf arts-assistenten longgeneeskunde gebruiken Veye Chest niet tot nauwelijks, omdat

de software binnen de longgeneeskunde met name wordt gebruikt bij poliklinische patiënten, en die zien de longartsen grotendeels zelf.

### Ervaringen

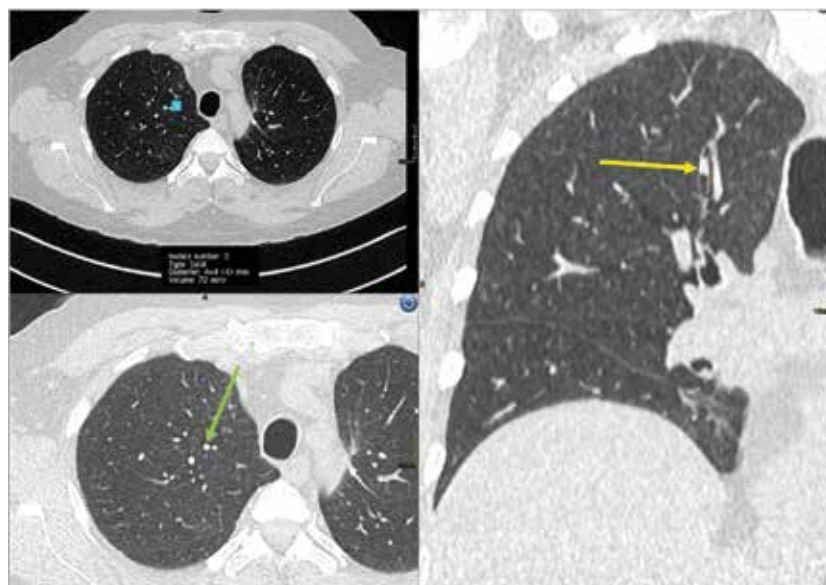
Het merendeel van de respondenten (n=26/31) is positief over Veye Chest. Zij noemen als pluspunt de manier waarop Veye Chest is geïntegreerd in de workflow. Het vereist namelijk van de laborant of radioloog geen extra tijd of han-

delingen. Ook vindt een meerderheid (n=20/31) het een ideale ondersteuning en aanvulling bij de detectie van longnoduli. Men heeft het gevoel dat het de sensitiviteit verhoogt. Dit maakt dat beoordelaars zich zekerder voelen over de eigen bevindingen. Daarnaast scheelt het tijd bij de beoordeling, zowel bij het vergelijken van multipale longnoduli met eerdere beeldvorming, als wanneer er überhaupt geen noduli gedetecteerd worden. De laatste optie lijkt de meeste tijds winst op te leveren. De gemiddelde tijds winst schatten de respondenten in tot circa tien minuten per scan.

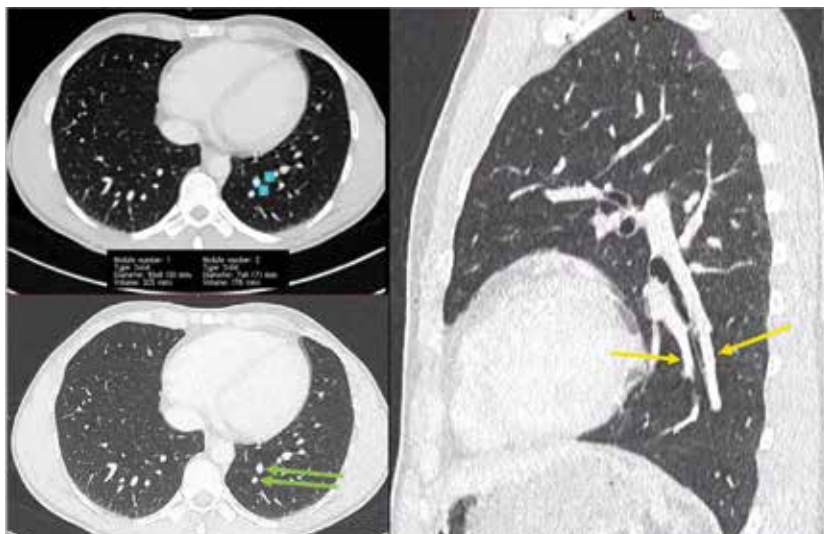
Een deel van de respondenten (n=10/31) vindt het prettig dat de overzichtspagina een duidelijk beeld geeft van het totaal aantal longnoduli en of er sprake is van groei of afname (figuur 2). Verder zijn de longartsen zeer te spreken over de 3D-volumetrie, hetgeen goed aansluit bij de richtlijnen van de *British Thoracic Society* (BTS). De longartsen verwachten dat het aantal follow-up scans in de toekomst zal gaan afnemen, omdat naast de 3D-volumetrie ook de stabiliteit van de longnoduli berekend wordt bij vervolgscaans middels de Volume Doubling Time (VDT). Hierdoor zijn patiënten mogelijk sneller te ontslaan uit de follow-up. Enkele respondenten (n=3/31) voorspellen dat in de toekomst patiënten en zorgverzekeraars steeds hogere verwachtingen krijgen van AI en dat het gebruik gaat gelden als kwaliteitseis.

### Overwegingen

Bij het gebruik en afstelling van Veye ►



**Figuur 3.** Fout-positieve bevinding van Veye Chest apicaal in de rechterbovenkwab (afbeelding rechtsboven). De ‘nodus’ in het axiale vlak (groene pijl), betreft een mucusplug, zoals zichtbaar in coronale richting (gele pijl).



**Figuur 4.** Twee fout-positieve bevindingen van Veye Chest. De twee 'solide nodi' in de linkeronderkwab in het axiale vlak (groene pijlen) betreffen vaatstructuren, zoals zichtbaar in het sagittale vlak (gele pijlen).

Chest willen we dat het programma geen klinisch significante noduli mist. Dit gaat soms echter gepaard met fout-positieve bevindingen. Die zijn enerzijds het gevolg

Tot slot is het de vraag in hoeverre AI in de nabije toekomst erin slaagt onderscheid te maken tussen benigne en maligne afwijkingen.

'Onze verwachting is dat de sensitiviteit in de toekomst niet alleen verbetert door betere software, maar ook door betere signaal-ruis verhoudingen van modernere CT-scanners'

van de gekozen sensitiviteits-threshold<sup>4</sup>. Hoe lager de threshold, hoe hoger de sensitiviteit en hoe meer fout-positieven. Anderzijds is dit het gevolg van patiëntgerelateerde factoren, zoals ademhalings- en bewegingsartefacten. De meest voorkomende fout-positieve bevindingen zijn mucuspluggen, vaatstructuren, atelectase, consolidaties en fibrotische restafwijkingen<sup>4</sup> (figuur 3 en 4). Hierdoor blijft het vereist dat de radioloog controleert en beoordeelt.

Onze verwachting is dat de sensitiviteit in de toekomst niet alleen verbetert door betere software, maar ook door betere signaal-ruis verhoudingen van modernere CT-scanners. Wel blijven patiëntgerelateerde factoren altijd van invloed. Op dit moment zien wij Veye Chest vooral als een handig hulpmiddel om de sensitiviteit van de radioloog te verhogen en het aantal perceptiefouten te verminderen.

### Conclusie

Het grootste deel van de gebruikers is enthousiast over de AI-toepassing Veye Chest. De radiologen en longartsen zien het als handige ondersteuning bij de dagelijkse werkzaamheden, mede dankzij

de goede integratie in de workflow. De AI-software lijkt de sensitiviteit te verhogen en tijdbesparend te zijn. Wel blijft de radioloog onmisbaar voor controle en karakterisering.

**Suzanne Tol**

aios radiologie NWZ

**Maarten van de Weijer**

aios radiologie NWZ

**Floris Rietema**

radioloog NWZ

### Literatuur

1. Jolanda Streekstra-van Lieshout. Fouten in de radiologie. Memorad 23.2-p8-13, 2018. [https://www.radiologen.nl/sites/default/files/Kwaliteit/Expertise/fouten\\_in\\_de\\_radiologie\\_mr\\_23.2\\_p\\_8-13.pdf](https://www.radiologen.nl/sites/default/files/Kwaliteit/Expertise/fouten_in_de_radiologie_mr_23.2_p_8-13.pdf)
2. Maarten van de Weijer, Merel Huisman, Erik Ranschaert, Paul Algra. Kunstmatige intelligentie in de radiologie. De dokter en digitalisering, Hoofdstuk 19. ISBN 978-90-368-2160-5. 2019
3. J. Opperman, M.A.J. van de Weijer. Artificiële intelligentie in theorie en praktijk. NVM-BR Magazine, september 2020, jaargang 03 nummer 03, blz 12 – 15.
4. M.A.J. van de Weijer. Detecting Pulmonary Nodules with a new AI Algorithm. Voorzitting RSNA 2018, Chicago.

## Hoe verliep de implementatie?

Bij de implementatie van Veye Chest in het NWZ zijn verschillende afdelingen betrokken: juridische zaken, privacy, ICT, medische informatie en radiologie. Voorafgaand aan de implementatie zijn duidelijke afspraken gemaakt omtrent de aansprakelijkheid. Een van de belangrijkste taken was onderzoeken of persoonlijke en medische gegevens op vertrouwelijke, zorgvuldige en adequate manier waren te waarborgen. Dit verliep volgens de privacywetgeving (AVG). Aidence is gecertificeerd tegen de ISO 27001 norm en werkt in overeenstemming met de NEN7510 norm. De NEN7510 en ISO 27001 normen leggen eisen vast omtrent informatiebeveiliging in de zorgsector en garanderen de beschikbaarheid, integriteit en betrouwbaarheid van medische en patiëntgegevens.



## AI IMPLEMENTATION STORIES

# Lessons learned in NWZ hospital

Although many radiology departments have launched (trial/research) projects to use machine learning for analysing medical images, the clinical usage of ML applications are still in their early stage. Hence, it is important that we learn from the experience of leading departments and hospitals for the upcoming implementations. Here, we examine one of the leading clinical applications of ML in the Netherlands, which offers us a great deal of insights into the implementation and working with these tools.



Mohammad H.  
Rezazade Mehrizi



Paul Algra

### Background of case

NWZ is a large, general hospital in the northern region (Alkmaar, Den Helder) of the Netherlands, with more than 4,000 healthcare professionals. The radiology department consists of 18 radiologists, 15 residents, and 110 radiographers: a total of nearly 150 employees active in performing a whole range of examinations (X-ray, CT-Scan, MRI and interventional procedures).

### The clinical use-case: why to consider implementing an AI application?

Detecting pulmonary nodules, measuring and analyzing them, and examining their changes over time is a time-consuming task for radiologists. Especially in oncology patients, CT scans of the lungs may reveal many (10-50) lesions. Each pulmonary nodule has to be evaluated and volumes have to be measured in order to ascertain whether chemotherapy had a beneficial effect or not. As radiologists are facing increasing workload, having a tool that supports them in the detection, delineation, and measurement of the lung nodules can save their time and increase the accuracy of their examinations and reports.

### Solution: which specific solution is selected and what does it offer?

Veye Chest application developed by Aidence for detecting lung nodules was considered as a suitable solution. The algorithm is trained on 45,000 images from the American Lung Cancer Screening Trial (NLST), and validated by using two databases: the LIDC/IDRI, a database created

to support the development and evaluation of CAD software, and a database developed in cooperation with the University of Edinburgh during a clinical trial funded by the NHS. Veye Chest has the CE Mark level IIa (currently in the process of updating to IIb against the new EU MDR) and is certified as a second or concurrent reader (when the tool is used simultaneously by a radiologist for examining the medical image). The application is fully integrated within the PACS, and does not interrupt the workflow. The software analyzes the CT-chest cases automatically, identifies the lung nodules, and designates them on the image (results can be seen as the radiologist scrolls through the slices). The software offers a report of the nodules, their size, and their stage (e.g., solid, ...). It also shows a 3D reconstruction of the nodules on which the radiologists can further examine the size and shape of the nodule. 3D measurement makes it possible to establish the volume of the lesion. Veye Chest also retrieves the most recent prior, if available, and returns the growth percentage and volume doubling time.

### Implementation process

Being one of the first radiology departments using AI applications in their work, the NWZ team were interested to experiment with it and be able to steer the way the application is further developed according to their needs. Initially, the software was installed on a server on the premises for a period of 1 year as a proof-of-concept. After a few months, Aidence became available on all the workstations for the radiologists. Because of the re-

search and training culture in the department, radiologists were interested in experimenting with new technologies. During the implementation, the department and the hospital had to learn how to define legal agreements with Aidence to comply with the regulations such as patient data protection.

### How do radiologists work with Veye Chest

Veye Chest is now used in medical practice for the cases in which examining the lung nodule is relevant (which accounts for more than 60% of the CT-Chest cases). The outputs of the software are accessible to all radiologists and referring doctors who see the examination. Patients can see the results of the AI tool only if they ask for it. The report contains a disclaimer stating that the radiologist must verify the presented. At work, there is no formal protocol for using the software, though the advice is that radiologists use software as a second opinion and do their own examinations independently. So, Veye Chest findings are an addition to the radiologist's report, not a replacement. In case of disagreement between the tool and the radiologist, the radiologist has the final say and is responsible for the examination.

### Results of the implementation and working with Veye Chest

There has been no systematic analysis of the efficiency and effectiveness of the Veye Chest yet. Some tentative estimates suggest that using Aidence can save 2 minutes per-case if it shows there is no nodule in the study; can save 3 min- ▶

utes per case if only one nodule is detected, and can save around 5 minutes per case if the radiologist needs to compare the change in the nodule by comparing it with the previous examination (follow-up). However, most radiologists think the help of Aidence is indispensable. So much so that the radiologists decided not to wait for the formal approval by the hospital, and instead paid for the algorithm themselves (for a 2-year contract).

Most radiologists use Veye Chest in their work, though they have different degrees of sympathy with this tool and using AI applications in general. Some radiologists have gradually learned how to tune the sensitivity of the software to keep a balance between the number of false-positive and false-negative results. One of the advantages of Aidence is that it will work in the background and not disturb the radiologist as they are working on the diagnosis. Aidence is seamlessly incorporated in the normal workflow.

In general, radiologists think that using Veye Chest is helpful to make sure they do not miss nodules, quickly measure their size, and if needed, get input about the changes of the nodules over time. They are particularly happy that the software runs in the background and is fully integrated into the PACS.

### Key lessons learned

- In order to have a successful AI implementation, the hospital should be matured to a certain level (AI maturity).
- Many parties need to be involved in this ecosystem, such as ICT, the Privacy officer, Administration, PACS technicians, and the Board of directors.

- It is important to establish legal frameworks for collaborating with AI companies.
- A natural, bottom-up process of introducing a new tool can gradually create enthusiasm (the importance of having a "local AI hero"). Having some radiologists who are enthusiastic to drive the digital transformation is crucial.
- There are very different ways in which a given AI tool can be practically used by radiologists; on the other hand, it is challenging to define a strict protocol for using it!
- It is important to be aware of the narrowness of AI tools and make sure they do not create biases in the attention.
- It's important to look beyond the algorithm and consider other aspects such as the track-record of the AI vendor, Q&R standards, IT security standards, local support levels, etc.
- Working with any AI vendor requires some mutual adaptation in the way data is exchanged and systems are configured. This is a challenge when a department wants to work with multiple AI tools offered by different vendors.

### Final word

Inherent to the case-based learning, the lessons need to be understood in their specific context of the case and the transfer of the lessons must be done carefully to avoid overgeneralization. Each case offers certain insights and is comparable to particular conditions. Therefore, we need to learn from a wide range of cases; for which we need many implementation studies in the future. At KIN center for digital innovation, we have an active research project for examining the various AI implementations in different depart-

ments and in different countries, which we sincerely welcome the collaborations from any institutions/departments who want to share their story (please contact the authors).

### Acknowledgement

We are grateful to the contributions and support of the NWZ team and the representatives of Aidence in offering their insights, particularly Ms. Evelien van Roijen (NWZ) Mr. Victor Groothengel (Aidence) and Ms. Catalina Barzescu (Aidence).

### Mohammad H. Rezazade Mehrizi

is an associate professor in the Knowledge, Information and Networks research group and KIN center for digital innovation, at Vrije Universiteit Amsterdam. He did first a PhD in Science and Technology Policy from Sharif University of Technology (in collaboration with SPRU), Iran, and a second PhD in management science from ESADE Business School, Barcelona. His current research examines the way algorithms shape the work of medical practice, especially radiology.

### Paul Algra

is affiliate researcher at KIN Center voor Digital Innovation, Vrije Universiteit Amsterdam

### See for all the research

[www.kinresearch.nl/research/research-areas/medical-intelligence/](http://www.kinresearch.nl/research/research-areas/medical-intelligence/)

### Correspondence address

[m.rezazademehrizi@vu.nl](mailto:m.rezazademehrizi@vu.nl)

## EuroMinnie-awards voor Nederlandse radiologen

Van de acht EuroMinnie-prijzen gaan er maar liefst drie naar Nederland. Zo heeft prof. dr. Marion Smits op 24 februari jongstleden de prijs gewonnen voor de meest invloedrijke onderzoeker en dr. Merel Huisman voor Europese rijzende ster. Daarnaast is Philips Healthcare in de prijzen gevallen voor de beste nieuwe radiologiesoftware.



Marion Smits



Merel Huisman

Interviews met de winnaars zijn te lezen op: [auntminnieeurope.com](http://auntminnieeurope.com)

## AI IN DE NEURORADIOLOGIE

# Hoe AI kan bijdragen aan efficiëntie en verhoging van kwaliteit



Elmer Naaktgeboren



Pieter Buijs



Wenzel van Ommen

Artificial Intelligence is *hot* in de medische wereld en zeker binnen de radiologie. Zo hebben de ontwikkelingen inmiddels minister van Financiën Hoekstra bereikt en voorspelt onze voorzitter van de raad van bestuur dat hij binnen een paar jaar geen radiologen meer nodig heeft. Moeten we daarom bang zijn voor AI als dreiging voor het voortbestaan van radiologen?

**E**ind 2018 besteedt een congres aandacht aan AI op het gebied van neuroradiologie. Met de modules voor intracranieële bloedingen en fracturen van de cervicale wervelkolom is Aidoc hier een van de onderwerpen. Er zijn twee redenen waardoor Aidoc eruit springt. De eerste is dat Aidoc reeds FDA en CE-certificering heeft voor deze modules, waarmee ze inzetbaar zijn in de dagelijkse praktijk. De tweede

reden is wellicht nog veel praktischer: de genoemde modules hebben de potentie om de bedrijfsvoering van een vakgroep radiologie te veranderen.

### Nachtrust

Waar elke vakgroep radiologie tegenaan loopt, zijn de protocollaire scans van hersenen en cervicale wervelkolom bij traumapatiënten. Deze hebben een absurde vlucht genomen in de laatste tien tot vijf-

ten jaar. In 2008 maakte ons ziekenhuis 800 scans per jaar buiten kantooruren. In 2018 was dit aantal gestegen tot ruim 4.000 scans. Als je pech hebt, zijn er vijf of zes van dit soort scans per nacht nodig. Een fatsoenlijke nachtrust kun je dan wel vergeten. Dit komt de kwaliteit van ons werk tijdens kantooruren niet ten goede.

En dit is waar AI uitkomst kan bieden. Met betrouwbare AI kun je wellicht afspraken maken met de SEH-artsen en neurologen dat zij, gesteund door AI, buiten kantooruren de CT-scans zelf bekijken. Waarna de radioloog de scan als eerste in de ochtend beoordeelt en van een definitief verslag voorziet. Dit was voor onze vakgroep het uitgangspunt om te starten met AI en meteen een logische eerste stap om de wereld van AI binnen te treden.

### In eigen hand

Bij het eerste contact met Aidoc bleek dat wij de eersten waren in Nederland die concreet interesse toonden. Aidoc bood direct een pilot-periode aan van drie maanden. De volgende stap was om de juiste personen in het ziekenhuis geïnteresseerd te krijgen. De eerste die we enthousiasmeerden, was de klinisch fysicus. Dat bleek een schot in de roos. Hij wist precies welke verschillende commissies dit moesten goedkeuren en aan welke ►



©Aidoc. Impressie van de widget op het scherm. In het beeldscherm verschijnt een representatieve coupe met de gevonden afwijking, die kan passen bij een bloeding.

voorwaarden we moesten voldoen. Mede gezien de verontrustende opmerking van de voorzitter van de raad van bestuur, wilden wij de implementatie van AI zoveel mogelijk in eigen hand houden. Daarom hebben wij van het begin af aan aangegeven dat wij de modules zelf wilden betalen. Het hele proces heeft in totaal achttien maanden geduurd. Door de goede samenwerking met zowel Aidoc als onze

vallen ging om hele kleine afwijkingen zonder klinische consequenties, laat dit wel zien dat Aidoc ook de sensitiviteit verhoogt. Wij zijn ook gestart met een pilot van de CWK-module, maar omdat de aantallen hiervan momenteel nog te klein zijn, laten we dit buiten beschouwing.

Aidoc doet dus wat het moet doen, namelijk vertrouwen geven dat er niets wordt

Ons inziens is het in de praktijk enkel interessant als het ook daadwerkelijk iets verandert, verbetert of vereenvoudigt in de werkwijze van de radioloog. Zo is een module voor de detectie van longnodulen pas interessant als de module ze in volume meet, vergelijkt met oudere scans en de resultaten inclusief groeipercentages weergeeft in een tabel. Daarnaast is een belangrijke stap dat het makkelijker moet worden om modules te gebruiken van verschillende vendors en deze te koppelen aan het bestaande PACS, zonder dat deze onderling interfereren. Er zijn inmiddels al enkele grote partijen bezig met platformen om dit te realiseren.

## ‘Bij een positieve bevinding geeft de widget een duidelijke melding zodat de scan meteen onder de aandacht komt’

ICT-afdeling verliep de implementatie zeer soepel en prettig.

Aidoc werkt met een widget, dat als een klein icoon permanent zichtbaar is op het PACS-scherm. Hiermee kun je zien welke scans de afgelopen 72 uur zijn geanalyseerd en wat de bevindingen zijn. Bij een positieve bevinding geeft de widget een duidelijke melding. Dit is vooral bruikbaar tijdens kantooruren en zorgt ervoor dat de scan meteen onder de aandacht komt. De gevonden afwijkingen worden via de widget met een coupe uitgelicht, gecentreerd en vergroot op de gevonden afwijkingen. Deze coupes worden ook als snapshot toegevoegd in het PACS, zodat het resultaat bij de scan zelf in PACS zichtbaar is. Als Aidoc geen positieve bevindingen opmerkt, wordt dit met tekst op een lege snapshot in het PACS toegevoegd.

### Niets gemist

Gedurende de pilot bleek dat Aidoc een relatief hoog aantal vals-positieve meldingen gaf. In totaal waren 83 op de 693 scans positief, waarvan we er 29 als fout-positief aanmerkten. Hierbij werd veelal een dense veneuze structuur, falxverkalving of artefact van het schedeldak aangezien voor een bloeding. Veel van deze fouten zijn relatief goed herkenbaar, ook voor niet-radiologen. De positief voorspellende waarde bedroeg daarmee 65 procent. Daartegenover staat wel een sensitiviteit en negatief voorspellende waarde van 100 procent en een specificiteit van 95 procent. Daarnaast vond Aidoc in een retrospectieve analyse op 1.432 scans nog 9 vals-negatieve bevindingen, bloedingen initieel niet beschreven door de radioloog. Hoewel het hier in alle ge-

gemist. Met deze wetenschap is de volgende stap om de SEH-artsen en neurologen te betrekken bij de ontwikkelingen. Het plan is om ze in regelmatige terugkerende sessies met gebruik van de software op te leiden in de acute beoordeling van deze CT-scans en in het onderscheid maken tussen reële en fout-positieve bevindingen. Uiteraard blijven wij zelf ook deze scans beoordelen en voorzien van een definitief verslag, maar waar mogelijk binnen kantooruren. Met een toegenomen nachtrust gaat tenslotte ook onze kwaliteit omhoog. Wij blijven uiteraard

### Bang voor AI?

Terugkomend op de vraag of we bang moeten zijn voor AI, zijn wij van mening dat het juist kan bijdragen aan een efficiëntieslag en verhoging van kwaliteit in de radiologie. In ons geval haalt het voor nu hopelijk het acute randje van protocolaire trauma-scans, waardoor we een betere nachtrust kunnen genieten. De grote vraag is hoe AI zich nu verder gaat ontwikkelen en hoe wij daarmee omgaan. Uiteindelijk zal AI in de toekomst ook afwijkingen gaan zien die niet zichtbaar zijn voor het menselijk oog en zich begeven op het gebied van de data die wij als radioloog niet of nauwelijks gebruiken. En als het gaat om het vertrouwen in AI: wat

## ‘AI kan juist bijdragen aan een efficiëntieslag en verhoging van kwaliteit in de radiologie’

wel beschikbaar voor mede-beoordeling van de scans buiten kantooruren bij twijfel over de bevindingen.

### Meerdere modules

Nu de eerste stappen in de wereld van AI zijn gezet en de ervaringen zo positief zijn, ligt voor ons de drempel een stuk lager om verder te kijken naar wat AI in de nabije toekomst voor ons nog meer kan betekenen. Een van de problemen die zich daarbij voordoet, is dat AI op dit moment meestal wordt aangeboden in modules die slechts één facet van het onderzoek beoordelen (bijvoorbeeld longnodulen, longembolieën of pneumothorax). Wanneer je de mogelijkheden met AI wilt uitbreiden met meerdere modules, wordt dit al snel onbetaalbaar. Je zult dus kritisch moeten kijken welke modules van meerwaarde zijn.

als de software afwijkingen aanwijst die wij niet kunnen zien?

Gezien onze ervaringen met AI in de praktijk kunnen wij het elke vakgroep adviseren om eens goed te kijken naar de bedrijfsvoering en te kijken waar en hoe AI hierin een efficiëntieslag kan realiseren. En het vervolgens gewoon doen! ■

**Elmer Naaktgeboren, Pieter Buijs en Wenzel van Ommen**  
radiologen in het Bravis ziekenhuis

# AI IN DE NEURORADIOLOGISCHE PRAKTIJK

## Een aanzienlijke verandering en verbetering

Artificial intelligence (AI) begint de neuroradiologische praktijk langzaam maar zeker te bereiken. Binnen het Erasmus MC maken de neuroradiologen gebruik van diverse commerciële AI-toepassingen en zijn we actief betrokken bij de ontwikkeling van AI-methoden door de Biomedical Imaging Group Rotterdam (BIGR), geleid door prof. dr. Wiro Niessen. Deze continue wisselwerking tussen kliniek en wetenschappelijk onderzoek leidt niet alleen tot ontwikkeling van AI-methoden met een duidelijke klinische relevantie, maar ook tot een snelle implementatie in de klinische praktijk.



Marion Smits

**B**innen het Alzheimercentrum Rotterdam is het gebruik van AI voor het kwantificeren van hersenatrofie niet meer weg te denken. Al enkele jaren gebruiken we hiervoor de commercieel beschikbare software van Quantib. Maar al voordat deze op de markt was, pasten we prototypes van deze software toe in onze praktijk. De traditionele visuele beoordeling van hersenscans op atrofie is in belangrijke mate onderhevig aan de ervaring van de beoordelaar. Je hebt immers een referentiekader nodig van wat normaal is om de mate van afwijking vast te kunnen stellen. Bovendien is dat wat

normaal voor een man van zeventig jaar, mogelijk niet normaal voor een vrouw van dezelfde leeftijd, of iemand die tien jaar jonger is.

renchym, alle hersenkwabben en de hippocampus worden afgelijnd, heeft twee belangrijke voordelen. Enerzijds zijn de diverse volumes afgezet tegen een grote

‘De ontwikkelingen in de nabije toekomst zullen onze klinisch-neuroradiologische praktijk aanzienlijk veranderen en verbeteren’

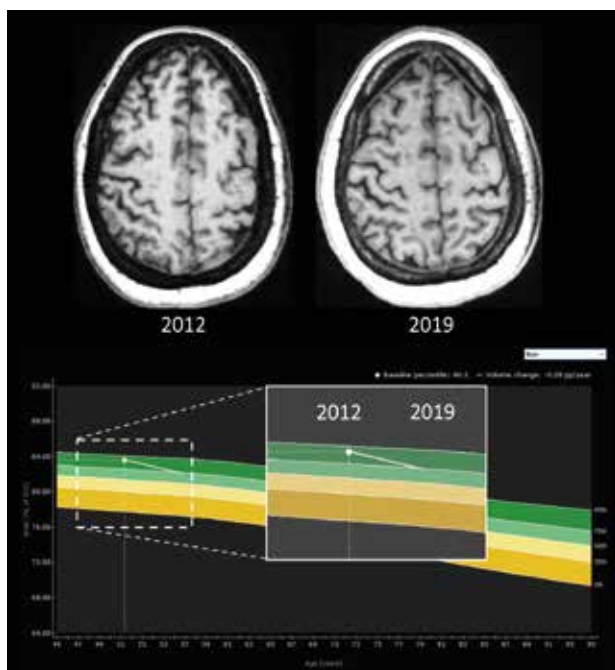
### Twee voordelen

Het gebruik van kwantificatie-software, waarmee volautomatisch het hersenpa-

referentiepopulatie<sup>1</sup>, zodat voor een individuele patiënt van een bepaalde leeftijd én geslacht de mate van eventuele atrofie nauwkeurig is vast te stellen. Dit verhoogt natuurlijk de accuratesse van de beoordeling, die daarmee ook veel minder afhankelijk is van de ervaring van en interpretatie door de radioloog. Anderzijds wordt het veel beter mogelijk patiënten te vervolgen in de tijd, met een hogere gevoeligheid voor subtiele achteruitgang (zie figuur 1).

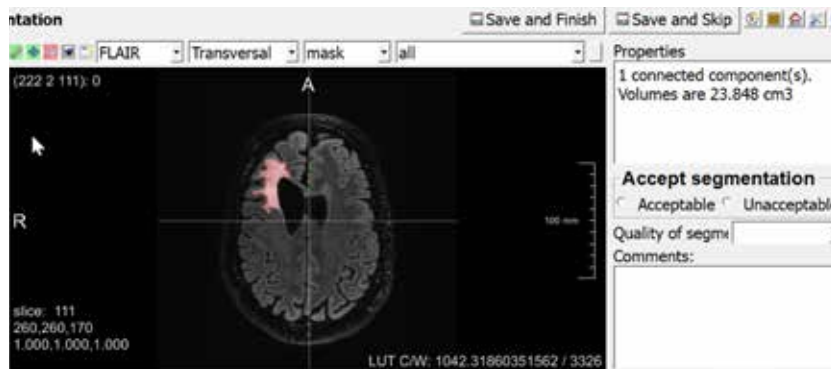
### Automatische tumorsegmentatie

Zeer binnenkort starten we ook met automatische tumorsegmentatie bij patiënten van het Hersentumorcentrum van het Erasmus MC Kanker Instituut. Hiervoor zullen we in eerste instantie gebruik maken van software ontwikkeld door de BIGR ('EASE'), die volledig automatisch binnen de MRI-scan een tumor detecteert en segmenteert. Dit in tegenstelling tot momenteel commercieel beschikbare tools voor tumorsegmentatie die nog een bepaalde mate van interactie van de gebruiker vereisen, zoals het starten van ►



**Figuur 1.** MRI van de hersenen van een in 2012 50-jarige drager van het progranulinegen, dat geassocieerd is met een verhoogd risico op dementie. Hoewel het totale hersenvolume op beide tijdstippen (hoog) normaal is, is de relatieve afname in zeven jaar tijd in de grafiek duidelijk zichtbaar.

Figuur samengesteld met beeldmateriaal van prof. dr. Meike Vernooij.



**Figuur 2.** Screenshot van de kwaliteitscontrole van de automatische tumorsegmentatie. Wanneer de gebruiker *acceptable* aanvinkt, komt het resultaat segmentatie beschikbaar in het PACS.

de segmentatie door de tumor te identificeren.

Na wel nog een handmatige controle door de gebruiker (zie *figuur 2*), wordt het resultaat van de tumorsegmentatie automatisch naar PACS gestuurd en het beloop van het tumorvolume in de tijd weergegeven. Uit diverse onderzoeken blijkt dat volumemetingen tumorprogressie of effect van behandeling beter weergeven dan de gebruikelijke 2D (RANO) of 1D (RECIST) metingen<sup>2,3</sup>. En net als bij de dementiescans geldt ook hier dat de variatie tussen gebruikers minder en de reproduceerbaarheid hoger is.

### Accurater en beter reproduceerbaar

Voorbeelden van andere toepassingen die de neuroradiologische praktijk (nagenoeg) bereikt hebben zijn de automatische detectie van MS-laesies, hetgeen met name de follow-up aanzienlijk vereenvoudigt, automatische detectie van hersenbloedingen, waardoor deze onderzoeken automatisch als urgent worden aangemerkt in de werkdienst, en automatische diagnostiek in het kader van ischemische beroerte.

Het valt te verwachten dat deze ontwikkelingen in de nabije toekomst onze klinisch-neuroradiologische praktijk aanzienlijk zullen veranderen en verbeteren,

met meer accurate, reproduceerbare en kwantitatieve diagnostiek enerzijds, en het optimaliseren van de logistiek en workflow anderzijds.

### prof. dr. Marion Smits

neuro- en hoofd-/halsradioloog, hoogleraar toegepaste beeldvorming van de fysiologie van het zenuwstelsel, Erasmus MC, Rotterdam

### Literatuur

1. Ikram MA et al. The Rotterdam Scan Study: desing update 2016 and main findings. *Eur J Epidemiol.* 2015;30(12):1299-315.
2. Gahrmann R et al. Comparison of 2D (RANO) and volumetric methods for assessment of recurrent glioblastoma treated with bevacizumab-a report from the BELOB trial. *Neuro-Oncology.* 2017;19(6):853-861.
3. Kickingereder P et al. Automated quantitative tumour response assessment of MRI in neuro-oncology with artificial neural networks: a multicentre, retrospective study. *Lancet Oncol* 2019;20(5):728-740.

COI disclosure: *Quantib B.V.* is een spin-off bedrijf van het Erasmus MC. De auteur heeft geen persoonlijk financieel belang in *Quantib*.

## TIP VAN DE REDACTIE

# De groeikansen van AI

Het boek *Ontdek de groeikansen van AI* gaat voornamelijk over de commerciële kansen die AI biedt. Je vindt beschrijvingen van wat goed gaat, wat beter kan en hoe je een AI-plan maakt. De 'zakelijke' aanpak biedt veel leerzaam voor radiologen of medisch specialisten in het algemeen. Immers, in onze opleiding is nooit of nauwelijks

aandacht besteed aan organisatorische vraagstukken, laat staan het ontwikkelen van een *business case*.

Elk AI-project begint met een probleemstelling: 'wat wil je oplossen', zo wordt Jim Stolze geciteerd. Praktische zaken als hoeveel data heb je nodig voor een algoritme en hoe zet je een AI-team op, komen aan bod, maar ook aspecten als hoe zal mijn beroep

veranderen. Tot slot is er veel voor ethische aspecten als *bias*, *security* en *deep fakes*.

Helder en goed geschreven, mooi uitgevoerd.

Zeer geschikt voor de lezer met een algemene belangstelling voor AI en mooie introductie voor de collega die de komende jaren wat wil met AI. Verplicht leesvoer voor alle raden van bestuur en stafbesturen in Nederland.

*Ontdek de groeikansen van AI*, Remy Gieling, eerste druk december 2020, ISBN 9789089655097.

Paul Algra

Heeft u tips voor deze rubriek (boeken, films, series of apps)? Laat het ons weten via [memorad@radiologen.nl](mailto:memorad@radiologen.nl).



“ ALS WE NIET  
OPPASSEN  
MISSEN WE  
DE REVOLUTIE  
IN ARTIFICIAL  
INTELLIGENCE ”

## DEEP LEARNING IN DE RADIOLOGIE

# Beelden, tekst of hybride?

Bij 'big data' in de radiologie denk je al snel aan grote datasets met CT- of MRI-beelden en de indrukwekkende resultaten van AI-algoritmes. Maar denk ook eens aan al die honderd-duizenden verslagen die we per vakgroep per jaar maken. Vallen die ook onder 'big data'? De combinatie van tekst en AI is het domein van Natural Language Processing (NLP). In dit artikel zal ik kort uitleggen wat NLP is, welke toepassingen van NLP in de radiologie bestaan voor tekst en beeld, en hoe je zelf kunt beginnen met NLP.



Allard Olthof

**T**raditionele NLP is een vak apart, dat ligt op het grensvlak van taalkunde en informatica. Het accent ligt op de opbouw van tekst en het benoemen van onderdelen van zinnen. Een belangrijke taak voor NLP is de classificatie van teksten. Het NLP-model geeft dan aan of de tekst in de ene of in de andere categorie valt. De classificatie van teksten vindt bij traditionele NLP vaak plaats door het toepassen van regels. Stel, je wilt onderzoeken wat de opbrengst van thoraxfoto's is door een serie verslagen automatisch te verdelen in de categorieën 'wel' of 'geen' infiltraat. In dat geval zou je de volgende regels kunnen toepassen:

ALS 'infiltratieve afwijkingen' in de tekst staat, DAN categorie 'infiltraat'.

ALS 'geen infiltratieve afwijkingen' in de tekst staat, DAN de categorie 'geen infiltraat'.

Dat is duidelijk, toch? Maar wat als de woorden 'geen infiltratieve afwijkingen links, maar wel rechts' in de tekst staan? Vanwege de grote variatie in taal zijn er op deze manier heel veel regels nodig om een serie verslagen in de juiste categorie te plaatsen.

### Verschillende methoden

Bij *machine learning* (ML) leert het algoritme zelf de regels door het trainen met data. Die data kunnen beelden zijn, maar ook tekst. Om tekst te kunnen gebruiken voor ML, moet deze eerst worden voorbereid. Dat kan bijvoorbeeld door woorden met dezelfde stam gelijk te maken en door zogenaamde stopwoorden te verwijderen. Door deze stappen blijven er minder woorden over, waardoor het algoritme beter zal presteren. De volgende stap is het omzetten van 'letters'

naar 'cijfers'. Twee bekende methoden daarvoor zijn *Bag-of-words* (waarbij alle woorden van een tekst samengevoegd worden en geteld) en *Word2Vec* (waarbij woorden omgezet worden in vectoren met een bepaalde onderlinge relatie). De data zijn nu geschikt om het ML-algoritme te trainen.

Een probleem van deze methoden is dat het lastig blijft om lange zinnen goed te interpreteren. *Deep learning* (DL) biedt

de mogelijkheid om woorden beter in hun context te analyseren. Een bekende DL-methode is CNN, dat staat voor convolutioneel neurale netwerk. Bij een CNN toegepast op beelden wordt een venster stapsgewijs over het beeld geschoven, waarbij overlappende delen worden geanalyseerd. Bij tekst gaat dit op dezelfde manier, maar dan ééndimensionaal. Door de grootte van dit venster aan te passen, wordt meer of minder van de context meegenomen. In NLP-artikelen kom je ook de term LSTM tegen, dat staat voor *long short-term memory*. Deze methode onthoudt ook onderdelen van de tekst en neemt ze mee bij de analyse van volgende woorden. De classificatie van tekst gebeurt dan niet meer alleen op basis van woorden, maar ook op basis van de volgorde van de woorden. Door deze 'bredere blik' is de herkenning in het algemeen beter dan bij het toepassen van regels.

Nog een stap geavanceerder zijn de zogenaamde *transformer algoritmes*, zoals BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), dat Google in 2018 heeft ontwikkeld voor haar zoekmachines. Dit type algoritmes worden ge-pre-traind met zeer grote datasets om woorden in hun context te herkennen. Voor een specifieke taak hoeft het algoritme alleen maar 'na-ge-traind' te worden op een veel kleinere dataset. Dit concept heet *transfer learning* en leidt tot

'Een NLP-model geeft aan of tekst in de ene of de andere categorie valt'

uitstekende resultaten, niet alleen voor classificatie van tekst, maar ook voor toepassing op het gebied van bijvoorbeeld vraag/antwoordcombinaties. In 2019/2020 zijn de eerste publicaties over de toepassing van BERT in de radiologie verschenen.

### NLP in de radiologie

De workflow van de radiologie kun je beschrijven in de volgende stappen: Aanvraag – Protocol – Onderzoek – Detectie en interpretatie – Verslag – Communicatie. Het grootste deel van de AI-publicaties gaat over het beeld-domein en heeft betrekking op detectie en interpretatie. Omdat tekst bij de andere stappen van de workflow een rol speelt, zijn dat de potentiële toepassingsgebieden voor NLP op dit moment. Ook al staat NLP-onderzoek in de radiologie nog in de kinderschoenen, het aantal jaarlijkse publicaties stijgt snel. ▶

Voorbeelden van toepassingen zijn:

- het evalueren van aanvraagpatronen op basis van de tekst op de aanvraag
- het automatisch protocolleren van CT of MRI. De dataset voor deze toepassing bestaat dan uit de tekst van de aanvragen met als labels de door de radioloog toegewezen protocollen

oordeelt, en een daaraan gekoppeld NLP-algoritme dat een verslag maakt<sup>2</sup>.

De ontwikkelingen op het gebied van AI gaan razendsnel. Daar waar twee jaar geleden het bovengenoemde BERT algoritme 'state-of-the-art' was voor NLP, is dat nu GPT-3. Een NLP-neuraal netwerk met

taak voor de radioloog in een NLP-project is vergelijkbaar met het annoteren van beelden: het labelen van verslagen (bijvoorbeeld wel/geen pleuravocht, wel/geen infiltraat, enz). Het NLP-algoritme is dan te trainen met een serie verslagen met labels. Het getrainde algoritme kan deze afwijkingen daarna zelfstandig detecteren in verslagen. Wil je zelf ook NLP-algoritmes leren toepassen, dan zijn de diverse online cursussen op Coursera.org van bijvoorbeeld [deeplearning.ai](https://www.coursera.org/deeplearning-ai) een aanrader. ■

## 'De werklast van labelen is met NLP in een AI-algoritme sterk te reduceren'

- het labelen van radiologiebeelden voor AI op de bijbehorende verslagen. Die gelabelde beelden kunnen vervolgens een beeld-AI-algoritme trainen. Annarumma et al<sup>1</sup> hebben met deze werkwijze een algoritme getraind om thoraxfoto's te beoordelen en te prioriteren in de werklíst. De radiologen hebben 4.551 foto's handmatig gelabeld, maar het grootste deel van de 413.403 foto's in de dataset is door NLP gelabeld op basis van de radiologieverslagen (zogenaamde *weak labels*). De werklast van labelen is met NLP dus sterk te reduceren
- identificeren van datasets op basis van informatie uit het radiologieverslag
- evalueren van kwaliteitsprojecten, bijvoorbeeld de mate waarin een bepaalde richtlijn wordt opgevolgd of de impact van *structured reporting*
- analyseren van diagnostische opbrengst (bijvoorbeeld het percentage normale en afwijkende onderzoeken). Dergelijke informatie is te gebruiken om zinnige en zuinige zorg makkelijker te evalueren en kan bijdragen aan het aantonen van de toegevoegde waarde van radiologie.
- verslagen 'vertalen' naar begrijpelijke taal voor patiënten
- voorspellen van de uitkomst van de patient op basis van informatie uit radiologieverslagen.

17,5 miljard parameters... dat gaat het voorstellingsvermogen te boven. Tot nu toe hebben beeld-AI en tekst-AI zich min of meer gescheiden ontwikkeld. Met de fusie van tekst en beeld gaat dat veranderen. GPT-3 is namelijk in staat om vanuit tekst beelden te creëren<sup>3</sup>. Dat is natuurlijk precies omgekeerd van wat wij als radiologen doen: wij maken tekst (verslagen) vanuit beeld. Ik ben benieuwd hoe lang (of kort) het duurt voordat het GTP-3-algoritme tekst vanuit beelden kan maken. Dan wordt het voor de radioloog pas echt interessant. De honderduizenden verslagen waar ik dit verhaal mee begon, bieden nu al veel mogelijkheden voor NLP. Wie weet hoe al die verslagen gecombineerd met beelden in dergelijke GPT-3 algoritmes een rol in ons vak gaan spelen.

### Zelf aan de slag met NLP?

Als radioloog kun je zelf op verschillende manieren met NLP aan de slag. Het belangrijkste om te realiseren is dat NLP-projecten bij uitstek multidisciplinair van aard zijn, waarbij samenwerking nodig is tussen PACS-beheerder, ICT-er, data-scientist en radioloog. Met enige NLP-kennis wordt het makkelijker te communiceren met andere teamleden en zijn NLP-publicaties beter te begrijpen. Afgelopen jaar zijn een aantal review-artikelen verschenen die een goed begin zijn om je verder in NLP te verdiepen<sup>4-6</sup>. Een natuurlijke

### Allard Olthof

radioloog Treant, promovendus UMCG

### Literatuur

1. Annarumma M, Withey SJ, Bakewell RJ, Pesce E, Goh V, Montana G (2019) Automated Triaging of Adult Chest Radiographs with Deep Artificial Neural Networks. *Radiology* 291:196-202
2. Monshi MMA, Poon J, Chung V (2020) Deep learning in generating radiology reports: A survey. *Artif Intell Med*.
3. DALL-E: Creating Images from Text. <https://openai.com/blog/dall-e/>. Accessed 22 Jan 2021
4. Sorin V, Barash Y, Konen E, KLang E (2020) Deep Learning for Natural Language Processing in Radiology—Fundamentals and a Systematic Review. *J Am Coll Radiol* 17:639-648
5. Luo JW, Chong JJR (2020) Review of Natural Language Processing in Radiology. *Neuroimaging Clin N Am* 30:447-458
6. Chen PH (2020) Essential Elements of Natural Language Processing: What the Radiologist Should Know. *Acad Radiol* 27:6-12

### Tekst en beeld

In bovenstaande voorbeelden staat de NLP nog los van de radiologiebeelden. Een voorbeeld van een project met een nauwere relatie tussen beeld en tekst gaat over een deep learning-algoritme dat de CT-thorax checkt op noduli, en daaraan gekoppeld een NLP-algoritme dat checkt of de radioloog de nodus ook heeft beschreven in het bijbehorende verslag. Een andere toepassing is een deep learning-algoritme dat de beelden be-

## Over de auteur

Allard Olthof werkt als radioloog bij Treant (Hoogeveen/Emmen/Stadskanaal) en is buitenpromovendus in het UMCG bij dr. ir. Peter van Ooijen (co-promotoren dr. Jan Cees de Groot en dr. ir. Ludo Cornelissen). Zijn promotieonderzoek is getiteld *Quality Improvement in Radiology Reporting by Imaging Informatics and Machine Learning*, waarvan het eerste deel gaat over feedback, workflow en structured reporting. Het laatste deel gaat over AI, in het bijzonder over Natural Language Processing.



## AANDACHTSGEBIED OF NOODZAAK VOOR DE TOEKOMST?

# Opties voor formele bijscholing in AI

Mede naar aanleiding van de extensieve aandacht van het vorige AI-themanummer van Memorad en AI-gerelateerde cursussen die hij volgde, raakte Paul Ousema geïnteresseerd in de mogelijkheden van AI voor radiologie. Welke mogelijkheden tot formele bijscholing zijn er naast AI-gerelateerde cursussen? Ousema verkende de mogelijkheden.



Paul Ousema

**H**oe meer ik te weten kwam over de mogelijkheden van AI binnen het ziekenhuis en de radiologie, des te sterker groeide de behoefte naar een formele opleiding op het gebied van AI. Grofweg zijn de mogelijkheden in te delen in online cursussen, *bootcamps*, hbo-opleidingen en academische studies.

studie. Toch bleken de meeste medestudenten relatief jong en in een andere fase van hun carrière. Omdat je mijns inziens net zoveel leert van medestudenten als docenten, heb ik hier niet voor gekozen.

### Inhoudelijke argumenten

Alle universiteiten in Nederland bieden parttime masteropleidingen aan die

vocaat of ondernemer. Hierdoor behandelen zij naast de verplichte theoretische modellen ook *real life* praktijkcasus.

De 35 medestudenten zijn gemiddeld halverwege de 30 en dus circa een decennium op weg in hun carrière. In het bedrijfsleven, maar ook bij de (semi)overheid, een startup of als ondernemer. Daarnaast is ongeveer 20 procent arts (een enkeling nog praktiserend). Door de diversiteit in achtergrond en nationaliteiten kom je sneller tot inventieve oplossingen in het casusgerichte onderwijs, merk ik. Tot slot vind ik het vanuit puur praktisch oogpunt makkelijk dat de afstand tussen mijn primaire werklocatie OLVG Oost en de Amsterdam Business School op het Roeterseiland hemelsbreed minder dan één kilometer uit elkaar liggen.

### Succesfactoren

De combinatie van fellowship en een parttime studie is behalve inspirerend natuurlijk bij tijd en wijle ook uitputtend

‘Grofweg zijn de mogelijkheden in te delen in online cursussen, bootcamps, hbo-opleidingen en academische studies’

### Voors en tegens

Allereerst zijn er legio mogelijkheden om online cursussen en zelfs masteropleidingen te volgen op het gebied van programmeren, AI, Big Data en Business Analytics. Het voordeel is dat je dit in je eigen tijd kunt doen, maar uitsluitend online contact met medestudenten en docenten sprak mij (pre-corona) minder aan. Voor on-site trainingen op het gebied van AI/programmeren, maar ook bijvoorbeeld Ethisch Hacken, zijn er meerdere bootcamps beschikbaar waar je in drie tot zes maanden intensief wordt opgeleid tot bijvoorbeeld Junior Data Scientist. Hoewel de intensiteit van deze bootcamps zorgt voor een snelle leercurve, is dit lastig te combineren met een baan als fellow.

Dan zijn er de hbo-opleidingen, waarvan een groot deel parttime. Een route naar een formeel diploma heeft behalve de erkenning van dat diploma, ook het voordeel dat het de mogelijkheid opent tot renteloos lenen bij DUO ter bekostiging van de

ten minste deels scholing geven op het gebied van AI of Big Data. Ik koos uiteindelijk voor de MBA Big Data & Business Analytics aan de UvA, vanwege een combinatie van inhoudelijke argumenten, kwaliteit van docenten, medestudenten en puur praktische argumenten. Zo zijn de

meeste vakken van de MBA te categoriseren in Analytics, Business en Computing: alle drie in meer of mindere mate op ons vak toepasbaar. Daarnaast is er in het vak Amsterdam Leadership Program aandacht voor de in ons vak zo belangrijke *soft skills*. Verder zijn de meeste docenten geen pure academici, maar tevens werkzaam in de praktijk als bijvoorbeeld consultant, ad-

en daardoor soms een hele opgave. Belangrijke factoren voor succes zijn hierbij steun van het thuisfront en flexibiliteit van de collega's, waarbij ik gelukkig met beide ben gezegend!

### Paul Ousema

fellow MSK, OLVG Oost/West Amsterdam

## COMMISSIE ONDERWIJS

# AI in de opleiding aios radiologie



Peter van Ooijen



Tim Leiner

Met de opkomst van kunstmatige intelligentie (AI - Artificiële Intelligentie) is een nieuwe uitdaging ontstaan voor de gebruiker van deze technologie. Gezien de manier waarop kunstmatige intelligentie werkt en de grote impact die het kan hebben op hoe de gebruiker met een computersysteem omgaat, spelen niet alleen technische, maar ook sociale, ethische en wettelijke aspecten een rol bij de introductie en het gebruik van AI.

Dat het nodig wordt geacht om met AI bekend en gewend te raken zien we aan initiatieven zoals de Nederlandse Nationale AI cursus ([www.ai-cursus.nl](http://www.ai-cursus.nl)), die voor iedere Nederlander de misverstanden omtrent kunstmatige intelligentie uit de weg wil ruimen en de mogelijke toepassingen wil laten zien van AI over het algemeen. In de gezondheidszorg, en in het bijzonder de radiologie, zien we ook een groei in het onderzoek

Dat is te merken aan de recente voorstellen voor de radiologie-opleiding die in de afgelopen jaren zijn uitgebracht op Europees niveau. De serie onderwijscurricula van de *European Society of Radiology* (ESR), te vinden op [www.myesr.org/education/training-curricula](http://www.myesr.org/education/training-curricula), bestaat uit een blauwdruk voor het *undergraduate* curriculum, een level I en II curriculum voor de opleiding radiologie en een level III curriculum voor subspecialisatie in de radiologie (zie afbeelding op de volgende pagina).

het zijn van een drijvende kracht achter de implementatie van Medical Imaging Informatics-projecten in het ziekenhuis.

### Situatie in Nederland

In Nederland zal gekeken moeten worden welke onderdelen van het ESR-curriculum voor onze opleiding relevant zijn en hoe deze zijn te integreren in het bestaande beeldvormende technieken (BVT)-onderwijs. Aan de ene kant betekent dit dat er nieuw en gericht onderwijs op het gebied van de AI gemaakt en geïmplementeerd moet worden, aan de andere kant dat er binnen de bestaande structuren meer aandacht moet komen voor de ontwikkeling, selectie en implementatie van AI-tools voor klinisch gebruik. Dit alles zal moeten gebeuren binnen een al flink vol onderwijsprogramma voor de aios radiologie.

‘Binnen de cursus BVT is het informatica-onderwijs slechts één dagdeel van 3,5 uur’

naar en de toepassing van AI. Dat vraagt om meer gerichte informatie en training van de (toekomstige) gebruikers van deze technologie in de klinische praktijk.

Het gaat hierbij in het geval van de radiologie niet alleen om een op zijn minst basisbegrip van de technische kant van AI, maar ook om zaken als validatie van AI-tools, ethiek omtrent gebruik van data en AI-systemen, en wet- en regelgeving (bijvoorbeeld *software as a medical device* zoals dat wordt aangegeven in de nieuwe EU *Medical Device Regulation*). Buiten de vraag hoe AI te trainen en te gebruiken, zijn ook vragen rond het gebruik van data en de autonomie van AI-tools belangrijk voor de toekomst van de radiologie.

### European Society of Radiology

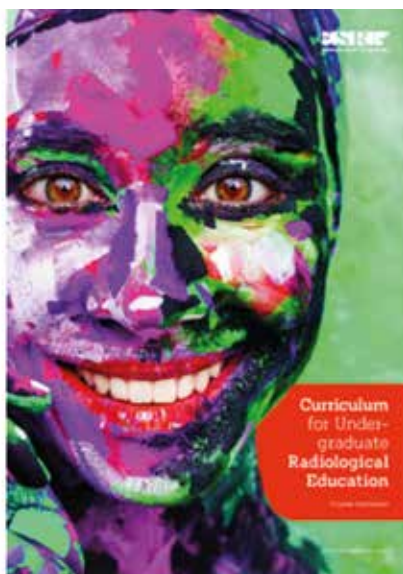
Informatica-ontwikkelingen in het algemeen, en de AI in het bijzonder, zijn van belang voor de radioloog in opleiding.

Een van de onderdelen van dit curriculum is het onderwijs op gebied van de *Medical Imaging Informatics*. Onder deze noemer valt ook de AI-ontwikkeling in de radiologie en gezien het belang van AI voor de radiologische praktijk is ook dit in de opleiding tot radioloog meegenomen. Hierbij wordt AI expliciet genoemd in het curriculum als het gaat om het begrijpen van de werking en toepassing van AI-tools gebaseerd op *machine learning* en *deep learning* en het hebben van kennis van de verschillende technische opties om AI en deep learning te implementeren in de radiologische workflow. Echter, er zijn ook andere gevraagde competenties die vallen onder de Medical Imaging Informatics. Deze competenties zijn algemeen gedefinieerd in het curriculum, maar zeker ook van toepassing op AI. Voorbeelden hiervan zijn het in staat zijn om informaticatools in te zetten om efficiëntie en kwaliteit van zorg te verbeteren, en

### Informatica in het BVT-onderwijs

Binnen de cursus BVT is het informatica-onderwijs, door de hoeveelheid van technische onderwerpen die behandeld worden, slechts één dagdeel van 3,5 uur. Als we kijken naar het Europese curriculum, dan is het onmogelijk om alle daarin genoemde onderdelen op een goede en voldoende diepgaande manier in dit onderwijs te behandelen. Daarom wordt in dit dagdeel in de huidige opzet een groot aantal informatica-onderwerpen behandeld die onderdeel zijn van het ESR-curriculum. Het onderwijs wordt gegeven op basis van een klinische casus, waarbij het beperkt is tot de basisbegrippen.

Als onderdeel van dit onderwijs wordt ook besproken wat kunstmatige intelligentie (AI), machine learning en deep learning zijn en wat voor effect ze (kunnen) hebben op de dagelijkse praktijk van de radiologie.



 Curriculum for Undergraduate Radiological Education



 European Training Curriculum for Radiology



 European Training Curriculum for Subspecialisation in Radiology

De serie onderwijscurricula van de *European Society of Radiology* (ESR) bestaat uit een blauwdruk voor het *undergraduate* curriculum, een level I en II curriculum voor de opleiding radiologie en een level III curriculum voor subspecialisatie in de radiologie.

Tevens wordt kort ingegaan op verschillende toepassingen van deep learning in de radiologie en wat de uitdagingen zijn bij gebruik en implementatie van deep learning. Gezien de korte beschikbare tijd en de grote hoeveelheid onderwerpen is het hierbij niet mogelijk om te diep op de techniek in te gaan, maar beperken we ons tot basisprincipes en het bespreken waar de radioloog AI kan gebruiken en hoe ermee om te gaan in de klinische praktijk.

De reacties van de aios op de enquête na het onderwijs laat zien dat dit voor een aantal voldoende is, maar er zijn ook aios die dieper op de materie in willen gaan. Voor deze aios is er op de website van de NVvR een lijst geplaatst met artikelen, webinars en cursussen die relevant en interessant zijn voor meer verdieping op

### Sandwichcursus

Op dit moment wordt er in de commissie Onderwijs ook nagedacht hoe AI is te integreren in de Sandwichcursussen (SWC). De gedachtevorming hierover loopt nog. Het meenemen van dit onderwerp in de SWC heeft als voordeel dat er aandacht is te besteden aan concrete *use-cases* op het klinisch gebied van een specifieke SWC. Dit onderwijs is dan complementair aan het BVT-onderwijs, waar in meer algemene zin over de basisprincipes van AI gesproken wordt.

### Lokale invulling

Ten slotte is de invulling van het lokale onderwijs een mogelijkheid om zowel verbreding als verdieping te bieden op gebied van AI. Denk hierbij aan specifieke onderwijsmomenten over de theorie en

het al mogelijk voor aios om hier actief aan bij te dragen.

### Ten slotte

We moeten niet willen dat elke radioloog wordt opgeleid tot een data scientist of machine learning engineer. Hiervoor zijn andere opleidingen die veel dieper op de materie ingaan. Wel moeten we ons beseffen dat het ontwikkelen van AI een multidisciplinair vakgebied is waar de domeinexpert – de radioloog – een essentiële rol heeft die complementair is aan die van de machine learning specialist. Deze rol is alleen te nemen als er voldoende kennis is om op een goede manier samen te werken met de technische experts. Voor radiologen die dieper op de techniek in willen gaan, is dit mogelijk binnen een promotietraject, of wellicht door een traject tot specialisatie op gebied van Medical Imaging Informatics in plaats van op een orgaan of modaliteit gerichte specialisatie. Hierbij zijn ook fellowships in te richten die specifiek gericht zijn op informatica en AI.

‘In de commissie Onderwijs wordt ook nagedacht hoe AI is te integreren in de Sandwichcursussen’

verschillende onderwerpen in het domein van de kunstmatige intelligentie. Er is namelijk heel veel (veelal gratis) materiaal beschikbaar via internet, ook specifiek gericht op gezondheidszorg en radiologie. De lijst is beschikbaar via de volgende link: <https://www.radiologen.nl/opleiding-nascholing/artificial-intelligence-ai>.

praktijk van AI, maar ook aan het uitvoeren van AI gerelateerde wetenschappelijke projecten in samenwerking met AI onderzoekers/ data scientists, of het actief betrokken zijn bij het creëren of valideren van een AI-algoritme of het uitvoeren van een implementatietraject voor een nieuwe AI-tool. In onze academische centra is

### dr. ir. Peter M.A. van Ooijen

UHD Medische Informatica & Coordinator Machine Learning Lab, UMCG Groningen

### prof. dr. Tim Leiner

hoogleraar Radiologie, UMC Utrecht, lid van de commissie onderwijs van de NVvR en voorzitter van de subcommissie BVT

## AI IN HET HAGA ZIEKENHUIS

# Van tekentafel tot kliniek



Herma Holscher



Dennis Kies



Peter Mook

Toen we in 2014 het toekomstbeeld wilden schetsen van de radioloog anno 2020 was niemand zich bewust welke stroomversnelling *big data*, *machine learning*, en *artificial intelligence* ons zou brengen. Ja, we hoorden op congressen wat er allemaal in aantocht was, maar het van nut ervan voor de praktijk was nog een ver-van-mijn-bed-show. Nog steeds is het een uitdaging om van de gelikte Powerpoints van fabrikanten en consultants te komen naar de werkvloer. Daarom nemen wij u graag mee naar hoe en waar ons STZ-ziekenhuis is gekomen. Een weg vol hobbels, maar ook kleine succesjes.

**A**ls niet-academisch ziekenhuis is het moeilijk om een eigen AI-ondersteuning te generen. Onze IT-afdeling heeft vaak andere prioritering. Er zijn zoveel aanbieders van AI op de markt, meestal kleine *start-ups*, dat het bijna ondoenlijk is om met al die aanbieders aparte afspraken te maken. Toepassingen van kleine bedrijfjes schieten als paddenstoelen uit de grond. Sommigen zelfs eerst 'gratis', maar je weet dat je daarna hoe dan ook terugbetaalt. Daarom zochten wij naar een oplossing met één leverancier. Omdat wij voor onze beeldvormende apparatuur al vanaf 2012 een technologie partnership hebben met Siemens Healthineers, leek een samenwerking met hen voor de hand liggend. Voor onze onder andere wettelijk benodigde dosisregistratie en andere registraties maakten wij al gebruik van *Teamplay*. Dit platform konden we ook gebruiken voor de toepassing van AI.

### Welke applicatie?

Vanwege onze langdurige samenwerking met Siemens Healthineers op het gebied van de modaliteiten konden wij als een van de eersten in een test-setting de beschikking krijgen over de *AI-Rad Companion suite* van Siemens. Binnen deze suite plaatst Siemens Healthineers meerdere al dan niet gebundelde AI-tools. De afspraak met Siemens houdt in dat wij testen met de software en kritiek en suggesties aandragen voor verbetering. Initieel kregen

wij de beschikking over de *Chest CT toolbox*, waarin een aantal separate algoritmes zijn ondergebracht; een longnodule-analyse, een longparenchym-analyse, geautomatiseerde calciumscore, een aortadiameter en wervelhoogtemetingen.

### Meenemen staf, aios en laboranten

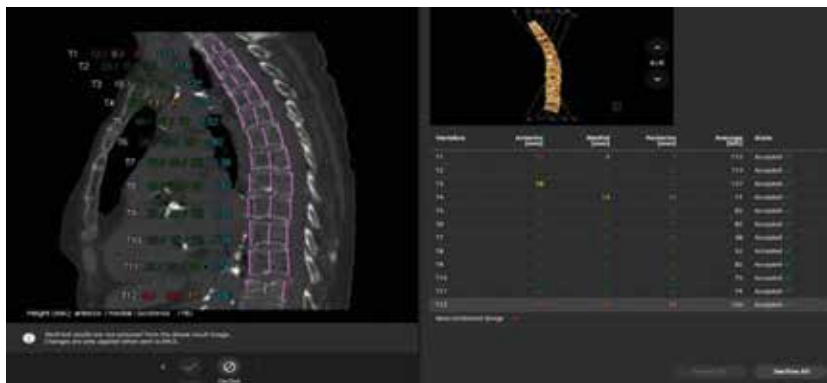
Vanaf het begin hebben we onze aios meegenomen in het proces: zij zijn toch de radiologen die uiteindelijk (nog meer) met AI te maken gaan hebben. Een van hen, Dennis Kies, is namens de aios betrokken bij de technische implementatie en de uitrol onder de radiologen. Laborant en applicatiespecialist voor de radiologie Peter

aandachtsgebieden waarvoor AI-tools beschikbaar zijn; iemand uit de (cardio)thoracale sectie voor de pulmonale analysetools en de calciumscore-tool, iemand vanuit de neuro-sectie voor de wervelkolommetingen, etc. Hiervoor zijn stafleden gekozen die enige affiniteit met AI hebben en die zowel aanspreekpunt voor de betreffende sectie zijn, als dat ze als bruggenhoofd naar de overige sectie-leden fungeren. Alvorens alle stafleden en aios toegang kregen tot de AI-toolbox, hadden de key-users een aantal weken de tijd om vast bekend te raken. Een ander belangrijk issue is het meenemen van de laboranten in dit proces. Omdat Peter hierin een dubbelrol vervulde,

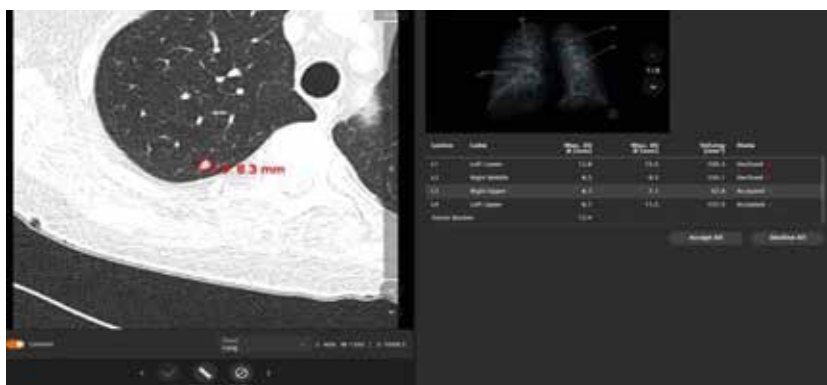
‘Voorwaarden voor succes zijn kennis en kunde op het gebied van AI, brede bereidwilligheid en samenwerking, zowel met partners uit de industrie als tussen radiologen, aios en laboranten’

Mook heeft samen met Dennis Kies zorggedragen voor het werkend krijgen van de *AI-Rad Companion toolbox* op de afdeling radiologie. De volgende stap was het meekrijgen van de radiologen. In eerste instantie hebben we daarom gezocht naar een aantal *key-users* voor de specifieke

zijn nu nog geen andere laboranten betrokken. Wanneer AI een vaste rol gaat krijgen in de nabewerking van beelden, dan is de betrokkenheid van laboranten onontbeerlijk. Een kerngroep van geïnteresseerde en *tech-savy* laboranten kan een enorme toegevoegde waarde zijn.



Bij wervelhoogtemetingen: automatische detectie van wervelinzakkingen, zoals hier corpus Th12.



Bij pulmonale nodusmetingen: detectie en meting van pulmonale noduli.

### Privacy issues

Privacy is echt een megadossier. En terecht: *data is the new currency in healthcare*. We konden en kunnen ons geen privacy-debacles permitteren. Daarom zijn we steeds in goed overleg met onze Chief Security Officer (CSO). Zij beoordeelt mede elke stap die we nemen. Dat lijkt zo nu en dan stroperig, maar *better safe than sorry*. Daarom hebben we ook gekozen voor een stapsgewijze uitrol op een reeds bestaand en getoetst platform.

### Juridische zaken

Een van de belangrijkste discussies om te voeren is de mate van aansprakelijkheid en verantwoordelijkheid van een AI-algoritme. Stel dat een AI-algoritme een gebied met consolidatie evident foutief interpreteert als een longnodus, een relatief veelvoorkomende fout. De radioloog ziet het automatisch gegenereerde rapport in PACS en besluit op basis van zijn of haar inschatting dat de AI een fout heeft gemaakt, om de uitslag te negeren. Enige tijd later blijkt zich toch een maligniteit verborgen te hebben achter de consolidatie. Is hier dan sprake van een misser? Voor iedereen, inclusief aanvrager en patiënt, is zichtbaar dat de AI al had aangegeven dat er zich een suspecte afwijking bevond. Op dit moment maken de beschikbare algoritmes echter nog een aantal fouten, waar-

door het advies om alle voor de radioloog evident fout-positieve AI-bevindingen te vervolgen alleen maar zou leiden tot overdiagnostiek en onnodige ongerustheid bij patiënten. Tijdens de testfase hebben wij daarom gekozen om de automatisch gegenereerde rapporten enkel te sturen naar syngo.via, ons reguliere post-processing programma van Siemens Healthineers. Daar kunnen radiologen het actief opzoeken en eventueel naar het PACS doorsturen wanneer de bevindingen relevant zijn. Geen ideale situatie, maar zolang deze discussie nog niet gevoerd is en geleid heeft tot eenduidige conclusies, is dit waarschijnlijk wel de veiligste optie.

### Wat kunnen we nu?

De AI-RadCompanion toolbox is op dit moment werkend en beschikbaar voor de klinische praktijk. Op dit moment is het nog een *on-demand tool*: de gebruiker stuurt de data actief naar het systeem om de analyses te laten uitvoeren. Op korte termijn willen we toe naar een model waarbij de analyses al direct vanaf de modaliteit plaatsvinden en de uitkomsten dus direct beschikbaar zijn om al dan niet mee te nemen in de verslaglegging. Hiervoor is het echter nog nodig dat bepaalde type onderzoeken, of bepaalde protocollen, geoormerkt worden voor *preprocessing* door de juiste algoritmes. Een follow-up CT

voor aortadiameters is vast zo voor te bewerken dat de metingen al netjes dubbel-oblique gedaan zijn en kant-en-klaar aan de radioloog gepresenteerd worden. En bij de cardio-scans kan bijvoorbeeld de calciumscore vast uitgewerkt worden. Tegelijk is het vermoedelijk minder relevant om de AI te laten zoeken naar pulmonale noduli op een HRCT ter beoordeling van ILD; hier wordt het longparenchym tenslotte al aandachtig bestudeerd. In dat scenario is het echter wel mogelijk als extra de calciumscore en aortadiameter op de achtergrond te beoordelen. (Zie hiernaast enkele beelden van de AI-RadCompanion in werking).

### Verdere uitrol

In ons ideale scenario willen we graag een partnerschap met een partij die ons ontzorgt op onze speerpunten en behoefte aan AI. Daarmee bedoelen we dat deze partij de benodigde functionaliteit levert tegen een *flat-fee* per jaar volgens een *state-of-the art* principe. Daarmee kunnen wij een soort blauwdruk ontwikkelen hoe ook andere niet-academische centra AI op een zinvolle manier kunnen inzetten. Tot slot moet blijken hoe enthousiast 'gewone' gebruikers zijn over het nut van deze *tool-kits*. Juist de collega's die niet zo diep de wondere wereld van de AI induiken, maar de programma's gewoon willen gebruiken in de dagelijkse praktijk, zijn belangrijk als partij. Uiteindelijk moet AI gaan bijdragen aan de verslaglegging voor iedere radioloog, niet alleen de *early adopters*.

### Conclusie en advies

Het is vooral ontzettend leuk en vaak uitdagend om met AI bezig te zijn. Voorwaarden voor succes zijn: kennis en kunde op het gebied van AI, en de brede bereidwilligheid en samenwerking, zowel met partners uit de industrie als tussen radiologen, aios en laboranten. Denk vooral niet dat iedereen alles al weet en kan. Het is vallen en opstaan, en vooral meedoen. AI is geen gevaar voor het werk van de radioloog, het is een waardevolle aanvulling. Radiologen die AI niet omarmen zetten zichzelf buitenspel, en niet andersom. ■

### Herma Holscher

radioloog, radiologisch centrum, HAGA Ziekenhuis, Den Haag

### Dennis Kies

aios radiologie, radiologisch centrum, HAGA Ziekenhuis, Den Haag

### Peter Mook

Laborant en applicatiespecialist, radiologisch centrum, HAGA Ziekenhuis, Den Haag

## AI & BORSTKANKERSCREENING

# Het ei van Columbus?



Jonas Teuwen



Ritse Mann

De potentiële impact van AI binnen de borstkankerscreening en de grote hoeveelheden beschikbare data maken de toepassing van AI in de borstkanker diagnostiek een dankbare taak. In dit artikel belichten we enkele toepassingen van AI bij mammografie en MRI met voorbeelden uit eigen onderzoek van de Breast Imaging Group van het Radboudumc/NKI en AI for Oncology van het NKI. Daarnaast belichten we de huidige hiaten voor klinische implementatie.

**H**et beoordelen van mammogrammen in een screeningsomgeving is moeilijk. Zelfs in een setting met twee lezers wordt borstkanker nog relatief vaak gemist. Vanwege de aanwezigheid van een nationaal screeningsprogramma zijn er grote aantallen beelden

nog steeds beter presteren dan deze AI-systemen, ligt het in de lijn der verwachting dat met een toename van *trainings data* en betere algoritmes ook dit tot het verleden zal behoren. Wel is validatie in grote screeningssets met longitudinale data nog noodzakelijk om tot een optimale implementatie over te kunnen gaan.

hoeveelheid slices om te lezen, zorgt voor een langere leestijd. Dat is voor een high volume screeningssetting, zoals in Nederland, funest. Een belangrijke onderzoeksrichting voor CAD-systemen binnen de DBT is dan ook om snellere evaluatie mogelijk te maken zonder de *precision/recall* van de radiologen te beïnvloeden<sup>6</sup>.

‘Een AI-algoritme kan een aantal kankers opsporen die de radioloog over het hoofd ziet’

beschikbaar. Dit maakt het automatisch beoordelen van mammogrammen tot één van de meest dankbare toepassingen van AI (oftewel *computer-aided diagnosis*; CAD) binnen de medische beeldvorming. Waar in eerdere studies bleek dat de toevoeging van dit soort algoritmes aan de klinische praktijk, weinig, of zelfs een negatief effect heeft<sup>1</sup>, is dit tegenwoordig anders<sup>2,3</sup>. De huidige computerprogramma's zijn net zo goed, of zelfs beter dan radiologen.

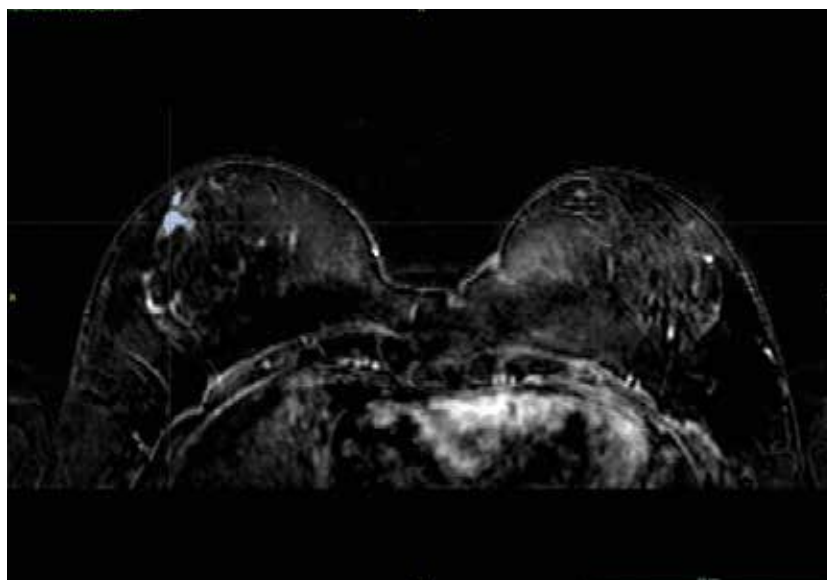
### Mammografie

Alle moderne CAD-systemen zijn gebaseerd op *deep learning*-technieken. Deze algoritmes hebben een hoge gevoeligheid, maar leiden niet tot een overmaat aan vals-positieve bevindingen. Er zijn tegenwoordig verschillende AI-systemen commercieel beschikbaar voor het beoordelen van screeningsmammogrammen. Zelfs als het om het beoordelen gaat van zeer heterogene datasets van mammogrammen<sup>4,5</sup>, bereiken deze systemen eenzelfde, of betere, nauwkeurigheid dan menig borstradioloog. Alhoewel sommige radiologen

Het belang van dergelijke algoritmes zal enkel toenemen wanneer de digitale mammografie wordt vervangen door digitale borsttomosynthese (DBT). Hoewel dit systeem gevoeliger is dan mammografie, heeft het ook wat nadelen. De grotere

### MRI

Het is bekend dat door *masking* sommige carcinomen niet zichtbaar zijn op mammografie, maar wel goed te vinden zijn op MRI. Vrouwen met een hogere borstdichtheid hebben sowieso moeilijker beoordeelbare mammogrammen, terwijl een hogere borstdichtheid op zichzelf al een risicofactor is op borstkanker. Verschillende studies hebben de toegevoegde waarde van MRI voor borstkankerscreening aangetoond, in het bijzonder bij vrouwen met veel klierweefsel<sup>7</sup>.



Helaas wordt MRI nog niet breed toegepast als screeningsmethode. Dit is mede ingegeven door de hoge kosten die ermee gepaard gaan. Daarom wordt MRI met name toegepast bij vrouwen met een verhoogd risico op borstkanker<sup>8</sup>. De relatief lange onderzoekstijd, en de langere leestijd in vergelijking met het beoordelen van een mammogram dragen hier ook niet in positieve zin aan bij. Verder gaat MRI gepaard met een hoger aantal fout-positieve bevindingen en worden er in retrospectief ook nog regelmatig tumoren gemist in eerdere screeningsrondes<sup>9</sup>. Kortom, er zijn genoeg toepassingsgebieden voor AI binnen de borst-MRI, zowel in het versnellen van

MRI-technieken<sup>12</sup> kan dit mogelijk ook dynamisch: tijdens de acquisitie kan er besloten worden, op basis van eventuele bevindingen, of er additionele sequenties worden opgenomen. De potentie die dit biedt om MRI-screening aan meer vrouwen te kunnen aanbieden, maakt dit dan ook een van onze belangrijkste onderzoekslijnen.

### Nog even geduld

Samengevat kunnen we stellen dat AI niet enkel meer manieren biedt om borstkanker eerder op te sporen, en zo mogelijk de mortaliteit kan verminderen, maar ook de prestaties van radiologen zou kunnen

## ‘Veel toepassingen hebben het onderzoeksdomein nog niet verlaten en moeten hun succes in de praktijk nog bewijzen’

de acquisitie en het vinden van afwijkingen, als in de classificatie van gevonden afwijkingen.

### Maligniteitsscore

Ons onderzoek in het Radboudumc laat zien dat een AI-algoritme een aantal kankers kan opsporen die de radioloog over het hoofd ziet. Zo zijn in het geval van een negatieve beoordeling door de radioloog de verdachte gebieden alsnog aan te duiden. Onze resultaten laten zien dat voor deze gevallen 70 procent sensitiviteit is te bereiken met één fout-positieve bevinding per scan<sup>10</sup>. Het ligt in de lijn der verwachting dat ook deze systemen, met voldoende doorontwikkeling en het trainen met meer data, de prestaties van mammografiesystemen kunnen evenaren. Eenmaal het gebied gelokaliseerd willen we een ander CAD-systeem gebruiken om de clinici te ondersteunen bij het al dan niet nemen van een biopsie. Een dergelijk systeem kent dan een maligniteitsscore toe aan een gelabeld gebied. Een door ons ontwikkeld systeem toont aan dat het mogelijk is om ten minste 20 procent van alle biopsiën te verminderen met behoud van een hoge gevoeligheid<sup>11</sup>.

In het huidige *state-of-the-art* borst MRI-protocol zitten verschillende sequenties en duurt de procedure tot zo'n 20 minuten. Daarom vindt er veel onderzoek plaats naar het verkorten van protocollen. Met behulp van de ontwikkelde detectiealgoritmes, en in combinatie met versnelde

verhogen. Toch moet hierbij worden opgemerkt dat veel toepassingen het onderzoeksdomein nog niet hebben verlaten, en moeten hun succes in de praktijk dus nog bewijzen, hoewel er inmiddels ook commerciële pakketten beschikbaar zijn die helpen bij de classificatie van laesies op MRI<sup>13</sup>. De implementatie in de klinische praktijk is een belangrijke taak voor de nabije toekomst. ■

### Jonas Teuwen

onderzoeker afdeling Radiologie bij het Radboudumc Nijmegen

### Ritse Mann

radioloog en onderzoeker bij het NKI-AvL, Amsterdam

### Literatuur

1. Fenton, J. J., Taplin, S. H., Carney, P. A., Abraham, L., Sickles, E. A., D'Orsi, C., ... Elmore, J. G. (2007). Influence of Computer-Aided Detection on Performance of Screening Mammography. *New England Journal of Medicine*, 356(14), 1399–1409.
2. McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., ... Shetty, S. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, 577(7788), 89–94.
3. Kim, H. E., Kim, H. H., Han, B. K., Kim, K. H., Han, K., Nam, H., ... Kim, E. K. (2020). Changes in cancer detection and false-positive

recall in mammography using artificial intelligence: a retrospective, multireader study. *The Lancet Digital Health*, 2(3), e138–e148.

4. Ribli D, Horváth A, Unger Z, Pollner P, Csabai I (2018) Detecting and classifying lesions in mammograms with Deep Learning. *Sci Rep*. 2018.
5. Rodríguez-Ruiz A, Krupinski E, Mordang J-J, Schilling K, Heywang-Köbrunner SH, Sechopoulos I, Mann RM (2019) Detection of Breast Cancer with Mammography: Effect of an Artificial Intelligence Support System. *Radiology* (2): 305-314 The frequency of missed breast cancers in women participating in a high-risk MRI screening program. *Breast Cancer Res Treat* 169(2): 323-331.
6. Chae EY, Kim HH, Jeong JW, Chae SH, Lee S, Choi YW (2018) Decrease in interpretation time for both novice and experienced readers using a concurrent computer-aided detection system for digital breast tomosynthesis. *European Radiology*.
7. Bakker, M. F., de Lange, S. V., Pijnappel, R. M., Mann, R. M., Peeters, P. H. M., Monnikhof, E. M., ... van Gils, C. H. (2019). Supplemental MRI Screening for Women with Extremely Dense Breast Tissue. *New England Journal of Medicine*, 381(22), 2091–2102.
8. Mann RM, Kuhl CK, Kinkel K, Boetes C (2008) Breast MRI: guidelines from the European Society of Breast Imaging. *Eur Radiol* 18: 1307-18.
9. Vreemann S, Gubern-Merida A, Schlooz-Vries MS, et al. (2018) The influence of risk category and screening round on the performance of an MRI and mammography screening program in BRCA mutation carriers and other women at increased risk. *Radiology* 286(2): 443-451.
10. Dalmiş MU, Vreemann S, Kooi T, Mann RM, Karssemeijer N, Gubern-Mérida A (2018) Fully automated detection of breast cancer in screening MRI using convolutional neural networks. *J Med Imaging (Bellingham)* 5(1): 014502
11. Dalmiş MU, Gubern-Mérida A, Vreemann S, Bult P, Karssemeijer N, Mann R, Teuwen J (2019) Artificial Intelligence-Based Classification of Breast Lesions Imaged With a Multiparametric Breast MRI Protocol With Ultrafast DCE-MRI, T2, and DWI. *Investigative Radiology*.
12. Muckley, M. J., Riemenschneider, B., Radmanesh, A., Kim, S., Jeong, G., Ko, J., ... Knoll, F. (2020). State-of-the-Art Machine Learning MRI Reconstruction in 2020: Results of the Second fastMRI Challenge.
13. Jiang, Y., Edwards, A. V., & Newstead, G. M. (2021). Artificial intelligence applied to breast MRI for improved diagnosis. *Radiology*, 298(1), 38–46.

## JEROEN BOSCH ZIEKENHUIS

# Veel facetten van belang voor succesvolle implementatie



Matthieu Rutten



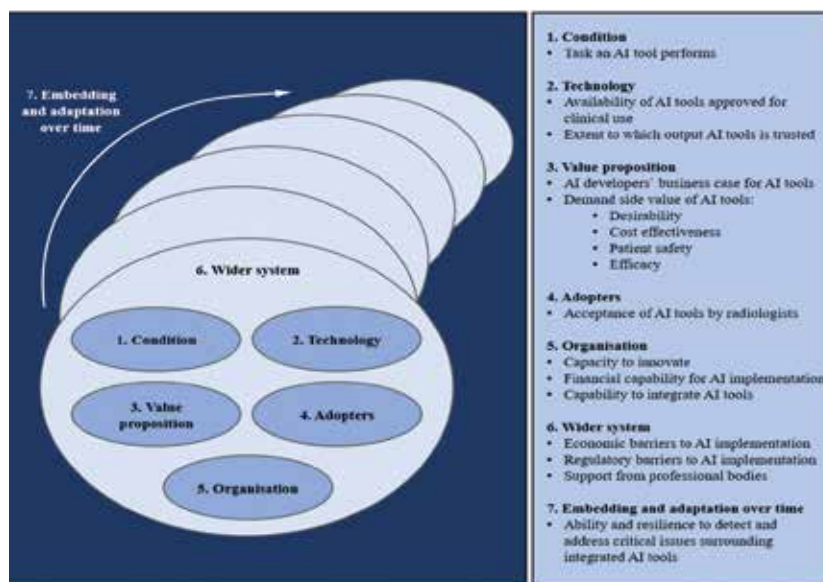
Tijs Samson

Het Jeroen Bosch ziekenhuis (JBZ) onderkent de potentie van Artificial Intelligence (AI) en zet ziekenhuisbreed in op implementatie hiervan als essentieel onderdeel van toekomstige zorg.

Vooruitlopend op deze ziekenhuisbrede implementatie is in 2018 in het JBZ een AI-programma opgezet om multidisciplinair kennis en ervaring op te doen. Het doel was om AI-technologie beter te doorgronden en op waarde te kunnen schatten. Voor verantwoord ethisch, juridisch en klinisch gebruik en om een bepaalde mate van zelfstandigheid en onafhankelijkheid te waarborgen ten opzichte van commerciële partijen. Radiologie leent zich bij uitstek hiervoor. *Figuur 1* toont dat op alle vlakken van de radiologische workflow AI ondersteunend is in te zetten. Naar verwachting zal AI een integraal onderdeel gaan uitmaken van de radiologie-afdeling.<sup>1,2</sup>

### Barrières beslechten

Naast de vele potentiële toepassingen zijn er ook nog vele barrières te beslechten, zoals geïllustreerd in het NASSS-framework in *figuur 2*. NASSS staat voor *non adoption, abandonment, scale-up, spread and sustainability*. Veelbelovende innovaties in de zorgsector worden vaak gekenmerkt door niet-adoptie of stopzet-

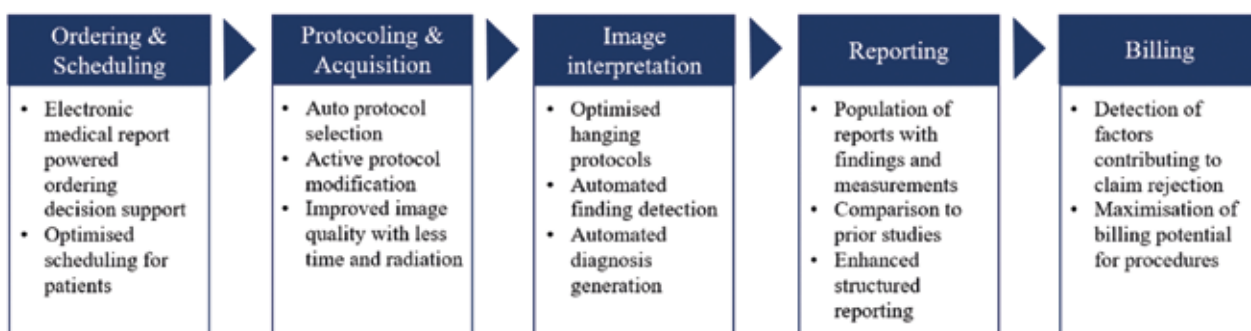


Figuur 2. Het NASSS-framework in de context van AI-implementatie in de radiologie.

ting of door mislukte pogingen om lokaal op te schalen, op afstand te verspreiden of op lange termijn te behouden.<sup>2</sup>

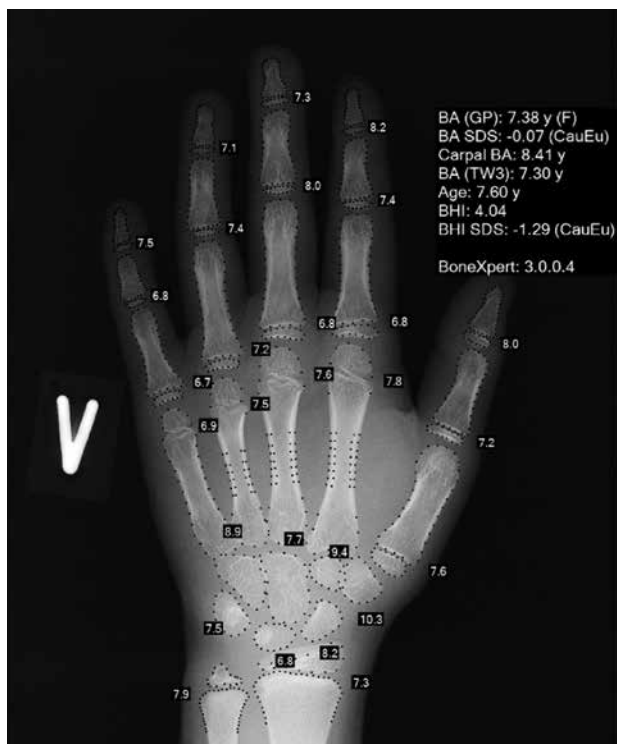
Om te voorkomen dat we door al deze mogelijke problemen vroegtijdig zouden

stranden, is gekozen voor een pragmatische aanpak. Het JBZ is een samenwerking aangegaan met de Diagnostic Image Analysis Group (DIAG) van het Radboudumc in Nijmegen en de Jheronimus Academy of Data Science (JADS) in 's-Hertogenbosch.



Figuur 1. AI heeft in potentie op alle vlakken van de radiologische workflow toegevoegde waarde.





**Figuur 3.** BoneXpert. Automatische botleeftijdbeoordeling gerelateerd aan Greulich & Pyle.

Dit is een onderdeel van de Universiteit Tilburg en Technische Universiteit Eindhoven. Gezamenlijk hebben we een programma ontwikkeld waarmee het JBZ ervaring kan opdoen met implementatie en gebruik van AI-software.

Dit programma bestond aanvankelijk uit drie lijnen, waarmee op verschillende niveaus gelijktijdig is gestart:

1. implementatie van CE-gecertificeerde AI-software (BoneXpert)
2. participeren in een lopend AI-software ontwikkelingsproject (DIAG: Longnoduledetectie)
3. zelf ontwikkelen van AI-software (scafoïdfracturedetectie)

### BoneXpert

Voor de implementatie van een CE-gecer-

tificeerd AI-software programma viel de keus op BoneXpert van Visiana (<https://grand-challenge.org/aiforradiology/company/visiana/>). Hiermee is via automatische analyse van een X-hand (*figuur 3*) de botleeftijd, Bone Health Index en eventueel ook de te verwachten lichaamslengte te bepalen. Dit programma is relatief snel en probleemloos geïntegreerd in het PACS en succesvol geïmplementeerd. CE-gecertificeerde AI-software voor andere toepassingen en orgaanbeelden volgen.

### Longnodulen opsporen

In samenwerking met DIAG hebben we een PhD-traject opgestart met als doel om longscreening noduledetectie AI-software geschikt te maken voor klinisch gebruik. Longkankerscreeningstudies tonen dat het vroegtijdig opsporen

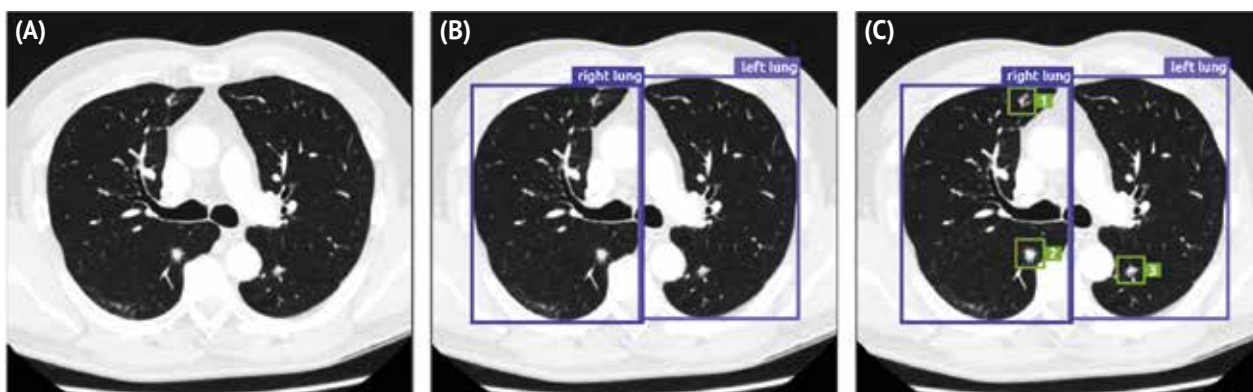
van longnodulen met computertomografie (CT) een veelbelovende strategie is om sterfte aan longkanker te verlagen. Het is ook van belang om in klinische setting longnodulen te detecteren. Echter, vanwege hun vaak geringe omvang kunnen longnodulen makkelijk worden gemist.<sup>3</sup>

‘Voor betrouwbare nodule-detectie is het noodzakelijk om allereerst de longen nauwgezet te lokaliseren’

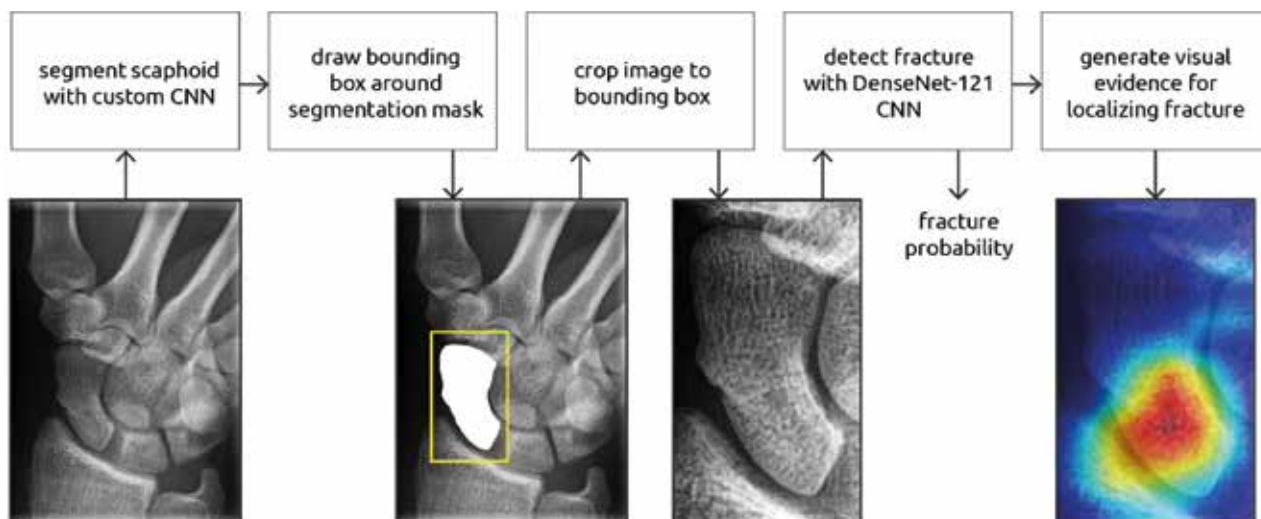
Het doel van het onderzoeksproject is om een AI-algoritme te ontwikkelen dat longnodulen automatisch kan detecteren en classificeren (solide, partieel solide, of non-solide) op klinisch vervaardigde CT-scans. Voor betrouwbare nodule-detectie is het noodzakelijk om allereerst de longen nauwgezet te lokaliseren (*figuur 4*). Hiervoor is een robuust AI-algoritme ontwikkeld. Op dit moment wordt een reeds bestaand AI-algoritme voor longkanker screening doorontwikkeld om te gebruiken voor de automatische detectie en classificatie van longnodulen. Indien longnodulen betrouwbaar zijn op te sporen en te classificeren, is het aantal invasieve longbiopten te verminderen. Dat levert een reductie op in de belasting voor de patiënt en afdeling radiologie, alsook de kosten.

### Scafoïdfracturen herkennen

Scafoïdfracturen zijn de meest voorkomende fracturen in het polsgewricht, maar zijn in de acute fase soms moeilijk te herkennen op conventionele röntgenopna- ▶



**Figuur 4.** (A, B) Automatische longdetectie met *bounding boxes* die (C) automatische detectie van longnodulen uitvoeren.



**Figuur 5.** Na automatische segmentatie van het scafoïd decteeret en markeert het programma de fractuur met een heat map.

men. Scafoïdfracturen worden daarom tot circa 50 procent gemist. Delay van diagnose en therapie kan leiden tot ernstige klinische complicaties en extra kosten vanwege onder meer aanvullende diagnostiek, uitgebreidere behandelingen en revalidatie en arbeidsuitval. Met behulp van *deep learning*-technieken zijn er AI-algoritmes ontwikkeld die op voor-achterwaartse röntgenopnamen van de hand en pols automatisch het scafoïd segmenteren en op expert-niveau scafoïdfracturen kunnen detecteren (figuur 5). De resultaten van dit onderzoek worden binnenkort gepubliceerd in *Radiology AI*<sup>4</sup>. Vervolgonderzoek is gericht op het ontwikkelen van AI-software voor detectie van scafoïdfracturen op verschillende opnamerichtingen van hand en pols, optimalisatie van *heat maps* door fractuurlokalisatie op pixelniveau, en fractuurdetectie in de gehele hand en pols. Inmiddels loopt er onderzoek naar hoe de in eigen beheer ontwikkelde software

optimaal is te integreren in de dagelijkse radiologische workflow.

Voor deze ontwikkel- en onderzoekstrajecten was het van belang om de beno-

‘Delay van de diagnose scafoïdfractuur kan leiden tot ernstige klinische complicaties en extra kosten’

### Andere AI-projecten

Naast de drie onderzoekslijnen met DIAG en JADS zijn er ook enkele andere AI-projecten gestart of reeds afgerond, zoals de automatische analyse van covid-19 op X-thorax opnamen<sup>5</sup>. Dit betrof een studie die tijdens de eerste covid-golf in 2020 is uitgevoerd door samenwerking tussen Radboudumc, Ziekenhuis Bernhoven en JBZ. Dit onderzoek is inmiddels uitgebreid door de beeldanalyse te combineren met laboratoriumuitslagen. De eerste resultaten hiervan zijn veelbelovend.

digde data ter beschikking te stellen aan de onderzoekers. Binnen het JBZ ontbraken echter de faciliteiten om op een geautomatiseerde manier en in grote hoeveelheden beelden uit het PACS te ontsluiten en geschikt te maken voor onderzoek. Om dit te realiseren, is er software ontwikkeld voor het automatisch anonimiseren en analyseren van radiologieverslagen met behulp van *Natural Language Processing* (NLP). Tevens is er een ontwerp gemaakt en geïmplementeerd door een PDEng student in het kader van de oplei-



**Figuur 6.** De acht onderwerpen waarover de AI-implematie checklist adviezen geeft.

ding klinische informatica aan de TU/e. Het ontwerp maakt onder andere gebruik van de *Clinical Trial Processor* (CTP) van de RSNA. Hiermee is het mogelijk om beelden en verslagen geautomatiseerd te

acht verschillende onderwerpen, (figuur 6). Voor elk van deze onderwerpen worden een aantal items geadviseerd en is instructiemateriaal beschikbaar dat kan bijdragen aan een succesvolle imple-

## ‘Een AI-checklist kan ziekenhuizen helpen bij het succesvol implementeren van AI-toepassingen’

ontsluiten en anoniem aan te bieden aan onderzoekers.

De vele ervaringen (technisch, ethisch, juridisch, klinisch) opgedaan met deze AI-projecten, hebben geleerd dat voor succesvolle klinische implementatie van AI-software veel facetten van belang zijn. Om dit voorafgaand aan klinische implementatie gestructureerd in kaart te brengen, hebben we in samenwerking met M&I partners een AI-routekaart ontwikkeld. Deze bestaat uit een AI-checklist en een AI-readiness assessment. Dit kan ziekenhuizen helpen bij het succesvol implementeren van AI-toepassingen. De readiness scan kan het AI-kennis- en ervaringsniveau van een organisatie bepalen en geeft adviezen hoe dit te verbeteren. De AI-checklist is opgebouwd rondom

mentatie. De routekaart is op 3 februari gepresenteerd en beschikbaar voor geïnteresseerden.

### Matthieu Rutten

radioloog in het Jeroen Bosch Ziekenhuis en associate professor bij de Diagnostic Image Analysis Group (DIAG)/Radboudumc  
**Tijs Samson**  
 klinisch informaticus in het Jeroen Bosch Ziekenhuis

### Literatuur

1. Jha S., Topol E.J. Adapting to Artificial Intelligence: Radiologists and Pathologists as Information Specialists. *JAMA* 2016, Dec 13;316(22):2353-2354.
2. Greenhalgh, T., Wherton, J., Papoutsis, C., Lynch, J., Hughes, G., A'Court, C., Hinder, S., Fahy, N., Procter, R., & Shaw, S. Beyond adoption: A new framework for theorizing and evaluating nonadoption, abandonment, and challenges to the scale-up, spread, and sustainability of health and care technologies. *Journal of Medical Internet Research* 2017, Nov 19(11), 1-21.
3. Hendrix W., Hendrix N., Prokop M., Scholten E.T., van Ginneken B., Rutten M.J.C.M., Jacob C. Trends in the Incidence of Pulmonary Nodules in Chest Computed Tomography: 10-Year Results from Two Dutch Hospitals. *ECR 2021. Abstract #11494 EPOS Radiologist (scientific)*.
4. Hendrix N, Scholten E., Vernhout B., Bruijnen S., Maresch S.J., de Jong M., Diepstraten S., Bollen S., Schalekamp S., de Rooij M., Scholtens A., Hendrix W., Samson T., Ong L.S., Postma E., van Ginneken B., Rutten M.J.C.M. Validation of a convolutional neural network for automated detection of scaphoid fractures on conventional radiographs. *Radiology AI* 2021. In press.
5. Murphy K., Smits H., Knoops A.J.G., Korst M.B.J.M., Samson T., Scholten E.T., Schalekamp S., Schaefer-Prokop C.M., Philippen R.H.H.M., Meijers A., Melendez J., van Ginneken B., Rutten M.J.C.M. COVID-19 on the Chest Radiograph: A Multi-Reader Evaluation of an AI System. *Radiology* 2020; 296 (3):E166E172.

### TIP VAN DE REDACTIE

## Terugluisteren: zorgondernemer Loek Winter

In *Voorzorg*, de podcast van Skivr en Zorgvisie, spreekt voormalig radioloog en zorgondernemer Loek Winter voor het eerst over de pijnlijke faillissementen van 'zijn' IJsselmeerziekenhuizen en het Amsterdamse Slotervaartziekenhuis. Hij blikt terug op zijn carrière en staat uitgebreid stil bij ondernemen in de zorg, maatschappelijk betrokken zijn en het belang van innovatie.

Het is een mooi voorproefje van zijn boek *Het veranderend zorglandschap*, dat hij schreef met voormalig directeur strategie VUmc Joep van der Velden. Kernboodschap van het boek is dat de kwaliteit, toegankelijkheid en betaalbaarheid van de zorg in gevaar komen als we



niets doen. De auteurs analyseren de veranderingen in zorgvraag, zorgaanbod en zorgstelsel, met bijzondere aandacht voor de rol van ondernemers en innovatie.

Luister het interview terug op: <https://soundcloud.com/voorzorg/voorzorg-15-loek-winter-over-het-faillissement-van-zijn-ziekenhuizen>.



Paul Algra

Heeft u tips voor deze rubriek (boeken, films, series of apps)? Laat het ons weten via [memorad@radiologen.nl](mailto:memorad@radiologen.nl).

## ANDERE ROL VOOR DE MBB'ER

# De impact van AI op de workflow



Willem Grootjans



Joost Roelofs



Stephan Romeijn

Om het AI-landschap van de MBB'er systematisch verder te verkennen, behandelen we in dit artikel de verschillende aspecten van de radiologische workflow worden waar met name de MBB'er een belangrijke rol speelt. Dit zijn onder andere de patiëntvoorbereiding, beeldvorming, het bewerken en analyseren van beelden, en radiologische pre-rapportage.

In de afgelopen jaren is er binnen de radiologie veel aandacht ontstaan voor artificiële intelligentie (AI) toepassingen. Deze interesse voor AI is met name gewekt door de toenemende werkdruk op de radiologie-afdeling. De oorzaak van deze stijgende werkdruk is tweeledig. Allereerst is er sprake van een toenemende vraag naar beeldvorming, waarbij er op jaarlijkse basis steeds meer beeldvormende onderzoeken worden verricht<sup>1</sup>. Daarnaast is een kwalitatieve beoordeling vaak niet meer voldoende om de klinische vraag te beantwoorden en is het steeds vaker noodzakelijk om kwantitatieve analyses op radiologische beelden uit te voeren<sup>2</sup>. Hoewel deze ontwikkelingen een positieve impact hebben op de patiëntenzorg, zorgt dit er ook voor dat er steeds meer informatie verwerkt moet worden en er meer tijd per onderzoek nodig is om deze adequaat af te handelen<sup>2</sup>. Deze effecten hebben tot gevolg dat radiologische innovaties, waaronder AI, steeds meer gericht zijn op het automatiseren en daarmee het efficiënter maken van werkprocessen binnen de radiologische workflow. Het is dan ook de verwachting dat AI een steeds belangrijkere bijdrage gaat leveren aan het automatiseren van specifieke radiologische taken en daarmee de werkdruk beheersbaar houdt.

### Cruciale rol

Een groot voordeel van AI-technieken is dat deze flexibel in te zetten zijn en on-

dersteuning kunnen bieden bij een grote variëteit aan werkprocessen. Het gevolg hiervan is dat niet uitsluitend de radioloog, maar ook andere disciplines, zoals klinisch fysici, technisch geneeskundigen

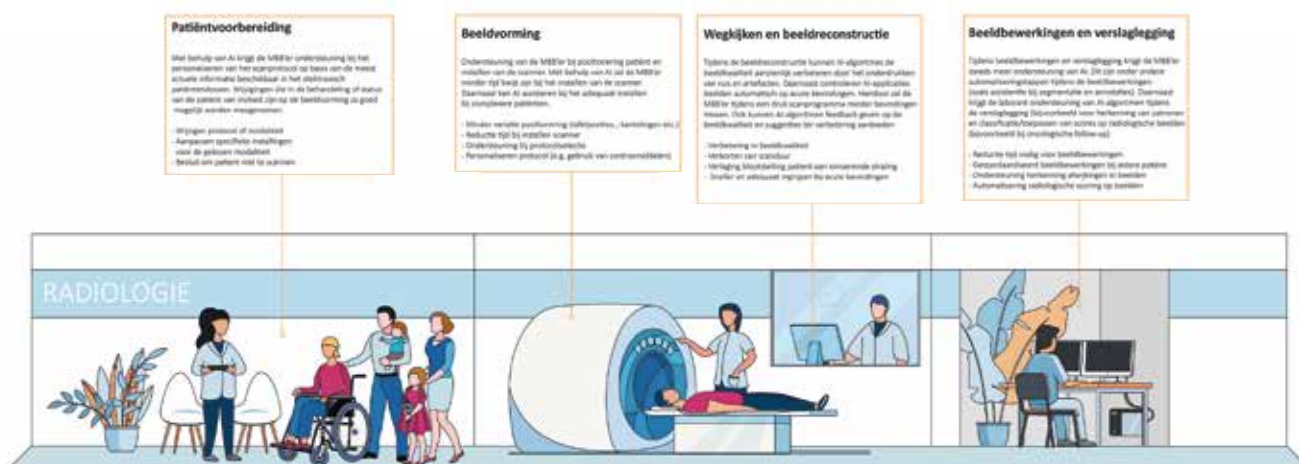
### Voorbereiden van patiënten

Voor de MBB'er begint de radiologische workflow bij het voorbereiden en scannen van patiënten. Het doel van deze stap is het verkrijgen van kwalitatief hoogwaar-

‘Mede door het gevarieerde takenpakket van de MBB'er heeft deze groep in de nabije toekomst een belangrijke rol met betrekking tot de adoptie en gebruik van AI in de klinische workflow’

der Medisch Beeldvormings- en Bestraalingsdeskundigen (MBB'ers), met deze innovaties in aanraking komen. Sterker nog, deze disciplines spelen een cruciale rol in het begeleiden van klinische implementaties en adequaat gebruik van AI-technologie in de kliniek. Toch is het zo dat de rol van deze disciplines met betrekking tot AI in de vele discussies die nu gevoerd worden vaak onderbelicht blijft<sup>3</sup>. Met name voor de MBB'er hebben deze ontwikkelingen de nodige impact op de dagelijkse werkzaamheden. Mede door het gevarieerde takenpakket van de MBB'er heeft deze groep in de nabije toekomst een belangrijke rol met betrekking tot de adoptie en gebruik van AI in de klinische workflow.

dige beelden van de interne anatomie/fysiologie van de patiënt, die geschikt zijn voor het beantwoorden van de klinische vraagstelling. Daarnaast is het van belang om bij deze stap het discomfort voor de patiënt te minimaliseren. Er op dit gebied nog veel te winnen door gebruik te maken van AI. Zo kan het automatisch verwerken van informatie uit het elektronisch patiëntendossier ondersteuning geven bij het personaliseren van scanprotocollen en biedt het de mogelijkheid om te controleren of de indicatie voor beeldvorming recentelijk is gewijzigd<sup>4</sup>. Het adequaat aanpassen van het scanprotocol en eventuele verwijzing naar een andere beeldvormende modaliteit heeft een belangrijke impact op de patiëntenzorg, mede



doordat herhaaldelijke beeldvorming met suboptimaal resultaat op deze wijze is te voorkomen.

### Correcte positie

Naast een adequate voorbereiding is het correct positioneren van de patiënt en instellen van de acquisitieparameters een basisvoorwaarde voor het verkrijgen van beelden met een goede kwaliteit. Zo dienen onder andere correcte tafelposities, kantelingen, scanbereik en protocol goed te worden ingesteld. Afhankelijk hoe de patiënt op de tafel gepositioneerd is, variëren deze verschillende instellingen. Het instellen van al deze opties is een taak die veel tijd en ervaring vereist van de MBB'er. Wanneer er sprake is van een overvol scanprogramma, is het waardevol dat het automatisch instellen van de scanner tijds winst oplevert voor MBB'er. Het is dan ook niet verrassend dat enkele fabrikanten AI-oplossingen hebben ontwikkeld om dergelijke processen te automatiseren. Zo zijn er systemen die met behulp van infrarode camera's een 3D-model van de patiënt kunnen creëren<sup>5</sup>. Deze informatie is vervolgens te gebruiken om de correcte tafelposities,

komend effect is dat de variatie tussen MBB'ers ook vermindert wanneer zij van deze technologie gebruik maken<sup>5</sup>. De inzet van dergelijke AI-technologie helpt de MBB'er dus bij het nauwkeurig en consistent instellen van de scanner voordat de

ling van de patiënt aan ioniserende straling is te verlagen. Met name op het gebied van CT- en MRI-beeldvorming wordt hier momenteel veel onderzoek naar gedaan en zijn de eerste toepassingen al beschikbaar op klinische scanners.

‘Veel stappen binnen de beeldbewerking zijn zeer geschikt voor automatisering met behulp van AI’

beeldvorming plaatsvindt. Uiteraard blijft de MBB'er verantwoordelijk en is er altijd een mogelijkheid om handmatige aanpassingen te maken wanneer dit nodig is. Het systeem is echter in de meeste gevallen in staat deze processen volledig te automatiseren. Daardoor is de MBB'er minder tijd kwijt aan dergelijke taken.

### Beeldreconstructie

Naast automatisering van handelingen met betrekking tot het instellen van de scanner en het plannen van de beeldacquisitie zijn er AI-gestuurde beeldrecon-

structie methoden om de beeldkwaliteit te optimaliseren<sup>6</sup>. Deze AI-algoritmes zijn in staat om datasets met relatief veel ruis en een beperkte hoeveelheid beeldinformatie te reconstrueren. Dit houdt in dat de scantijd is te verkorten of de blootstelling van de patiënt aan ioniserende straling geminimaliseerd moet worden. Ontwikkelingen in de afgelopen jaren hebben ervoor gezorgd dat de stralingsbelasting bij CT-beeldvorming al flink gereduceerd wordt met behoud van een adequate beeldkwaliteit. Zo hebben iteratieve reconstructiemethoden er al voor gezorgd dat er een dosisreductie meer dan 60 procent mogelijk is zonder de diagnostische waarde van het CT-beeld te verminderen<sup>7</sup>. Recentelijke ontwikkelingen gaan nog een stap verder: AI-gestuurde reconstructietechnieken maken het mogelijk om met een nog lagere stralingsdosis kwalitatief hoogwaardige CT-scans te maken. Deze algoritmes zijn met behulp van neurale netwerken getraind op grote hoeveelheden data om signaal en ruis van elkaar te kunnen onderscheiden en op deze wijze de ruis in het gereconstrueerde beeld te onderdrukken. Eenzelfde strategie is toe te passen bij MRI-beeldvorming. Daar is het streven om een zo groot mogelijke reductie in scantijd te bewerkstelligen. Deze AI-algoritmes zijn om in staat om gedeeltelijk gevulde k-ruimtes met beperkte beeldinformatie te reconstrueren, resulterend in een sterke verbetering van beeldkwaliteit<sup>8</sup>. De ►

‘AI kan ondersteuning geven bij het beoordelen van gemaakte beelden op kwaliteit en het controleren op de aanwezigheid van acute bevindingen die direct aandacht behoeven’

scanbereik en andere instellingen voor specifieke beeldvormingsprotocollen automatisch te bepalen. Deze software maakt het dus mogelijk om de MBB'er te assisteren in het sneller en optimaal instellen van de scanner. Een positief bij-

structie methoden om de beeldkwaliteit te optimaliseren<sup>6</sup>. Deze AI-algoritmes zijn in staat om datasets met relatief veel ruis en een beperkte hoeveelheid beeldinformatie te reconstrueren. Dit houdt in dat de scantijd is te verkorten of de blootstel-

inzet van dergelijke AI-algoritmes biedt de mogelijkheid om de scantijd aanzienlijk terug te dringen en daarmee de doorloop op MRI-scanners en patiëntcomfort tegelijkertijd te vergroten.

### Wegkijken

Een belangrijke taak voor de MBB'er is om de gemaakte beelden te beoordelen op kwaliteit en te controleren op de aanwezigheid van acute bevindingen die direct aandacht behoeven. Het is de verwachting dat AI een belangrijke ondersteuning kan geven bij deze taak. Zo zijn er inmiddels AI-algoritmes die de kwaliteit van gemaakte beelden kunnen beoordelen, zoals de inhalatiestatus, positionering

beeld van een zogenaamd *imaging core lab* (ICL). Onder leiding van een technisch geneeskundige is deze groep verantwoordelijk voor het gestandaardiseerd uitvoeren van een grote diversiteit aan beeldbewerkingen. De MBB'ers in deze groep krijgen te maken met een breed palet aan softwarepakketten die nodig zijn voor de beeldbewerkingen en verslaglegging. In deze softwarepakketten zitten ook steeds vaker op AI-gebaseerde applicaties die stappen automatiseren in het beeldbewerkingproces, zoals beeldsegmentatie en annotaties. Daarnaast wordt er routinematig data gegenereerd die is te gebruiken voor verdere AI-ontwikkeling en daarmee eigen werkprocessen te op-

ten volgens de RECIST-criteria. Vanwege de grote aantallen onderzoeken en de gestandaardiseerde vorm van analyse en verslaglegging is er een project gestart om deze werkzaamheden door speciaal opgeleide MBB'ers in de ISG te laten uitvoeren. Het verslag van de MBB'er wordt door de radioloog gecontroleerd en eventueel voorzien van additionele relevante bevindingen. Momenteel maken de MBB'ers binnen de ISG gebruik van gespecialiseerde software voor de RECIST-analyse. Binnen deze softwarepakketten zitten meerdere AI-algoritmes die verschillende analysestappen automatiseren. Zo maken MBB'ers in de ISG gebruik van software die het mogelijk maakt om geautomatiseerd een online cloud-database met gelijkwaardige casuïstiek te doorzoeken en gestructureerd informatie teruggestuurd te krijgen. De MBB'er kan in geval van twijfel deze software gebruiken om meer informatie over bepaalde patronen en afwijkingen op CT-beelden te krijgen voor ondersteuning bij de verslaglegging.

## 'Op dit moment werken MBB'ers, soms onbewust, al met software die gebruik maakt van AI'

van de patiënt en het ingestelde scanbereik. Deze informatie kan de MBB'er ondersteunen bij het besluit of het onderzoek is te accepteren of dat er nog additionele beeldvorming noodzakelijk is voor het beantwoorden van de klinische vraagstelling. Ook bij de beoordeling van het beeld op acute bevindingen kan de MBB'er waardevolle ondersteuning van AI-algoritmes krijgen. Hierbij is te denken aan de aanwezigheid van onder andere longembolieën<sup>9</sup> pneumothorax<sup>10</sup>, massawerkingen en bloedingen<sup>11</sup>. Inzet van dergelijke algoritmes zal een waardevolle ondersteuning voor de MBB'er zijn, die door een vaak overvol scanprogramma steeds minder tijd heeft om beelden op al deze aspecten te beoordelen. De kans dat relevante afwijkingen niet op tijd gedetecteerd worden, neemt hierdoor af.

### Beeldbewerking en verslaglegging

Naast het maken van beelden raakt de MBB'er steeds meer betrokken bij het uitvoeren van beeldanalyses en de rapportage hiervan. In dit opzicht zal de MBB'er vaker werkzaamheden verrichten die gericht zijn op radiologische pre-rapportage en het aanleveren van relevante informatie aan de radioloog. Deze taakdifferentiatie komt in het LUMC tot uiting door de recentelijke oprichting van een specialistische groep MBB'ers die verantwoordelijk is voor beeldbewerkingen en radiologische pre-rapportage in de klinische workflow. Deze groep, genaamd de *imaging services group* (ISG), is een voor-

timaliseren. De MBB'ers in deze groep staan dus dicht bij het ontwikkelproces, aangezien zij zelf direct data leveren die gebruikt wordt voor AI-training.

### AI bij beeldbewerking

Het gebruik van AI-applicaties bij beeldbewerkingen heeft als doel om de tijd die aan het analyseren en bewerken van beelden wordt besteed, te reduceren. Veel beeldbewerkingstaken zijn arbeidsintensief en vaak complex. Veel stappen binnen de beeldbewerking zijn zeer geschikt voor automatisering met behulp van AI. Dit geldt onder andere voor orgaan- en tumorvolumetrie, perfusiemetingen, metingen van aortadimensies en verslaglegging bij oncologische follow-up. De ISG kijkt kritisch naar welke stappen zijn te automatiseren. Zo zijn er al enkele applicaties ontwikkeld die automatisch beelden kunnen segmenteren en annoteren. Het automatiseren van deze analyse zal de MBB'ers veel tijdswinst opleveren. Daarnaast biedt de inzet van deze AI-algoritmes de mogelijkheid om gestandaardiseerd bij elke patiënt dergelijke analyses uit te voeren en daarmee de patiëntenzorg te verbeteren.

### Ondersteuning bij verslaglegging

De MBB'ers binnen de ISG verrichten naast beeldbewerkingswerkzaamheden ook radiologische verslaglegging. Een belangrijke taak voor hen is om de radioloog te assisteren bij de verslaglegging van CT-onderzoeken bij oncologische patiën-

### Wat merken MBB'ers ervan?

Het staat vast dat de MBB'er in toeneemende mate te maken krijgt met AI-gebaseerde toepassingen in de dagelijkse klinische praktijk. Sterker nog, op dit moment werken MBB'ers, soms onbewust, al met software die gebruik maakt van AI. Door de optimale integratie van deze technologie in bestaande softwarepakketten zal de eindgebruiker veelal weinig van deze AI-algoritmes merken. Het is wel belangrijk om te beseffen dat, hoewel de gebruikersinterface door AI in essentie niet zal veranderen, de onderliggende algoritmes wel anders werken. Dit houdt in dat de MBB'er op de hoogte moet zijn van mogelijke beperkingen en artefacten die door AI geïntroduceerd kunnen worden. Dit vereist additionele scholing en cursussen die de MBB'er bewust maken van de mogelijkheden en tekortkomingen van verschillende AI-toepassingen in de kliniek.

Een belangrijke stap die de nodige aandacht vraagt, is vertrouwen. Wanneer de MBB'er geen vertrouwen heeft in de onderliggende technologie kan de adoptie van deze technologie in het gedrang komen. Belangrijk is dat de MBB'er ervaring krijgt in het gebruik van deze technologie en dat fabrikanten voldoende wetenschappelijke data aanleveren dat de technologie naar behoren werkt. Daarnaast zal de MBB'er altijd de mogelijkheid moeten hebben om zelf nog handma-

tige aanpassingen te maken, waardoor de MBB'er altijd zelf controle heeft over hoe de technologie gebruikt gaat worden.

### Dagelijkse kliniek

Tot slot is AI uitermate geschikt om het radiologische werkproces efficiënter te maken en tegelijkertijd de patiëntenzorg te verbeteren. De eerste AI-gebaseerde toepassingen zijn al geïmplementeerd en worden, al dan niet onbewust, al gebruikt in de dagelijkse kliniek. De MBB'er heeft een belangrijke rol bij de sturing van de ontwikkeling van nieuwe toepassingen en het correct gebruik hiervan. Het is dan ook niet meer de vraag of de MBB'er met AI te maken krijgt, AI is er namelijk al.

### Willem Grootjans

technisch geneeskundige en hoofd van de Imaging Services Group op de afdeling radiologie van het Leids universitair Medisch Centrum

### Joost Roelofs

expert CT-afdeling radiologie Leids universitair Medisch Centrum

### Stephan Romeijn

technisch geneeskundige op de afdeling radiologie van het Leids

universitair Medisch Centrum met als specialisatie implementatie artificiële intelligentie op de radiologie

### Literatuur

1. Trends en stand van zaken: Diagnostiek <https://www.rivm.nl/medische-stralingstoepassingen/trends-en-stand-van-zaken/diagnostiek>. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2020.
2. Jha, S., Automation and Radiology & #x2014; Part 1. Academic Radiology, 2020. 27(1): p. 147-149.
3. Hardy, M. and H. Harvey, Artificial intelligence in diagnostic imaging: impact on the radiography profession. The British Journal of Radiology, 2019. 93(1108): p. 20190840.
4. Bizzo, B.C., et al., Artificial Intelligence and Clinical Decision Support for Radiologists and Referring Providers. Journal of the American College of Radiology, 2019. 16(9): p. 1351-1356.
5. Booi, R., et al., Automated patient positioning in CT using a 3D camera for body contour detection: accuracy in pediatric patients. European Radiology, 2021. 31(1): p. 131-138.
6. Wang, G., J.C. Ye, and B. De Man, Deep learning for tomographic image reconstruction. Nature Machine Intelligence, 2020. 2(12): p. 737-748.
7. Yamada, Y., et al., Dose reduction in chest CT: Comparison of the adaptive iterative dose reduction 3D, adaptive iterative dose reduction, and filtered back projection reconstruction techniques. European Journal of Radiology, 2012. 81(12): p. 4185-4195.
8. Wang, S., et al., ACCELERATING MAGNETIC RESONANCE IMAGING VIA DEEP LEARNING. Proceedings. IEEE International Symposium on Biomedical Imaging, 2016. 2016: p. 514-517.
9. Weikert, T., et al., Automated detection of pulmonary embolism in CT pulmonary angiograms using an AI-powered algorithm. European Radiology, 2020. 30(12): p. 6545-6553.
10. Taylor, A.G., C. Mielke, and J. Mongan, Automated detection of moderate and large pneumothorax on frontal chest X-rays using deep convolutional neural networks: A retrospective study. PLoS medicine, 2018. 15(11): p. e1002697-e1002697.
11. Prevedello, L.M., et al., Automated Critical Test Findings Identification and Online Notification System Using Artificial Intelligence in Imaging. Radiology, 2017. 285(3): p. 923-931.

## Waarnemingen in Suriname

**Zowel in Nickerie als in Paramaribo in Suriname is er behoefte aan Nederlandse radiologen die enkele weken of maanden willen werken in Suriname. Ook andere hulpmiddelen zijn zeer welkom.**

Het Mungra Ziekenhuis in Nickerie is van maart tot oktober 2020 grotendeels gesloten geweest door corona, maar inmiddels is alles weer genormaliseerd. Huib van den Hout, die de radiologie in Nickerie coördineert, zoekt daarom vanaf mei waarnemers, voor telkens zes weken. Van oktober tot januari hebben Huib van den Hout en daarna Ronald Langkemper de radiologie in Nickerie ieder zes weken bestierd. Wel heeft het ziekenhuis 33 miljoen Surinaamse dollar schuld en is het niet mogelijk hulpmiddelen en medicatie te kopen. Ideeën over sponsoring en hulp zijn zeer welkom.

Ook in het Medisch Diagnostisch Centrum (MDC) in Paramaribo is dringend behoefte is aan twee radiologen die enkele weken of maanden willen waarnemen. Er zijn twee geriefelijke appartementen boven het MDC. Er is goede röntgen, echo-apparaat, DEXA en deskundig personeel. Gevraagd wordt om bij toerbeurt ook de echo en radiologie in het dichtbij gelegen 's Lands Hospitaal en het Diakonessenhuis te verrichten.

**Kees Vellenga**



Het team van het Medisch Diagnostisch Centrum in Paramaribo.

### Inlichtingen voor waarnemingen

Nickerie: Huib van den Hout  
[info@houtvd.nl](mailto:info@houtvd.nl) of (06) 21 81 80 66  
 Paramaribo: Kristina Legiman  
[kristinadewi.legiman@mdc.sr](mailto:kristinadewi.legiman@mdc.sr)

# AI ALS HULPMIDDEL VOOR DE JUISTE ZORG OP DE JUISTE PLEK

## Kansrijke initiatieven sneller opstarten



Annemieke Nennie

Het gebruik van artificiële intelligentie (AI) kan helpen bij het realiseren van de juiste zorg op de juiste plek op het juiste moment. Door radiologen te ondersteunen met beeldherkenning, maar ook door het gebruik van voorspelmodellen in preventie, diagnostiek of behandeling. Om de potentie van AI om te zetten naar daadwerkelijk ervaren waarde voor zorgverleners, patiënten en burgers, werkt VWS sinds eind 2019 met veldpartijen samen in het programma **Waardevolle AI voor gezondheid**.

Om kansrijke AI-initiatieven, ook in de radiologie, sneller op te starten en op te schalen, versterkt het VWS-programma samenwerking op nationaal niveau om samen te leren en samen te doen. Daarnaast zet het programma in op bewustwording over wat AI betekent in de praktijk en wat er nodig is voor een mensgerichte en betrouwbare inzet. Dat gebeurt bijvoorbeeld door goede praktijkervaringen bij ontwikkeling en praktische hulpmiddelen voor implementatie te delen. Het programma baseert zich met haar activiteiten op uitgevoerde nulmetingen over de stand van zaken in Nederland, zowel op het aantal AI-toepassingen in de praktijk als op databeschikbaarheid voor AI.

### Praktische hulpmiddelen

Voor het delen van kennis werkt VWS samen met de Nederlandse AI Coalitie (NLAIC), die de krachten van alle betrokkenen bundelt. Daarnaast werken deskundigen uit het veld in verschillende teams aan praktische hulpmiddelen, te vinden zijn op [datavoorgezondheid.nl](http://datavoorgezondheid.nl). Zo kan iedereen succesvolle nieuwe initiatieven sneller overnemen en implementeren. Een mooi voorbeeld hiervan is de handleiding voor het organiseren van ethiekworkshops om op het niveau van systeem, proces en gedrag tot concrete handelingsopties te komen. Verder maakt een van de teams nu een integraal overzicht waar een ontwikkelteam aan moet denken in de verschillende fases van AI-ontwikkeling, zoals gebruikers-



waarde, software, infrastructuur en privacy.

### Medisch-inhoudelijke kwaliteit

Voor een waardevolle inzet van AI in de praktijk zijn twee randvoorwaarden cruciaal: het kunnen vertrouwen van de uitkomsten en het beschikken over voldoende rijke en kwalitatief goede data. Momenteel werken experts uit verschillende disciplines hard aan een (veld)norm voor de medisch-inhoudelijke kwaliteit van AI. Naast collega's uit uw vakgebied, zoals Wouter Veldhuis, Paul Algra en Kicky van Leeuwen, nemen ook andere medisch experts deel, waaronder epidemioloog Floor van Leeuwen, hoogleraar radiotherapie André Dekker en onderzoeker Giovanni Cinà. Tot slot denken deskundigen uit de AI-wereld mee over

medische dataverzameling, het ontwikkelen of valideren van (medische) voorspellende algoritmes en het ontwikkelen van AI-applicaties.

### Annemieke Nennie

programmamanager Waardevolle AI voor gezondheid, ministerie van VWS

### Meer weten?

Op [www.datavoorgezondheid.nl](http://www.datavoorgezondheid.nl) vindt u handvatten, kaders, nieuws en praktijkervaringen. Ook vindt u hier de podcast-serie *Waardevolle AI voor gezondheid*. De afleveringen zijn te beluisteren via *Apple Podcast*, *Google Podcast* en *Spotify*.



# NICOLAB

Connecting human & artificial intelligence  
will revolutionize emergency care

Medisch specialisten in de beroertezorg staan onder enorme druk om dag en nacht snel de juiste beslissingen te nemen. Complexe beoordeling van beschikbare beeldvorming en noodzakelijke afstemming tussen ziekenhuizen onderling maken het effectief behandelen van slachtoffers van een beroerte niet eenvoudiger.

NICO.LAB is ervan overtuigd dat het combineren van menselijke en artificiële intelligentie (AI) de oplossing voor veel van deze problemen biedt en een revolutie in de spoedeisende zorg teweeg zal brengen. StrokeViewer stelt artsen in staat om elke patient met een beroerte zo snel mogelijk van de juiste behandeling te voorzien.

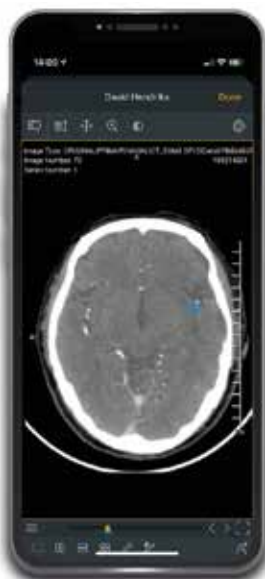
StrokeViewer is een beveiligde en eenvoudig te implementeren cloud oplossing die AI gebruikt om scans te analyseren op kenmerken die wijzen op een beroerte.

StrokeViewer waarschuwt automatisch alle betrokken medisch specialisten binnen enkele minuten nadat een patiënt in het ziekenhuis is aangekomen. Zij kunnen op hun desktop, tablet of smartphone, in het ziekenhuis, maar ook thuis, de beelden en de AI analyse beoordelen, diagnose stellen en verdere behandeling plannen.

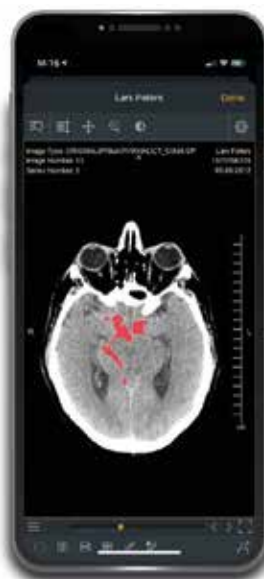
Dr. Albert Yoo, neuro-interventieradioloog en medisch directeur bij het Texas Stroke Institute:

*“AI werkt uitstekend als screening tool om het team te waarschuwen dat er een hoge verdenking van LVO (large vessel occlusion) is. Uit de ervaring in ons center blijkt het echt te helpen bij de workflow en de onderlinge communicatie en het verkort de tijd tot behandeling. Het is aannemelijk dat AI in toenemende mate betrokken zal raken bij de feitelijke selectie van patiënten.”*

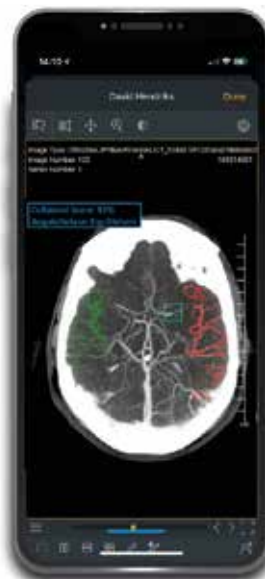
## stroke | viewer®



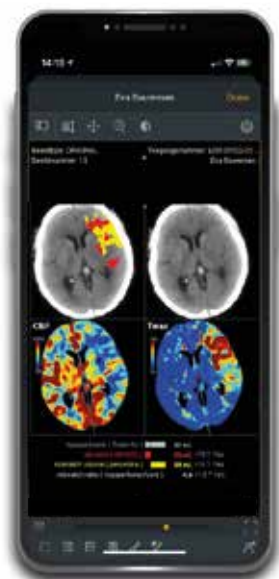
LVO detectie & localisatie



Bloeding detectie



Collateral score \*



CT perfusie analyse \*

\* CE Q2 2021

Ga voor meer informatie naar  
[www.nico-lab.com](http://www.nico-lab.com)

## DE ROL VAN AI BIJ COVID-19

# Update van de initiatieven in Nederland



Laurens Topff

**De coronacrisis heeft aangetoond dat versnelde ontwikkeling en implementatie van innovaties in de zorg mogelijk zijn. Door de grote hoeveelheid beschikbare data en de verhoogde druk op de gezondheidszorgsystemen is er ook veel aandacht voor de mogelijkheden van artificiële intelligentie. In Nederland zijn er verschillende initiatieven ontstaan om AI toe te passen bij de beeldvorming van covid-19. Dit artikel bespreekt de status van deze initiatieven en hun rol in de radiologische praktijk.**

**D**e meerderheid van AI-projecten voor thoracale beeldvorming van covid-19 zijn gericht op detectie, bepalen van ziekte-uitgebreidheid en/of voorspellen van patiëntuitkomst. Het nut van AI-tools voor het opsporen en de diagnose van covid-19 is in Nederland beperkt, gezien voldoende beschikbaarheid van radiologen en de beperkingen van beeldvorming in het algemeen. Er is wel een mogelijke rol voor de kwantitatieve analyse van covid-19 op CT. *Deep learning*-modellen zijn uitermate geschikt om de uitgebreidheid van longafwijkingen objectief en efficiënt te berekenen. Meerdere studies hebben een correlatie aangetoond tussen de mate van longaantasting en ziekte-ernst. Daarnaast zijn er modellen die zich richten op het voorspellen van uitkomst, bijvoorbeeld de toekomstige nood aan mechanische ventilatie. Deze laatste projecten blijven vaak beperkt tot de onderzoeksomgeving, doordat de technische implementatie in de praktijk moeilijk uit te voeren is of omdat de modellen onvoldoende zijn te generaliseren naar andere ziekenhuizen.

### Klinisch gebruik

Enkele initiatieven zijn er in geslaagd om binnen enkele maanden tijd een nieuwe AI-tool te ontwikkelen en te certificeren voor klinische doeleinden. Al in juni 2020 is de eerste versie van CAD4COVID-CT voor klinisch gebruik gelanceerd, een ontwikkeling van het Nijmeegse bedrijf Thirona, in samenwerking met Radboudumc. De software berekent het percentage van longaantasting op CT en geeft een *severity score* voor elke longkwab. Thirona heeft de tool op korte termijn kunnen realiseren door de ontwikkeling te baseren

op bestaande software voor kwantificatie van longemfyseem. Dankzij een versnelde procedure is de nodige CE-markering (klasse IIa) behaald.

De software is gratis toegankelijk via een webportal. Momenteel analyseert het zo'n 3.000 CT-onderzoeken per maand en het gebruik blijft stijgen. Ook enkele Nederlandse radiologie-afdelingen gebruiken de AI-tool in hun dagelijkse praktijk. CWZ Nijmegen heeft zelf de integratie met PACS verzorgd, waarbij alle low dose CT-onderzoeken automatisch geanalyseerd worden en de resultaten als rapport terug naar PACS worden verstuurd. Radioloog Marieke Vermaat van het CWZ: 'Voor elke CT berekent de software een severity score. Die geeft een objectief beeld van de ziekte-uitgebreidheid. De analysesresultaten zijn daardoor een nuttige aanvulling op de radiologische interpretatie. Ook de behandelend arts gebruikt de severity score, want die geeft een inschatting van

het ziektebeloop en ondersteunt bij een snelle triage van patiënten verdacht voor covid-19.'

Delft Imaging en Thirona hebben een AI-tool ontwikkeld voor de detectie van covid-19 op X-thorax. Hoewel de conventionele röntgenfoto in Nederland geen belangrijke rol heeft bij de diagnose van covid-19, is CAD4COVID-XRay al succesvol geïmplementeerd in meerdere ontwikkelingslanden. De software ondersteunt de triage van patiënten op plaatsen waar een tekort is aan radiologen en PCR-testen. Delft Imaging heeft de uitrol van deze nieuwe software in korte tijd gerealiseerd door gebruik te maken van een bestaand netwerk voor tuberculosescreening.

### Internationale consortia

Tijdens de eerste coronagolf zijn er meerdere internationale samenwerkingen ontstaan tussen ziekenhuizen en industrie om robuuste AI-modellen te ontwikkelen,



Implementatie van CAD4COVID-CT in CWZ Nijmegen. Het analyserapport is geïntegreerd in PACS.

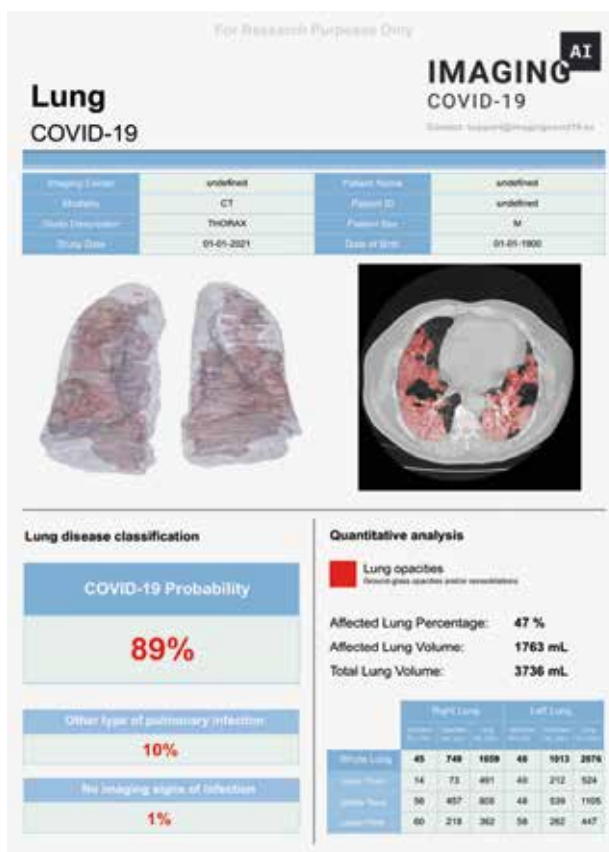
gebaseerd op multicentrische data. Deze initiatieven werden geconfronteerd met uitdagingen om snel en op grote schaal data te verzamelen binnen de Europese regelgeving en om deze data efficiënt te annoteren.

Het International Consortium for COVID-19 Imaging AI (ICOVAI) is opgestart door het Amsterdamse bedrijf Aidence, en krijgt een Horizon 2020-subsidie van de EU. Het consortium heeft 3.500 CT-scans verzameld en hiervan meer dan 1.000 CT scans geannoteerd. CEO Mark-Jan Harte van Aidence licht toe: 'De data-annotatie, uitgevoerd door radiologen, was een belangrijke stap in de ontwikkeling van het AI-algoritme. Gezien de complexe, infiltratieve aard van covid-19-afwijkingen op CT, was in het bijzonder de manuele segmentatie van deze afwijkingen een erg tijdsintensieve taak. We hebben dit opgelost door onze eigen annotatiesoftware te verbeteren. De kwaliteit van de annotaties is immers essentieel voor het trainen en testen van een accuraat algoritme.'

Momenteel is ICOVAI bezig met de creatie van het AI-model. Het doel is om later dit jaar een praktische AI-oplossing uit te brengen voor de voorspelling van CORADS-score en kwantificatie van longaantasting op CT. De tool wordt klinisch gecertificeerd en daarna geïntegreerd in de workflow van de radioloog.

Imaging COVID-19 AI is een vergelijkbaar consortium, geïnitieerd door de *European Society of Medical Imaging Informatics* (EuSoMII). Dit initiatief heeft het voorbije jaar een grote dataset van CT-scans verzameld van 25 ziekenhuizen uit 7 verschillende Europese landen, waaronder Nederland. De beelden zijn geannoteerd door een vijftigtal radiologen in een on-

**Figuur 1.** Voorbeeld van AI-analyserapport van Imaging COVID-19 AI. De probabiliteit van covid-19 en het percentage van longaantasting staan weergegeven.



line platform. Twee deelnemende bedrijven, Quibim en Robovision, hebben in competitieverband gestreden om met de geannoteerde dataset het meest accurate AI-model te bouwen. De definitieve versie van het AI-model was in december klaar en is voor onderzoeksdoeleinden beschikbaar via een webportal (zie figuur 1).

Beide consortia, ICOVAI en Imaging COVID-19 AI, werken samen door elkaars AI-model te evalueren op de eigen dataset. De externe validatie is een onafhankelijke manier om de betrouwbaarheid en generaliseerbaarheid van het model te beoordelen.

## Conclusie

Dankzij de vele samenwerkingen tussen radiologen en bedrijven zijn er in recordtijd meerdere AI-toepassingen voor covid-19 ontwikkeld. Hiervan zijn er al een aantal klinisch geïmplementeerd. In de meeste gevallen leveren de tools aanvullende informatie aan die de radioloog ondersteunen. Er zijn meer validatiestudies nodig om de klinische meerwaarde te bepalen. In de toekomst zijn de modellen wellicht nog te verbeteren, door naast beeldvorming ook klinische en labgegevens te gebruiken. De ontstane samenwerkingen tijdens de coronacrisis vormen alvast een goede basis voor de verdere ontwikkeling van AI-toepassingen.

## Laurens Topff

Radioloog, Antoni van Leeuwenhoek, Amsterdam

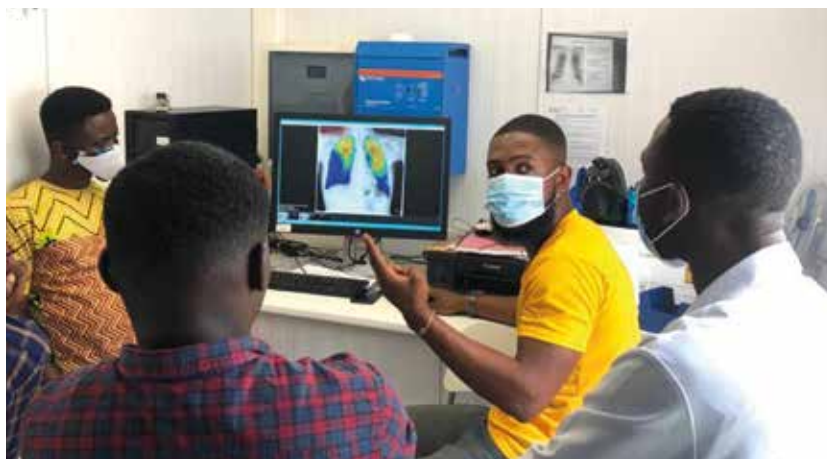
### Kijk voor meer informatie op:

CAD4COVID-CT: <https://thirona.eu>

CAD4COVID-Xray: <https://delft.care>

ICOVAI: <https://icovai.org>

Imaging COVID-19 AI: <https://imaging-covid19ai.eu>



Implementatie van CAD4COVID-XRay in Ghana. Een heatmap toont de afwijkende gebieden op X-thorax.

# PROJECT OM KENNISHIATEN MBB'ERS TE DICHTEN

## Verantwoord omgaan met AI



Harmen Bijwaard

**Kunstmatige Intelligentie (Artificial Intelligence of kortweg AI) heeft de laatste jaren de radiologiewereld ingrijpend veranderd. Ook het werk van Medisch Beeldvormings- en Bestralingsdeskundigen (MBB'ers) verandert hierdoor sterk.**

**A**I wordt namelijk niet alleen ingezet voor beeldherkenning en diagnose, maar bijvoorbeeld ook voor workflow management, reconstructie van CT-beelden en automatische planning van radiotherapie. Dat is het werkterrein van MBB'ers (zie figuur 1), maar zij zijn in hun opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) niet in aanraking gekomen met AI. Daarmee ontstaat een handelingsverlegenheid waarvan zowel MBB'ers zelf als partijen zoals afdelingshoofden, directeuren en AI-experts aangeven dat ze die graag willen aanpakken. Dit moet ertoe leiden dat MBB'ers nu en in de toekomst verantwoord met AI kunnen omgaan en een bijdrage kunnen blijven leveren aan de ontwikkeling van het werkveld.

### Stappenplan

Het project KIM – Kunstmatige Intelligentie voor MBB'ers – richt zich op die handelingsverlegenheid van MBB'ers ten aanzien van AI. De centrale onderzoeksvragen van het project luiden: Wat zijn de ontwikkelingen in radiologische/radiotherapeutische AI? En hoe zijn de praktische, ethische en juridische aspecten daarvan van invloed op het werk van MBB'ers, nu en in de nabije toekomst? Welke rol ten aanzien van die ontwikkelingen gaan MBB'ers vervullen en welke kennis en vaardigheden hebben zij daarvoor nodig?

Om deze vragen te beantwoorden, is een projectconsortium geformeerd bestaande uit hogescholen met een MBRT-opleiding, de beroepsverenigingen van MBB'ers (NVMBR) en radiologen (NVvR),

Erasmus MC en het RIVM. Daarnaast is een adviesraad geformeerd bestaande uit Annemieke van der Heij-Meijer (Hanzehogeschool Groningen), Richard Kemkers (Philips), Jim Stolze (bedenker van *De Nationale AI Cursus*) en Maaïke Harbers (Hogeschool Rotterdam). Voor de beantwoording van de onderzoeksvraag wordt het volgende stappenplan aangehouden:

1. *Systematic review* om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen uit de wetenschappelijke literatuur van AI-systemen die nu en in de nabije toekomst het werk van MBB'ers (gaan) beïnvloeden;
2. Focusgroepen met AI-experts om te achterhalen hoe zij denken dat de resultaten van stap 1 het werk van MBB'ers gaan beïnvloeden en tevens als check dat alle relevante AI is geïdentificeerd;
3. Opstellen van een visiedocument over de ontwikkelingen in AI nu en in de nabije toekomst en hoe die de rol van MBB'ers gaan veranderen;

4. Bepalen welke kennis en vaardigheden MBB'ers nodig hebben om hun toekomstige rol ten aanzien van AI te vervullen. Hiertoe worden workshops met stakeholders georganiseerd;
5. Opstellen van een online protocol om het huidige kennishiaat te dichtten: een online instructie basisvaardigheden voor in het MBRT-onderwijs (inclusief juridische aspecten, ethiek en veiligheid) en een online instructie voor gevorderden op post-HBO niveau voor bij- en nascholing van MBB'ers. De protocollen zullen als online instructies voor MBB'ers worden aangeboden via de NVMBR.

Voor de uitvoering van dit project heeft regieorgaan SIA een zogenaamde RAAK-publiek-subsidie toegekend (zie ook 'Subsidie voor AI-module voor MBB'ers' op de volgende pagina, *red.*). Project KIM is op 1 maart van start gegaan en duurt twee jaar.

Harmen Bijwaard

Aantal respondenten bij deze vraag: 126		
Beeldherkenning		44
Beeldreconstructie		51
Beeldfusie (bv. van verschillende modaliteiten)		42
Parameteroptimalisatie		19
Dosisoptimalisatie		35
Automatische intekening (bv. van kritieke organen)		37
Patientpositionering		12
Automatische behandelplannen		15
Workflowmanagement		10
Clinical decision support		9
Postprocessing		37
Nee, ik kom AI nog niet tegen in mijn werk		38

**Figuur 1.** De respons van MBB'ers op de vraag: 'Kom je AI tegen in je werk bij de volgende taken?'. De laatste kolom geeft het aantal respondenten dat 'ja' heeft geantwoord; de kolom ervoor het percentage.

## AI IN DE THORAXRADIOLOGIE

# Het huidige spectrum aan toepassingen

Artificial Intelligence (AI) binnen thoracale radiologie is een van de meest ontwikkelde takken binnen het huidige spectrum beschikbare software (figuur 1). Momenteel zijn er zo'n twintig bedrijven actief binnen de thoracale radiologie en veertig CE-gecertificeerde applicaties op de markt voor thoraxfoto's of CT-thorax. Logischerwijs rijzen nu de vragen: welke applicaties zijn geschikt en welke hebben toegevoegde waarde voor mijn afdeling? Een greep uit de beschikbare gecertificeerde AI-software.



Steven Schalekamp



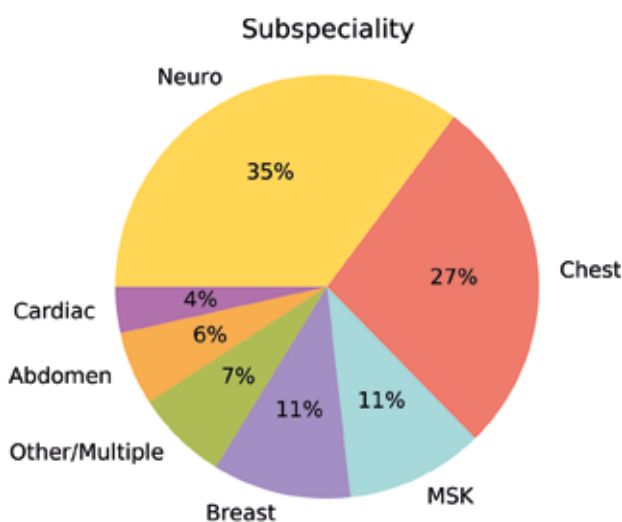
Kicky van Leeuwen

**A**lweer tientallen jaren geleden begon de ontwikkeling van automatische detectie van afwijkingen op thoraxfoto's. De focus lag met name op de detectie van longnodulen. Hoewel de automatische detectie sterk verbeterd is met de tijd, en met *deep learning* nog een extra sprong heeft gemaakt, vindt deze software nog niet gretig aftrek in de kliniek. Het is natuurlijk aantrekkelijk om door het gebruik van AI-software de kans op het missen van een longkanker te verkleinen, maar in de dagelijkse praktijk lijkt dit een minder relevant probleem, gezien de lage incidentie van potentiële longkankers op thoraxfoto's. Bovendien blijft de radioloog de beelden beoordelen, en wordt er op deze manier geen tijdswinst geboekt.

### AI voor thoraxfoto's

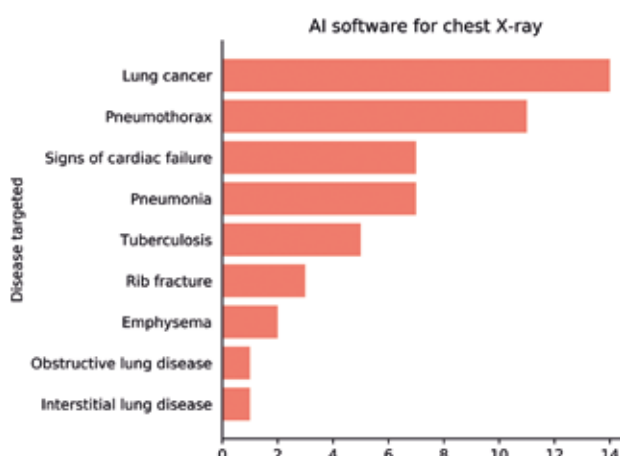
De industrie ziet dan ook in dat alleen detectie van longnodulen niet voldoende

**Figuur 1.** Van de huidige 142 CE-gecertificeerde AI-producten in radiologie zijn de meeste toepassingen beschikbaar voor neuroradiologie en thoraxradiologie. Bron: *www.AlforRadiology.com*, 19 januari 2021.



de is. Er is behoefte aan software die (een deel van) de huidige taken kan overnemen. Daarom komen nu steeds meer applicaties op de markt die zich richten op meerdere afwijkingen en idealiter het

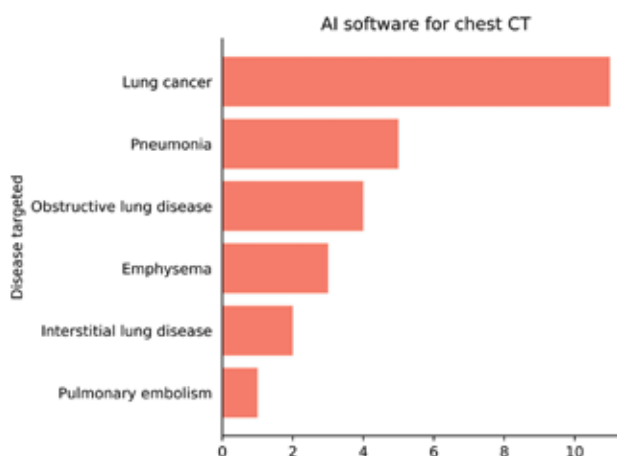
beoordelen van de gehele thoraxfoto (figuur 2). Van de huidige producten richten negen zich op de detectie van één afwijking, terwijl zeven producten meerdere afwijkingen in de X-thorax kunnen detecteren. Zo biedt bijvoorbeeld *Lunit* (Lunit Insight CXR3) detectie van wel tien en *InferVision* (InferRead DR Chest) veertien verschillende afwijkingen, waaronder consolidaties, pneumothorax, atelectase, pleurale effusie en natuurlijk longnodulen. Het product geeft dan verdachte gebieden en haar interpretatie aan in de thoraxfoto (figuur 3). Andere producten richten zich meer op abnormale thoraxfoto's in het algemeen om te gebruiken als triage, terwijl een enkel bedrijf zich richt op het filteren van normale thoraxfoto's om zo de efficiëntie van het werkproces te verhogen. Een laatste categorie van bedrijven optimaliseert de beeldkwaliteit met ►



**Figuur 2.** Staafdiagram van de aandachtsgedebieden van de huidige gecertificeerde producten voor thoraxfoto's. Producten die meerdere afwijkingen detecteren, kunnen meer dan één keer voorkomen in dit diagram. Onder tekenen van hartfalen vallen cardiomegalie, oedeem en pleurale effusie.



**Figuur 3.** Voorbeeld van een output van LUNIT Insight CXR3. De AI-software geeft met een *heatmap* verdachte gebieden in de thoraxfoto weer. Daarbij genereert de software een abnormaliteitscore per ziektecategorie.



**Figuur 4.** Staafdiagram van de aandachtsgedebieden van de huidige gecertificeerde producten voor thorax-CT-scans. Onder de obstructieve longziekten vallen COPD, astma en cystische fibrose.

bijvoorbeeld rib-suppressie om (focale) afwijkingen beter te kunnen opsporen.

In de eerste studies behaalt de AI-software voor het opsporen van de afzonderlijke afwijkingen op thoraxfoto's goede resultaten. Bij de aanwezigheid van meerdere afwijkingen in de foto wordt de interpretatie door het systeem moei-

lijker. Hoe bepaal je bijvoorbeeld bij het opsporen van overlappende bevindingen welke afwijking nu echt aanwezig is? Deze interpretatie en de vertaalslag van AI-software *output* naar een bruikbaar rapport voor de clinicus zijn nog een punt van aandacht. Daarnaast blijft integratie in de dagelijkse praktijk een uitdaging. Ondanks dat de software uitgebreid is, is

deze altijd nog niet volledig, en moet de radioloog alsnog de thoraxfoto's lezen.

### AI voor thorax CT-scans

Er zijn meer dan vijftien bedrijven die AI-software aanbieden voor thorax-CT's. De meeste AI-software voor thorax-CT's richt zich op het opsporen en de karakterisering van longnodulen, mede gedreven door de screeningsonderzoeken op longkanker. Maar zo langzamerhand komen er meer applicaties op de markt die andere doelen hebben, zoals longsegmentatie, kwantificatie van emfyseem of fibrose of de detectie van longembolieën of covid-19.

Voor de detectie van longkanker in CT zijn elf verschillende producten op de markt (*figuur 4*). De meest bekenden hierbij in Nederland zijn wellicht *Veye Chest* van Aidence en *Veolity* van Mevis (*figuur 5*). Deze software biedt, net zoals de meeste andere beschikbare gecertificeerde software, een extra scanvolume of rapport met gedetecteerde en gesegmenteerde nodulen. Hierbij wordt automatisch het volume van de noduli berekend en vergeleken met vorige scans, om een volumeverdobbelingstijd te kunnen berekenen.

Enkele producten zijn beschikbaar voor de detectie van pneumonie en zijn met name gericht op de covid-19 gerelateerde longafwijkingen. Het voornaamste doel van deze software is het vroeg detecteren van pneumonie in een drukke werkljst en de hoeveelheid afwijkingen gemakkelijk kwantificeren. Verder zijn enkele producten beschikbaar voor de kwantificatie van emfyseem, opsporing van *airtrapping* en bronchopathie.

### Wat te kiezen?

Vooralsnog is de radioloog veelal afhankelijk van de informatie die de fabrikant verstrekt. Bij de ontwikkeling van sommige producten zijn gedegen studies verricht waarin de kwaliteit van het product is getest, al dan niet gesponsord door de industrie. Echter, bij een substantieel deel van AI-software is geen wetenschappelijk onderzoek beschikbaar als naslag voor de geclaimde toegevoegde waarde<sup>1</sup>. Voor de transparantie is het van belang dat radiologen verschillende producten kunnen vergelijken. Zo is beter te bepalen welk product geschikt is voor toepassingen op de eigen afdeling. Naast prestaties zijn natuurlijk ook gebruiksvriendelijkheid, integratie in de workflow en het effect op patiëntuikomst van uiterst belang. De website [www.AlforRadiology.com](http://www.AlforRadiology.com), een initiatief van het Radboudumc, heeft als

Finding	Baseline	Visit 2	Visit 3
	Dec 10, 2007	Jan 07, 2009	Nov 30, 2009
Segment			
Location	Slice 260	Slice 282	Slice 289
Status	New	Old	Old
Result		Growing	Growing
Type	GroundGlassOpacity	GroundGlassOpacity	GroundGlassOpacity
Equivalent Diameter	12.4 mm	15.9 mm	17.0 mm
Mass	308.7 mg	581.6 mg	802.9 mg
Axis long/short	13.6 / 11.2 mm	17.3 / 11.8 mm	21.9 / 14.1 mm
Description			
Malignancy probability	7.99%	13.09%	19.59%

**Figuur 5.** Voorbeeld van een output van Veolity van Mevis, waarbij zowel solide als subsolide nodulen automatisch gedetecteerd en gemeten worden.

doel de transparantie in de markt te vergroten. Deze website houdt de lijst met huidige AI-software voor radiologie bij en brengt in de toekomst ook onafhankelijke testrapporten. Dit kan als startpunt dienen voor de zoektocht naar welke AI-applicaties uw afdeling daadwerkelijk vooruit gaan helpen.

**Steven Schalekamp**  
radioloog Raboudumc Nijmegen  
**Kicky van Leeuwen**  
onderzoeker afdeling Beeldvorming/  
Radiologie, Radboudumc Nijmegen

#### Literatuur

1. K.G. van Leeuwen, S. Schalekamp, M.J.C.M. Rutten, B. van Ginneken, M. de Rooij. Artificial intelligence in Radiology; 100 commercially available products and their scientific evidence. Accepted by European Radiology.

(advertentie)

*Aan alle zorgverleners  
in Nederland*

*Wij denken  
aan jullie!*

*De medewerkers van Bayer*



# MEMORANDUM

## WERKGROEP GEZONDHEID EN ZORG NEDERLANDSE AI-COALITIE: 'Waardevolle AI-toepassingen herkennen en opschalen'



Pieter Jeekel

De Nederlandse AI Coalitie (NL AIC) zet zich in om AI-ontwikkelingen in Nederland te versnellen en AI-initiatieven in Nederland met elkaar te verbinden. Het is een publiek-privaat samenwerkingsverband van overheid, bedrijfsleven, onderwijs- en onderzoeksinstituten en maatschappelijke organisaties. De werkgroep Gezondheid en Zorg van de NL AIC wil met AI bijdragen aan een gezond en welvarend Nederland.

### Samen optrekken

AI-toepassingen kunnen bijdragen aan gezondheid door preventie en zorg te verbeteren op verschillende niveaus. Voorzitter werkgroep Gezondheid en Zorg Pieter Jeekel: 'Er zijn in Nederland veel initiatieven op het gebied van AI, ook gericht op gezondheid en zorg. Vele ervan doen niet onder voor succesvolle buitenlandse producten en diensten. Het probleem is echter dat veel van die initiatieven stranden op de weg van een goed idee naar gevalideerde toepassing en grootschalige benutting. Zo kunnen organisatie en financiering van zorg de invoering van (digitale) innovaties, waaronder AI-toepassingen, in de weg staan. Coalitievorming is belangrijk. Wanneer we meer samen optrekken, knelpunten identificeren en aanpakken en leren van elkaars successen, kunnen we een veel grotere impact hebben op de gezondheid van Nederlandse burgers, het functioneren van onze gezondheidszorg en het

nusterie van VWS, Health~Holland en dutch digital delta, wil een meetbare en duurzame impact hebben op de ontwikkeling en implementatie van waardevolle

van randvoorwaarden, het ondersteunen van waardevolle innovaties en het delen van kennis. Jeekel: 'Sommige teams zullen gedurende langere tijd actief zijn, bijvoor-

'Laat iedere zorgverlener zich uitgenodigd voelen om met ontwikkelaars mee te denken over de keuzes op ethisch, wettelijk en maatschappelijk gebied'

AI-toepassingen in alle sectoren van gezondheid en zorg. Jeekel: 'In 2020 hebben we vierhonderd Nederlandse AI-trajecten op het gebied Gezondheid en Zorg onder de loep genomen die momenteel nog niet in een brede context (nationale of internationaal) zijn geïmplementeerd, maar wel de potentie hebben (inter)nationaal te schalen en leider op dit inno-

beeld op terreinen als data en burgerparticipatie. Andere richten zich gedurende korte tijd op AI-oplossingen voor actuele thema's, zoals gebruik van röntgenbeelden voor een beter inzicht in de covid-19 pandemie. Daarom wil ik een oproep doen: laat iedere zorgverlener zich uitgenodigd voelen om met ontwikkelaars mee te denken over de keuzes op ethische, wettelijke en maatschappelijke aspecten, de kennishiaten die er nog zijn, waar het nog aan ontbreekt en wie daar wat aan kan doen. Zo kunnen we gezamenlijk werken aan waardevolle AI-innovaties. Voor patiënten én radiologen.'

'Het is essentieel dat de huidige versnippering wordt aangepakt'

succes van Nederlandse bedrijven. Nederland kan ook op het terrein van AI en gezondheid het gidsland worden. Daarvoor is het essentieel dat de huidige versnippering wordt aangepakt en dat er meer samenhang en samenwerking ontstaat in het veld van AI, gezondheid en zorg.'

### Potentie zien

De werkgroep, een initiatief van het mi-

nieuwe technologische vlak te worden. Het is van belang voor deze innovatieve ontwikkelingen/trajecten een dusdanig klimaat te schetsen dat het grootschalige implementatie van AI-innovaties mogelijk maakt.'

### Aanpak

De werkgroep heeft diverse teams ingesteld die zich richten op het verbeteren

### Pieter Jeekel

Meer informatie over de plannen en aanpak van de werkgroep Gezondheid en Zorg is te vinden op:  
<https://nlaic.com/toepassingsgebied/gezondheid-en-zorg>.



## GEZAMENLIJK WERKEN AAN TOEGANG TOT DATA EN AI IN DE ZORG

# ‘Databeschikbaarheid organiseren is niet sexy, maar wel hard nodig’



Eline Wester



Leone Flikweert



Henk Hutink

Directievoorzitter Leone Flikweert van stichting Health-RI en Teamlead Advies & Innovatie Henk Hutink van Nictiz van de werkgroep Databeschikbaarheid geven inzicht in de laatste ontwikkelingen op het gebied van AI in de zorg.

**O**ok in de gezondheidszorg gaat AI de komende jaren een grotere rol spelen. Daarvoor is de beschikbaarheid van data een randvoorwaarde. Om dit goed te regelen, moet de zorgsector data standaardiseren en barrières overwinnen. Het formuleren van oplossingsrichtingen en het vormen van een nationale samenwerking zorgen hierbij voor een positieve impuls. Dat is in een notendop de boodschap van de werkgroep Databeschikbaarheid, onderdeel van de Nederlandse AI Coalitie. Nictiz, de

heidszorg te komen, wil de werkgroep oplossingen organiseren en stimuleren, actuele belemmeringen voor databeschikbaarheid wegnemen en toegang tot data en het delen van gegevens verbeteren. Samenwerking met een *‘coalition of the willing’* moet ertoe leiden dat alle belemmeringen puntsgewijs worden opgelost. Henk Hutink van Nictiz: ‘Ten eerste is het nodig data te standaardiseren. Nu zijn data soms moeilijk te vergelijken door het ontbreken of niet toepassen van standaarden. Ten tweede zijn er barrières om data te delen. Die willen we doorbreken.’

De werkgroep is vervolgens aan de slag gegaan met het realiseren van *quick wins*. Ten eerste onderzoek naar zorginformatiebouwstenen (zibs), waarmee zorginformatie is te standaardiseren voor een veilige, betrouwbare en eenduidige gegevensuitwisseling van medische gegevens in alle zorgsectoren. Maar ook naar AI-datasets, een verzameling van alle gegevens die in het zorgproces vastgelegd, ingezien, dan wel uitgewisseld moeten kunnen worden. Door deze gegevens op een functionele manier te definiëren, leg je voor zorgverleners eenduidig vast wat er bedoeld wordt. Verder is gewerkt aan de ontwikkeling van een standaardverwerkersovereenkomst en onderzoek naar het anonimiseren en pseudonimiseren van data.

‘Het is nodig data te standaardiseren en barrières te doorbreken om data te delen’

Nederlandse kennisorganisatie voor digitale informatie-uitwisseling in de zorg, is kartrekker van deze werkgroep. Dat doet het Nictiz samen met de stichting Health-RI, die publiek-private samenwerking ondersteunt van organisaties die een landelijke gezondheidsdata-infrastructuur willen realiseren. De werkgroep doet onderzoek naar toegang tot data en AI in de zorg.

### Barrières doorbreken

Om tot betrouwbare AI in de gezond-

In het adviesrapport *Op weg naar een health data infrastructuur en afsprakenstelsel* van de werkgroep Databeschikbaarheid, dat is verschenen in juli 2020, staat een samenvatting van recente resultaten. Hierin staan uitdagingen voor databeschikbaarheid en AI beschreven, zoals het ontbreken van landelijke afspraken over het standaardiseren van datasets, het ontbreken van een standaardverwerkersovereenkomst om data uit te wisselen en het anonimiseren en pseudonimiseren van data.

### Hard nodig

Daarnaast wil de werkgroep een hechte nationale samenwerking aangaan met organisaties die een rol kunnen spelen of een gezamenlijke verantwoordelijkheid hebben om de barrières weg te nemen. Leone Flikweert van Health-RI: ‘Om oplossingsrichtingen aan te bieden die ook echt zijn te implementeren, trekken we op met onder meer TNO, Nictiz, de Nederlandse Vereniging van Ziekenhuizen (NVZ), databeheerder DHD, Registratie aan de Bron en Health-RI. Want iedereen ziet wel dat er uitdagingen zijn, maar het ontbreekt nog aan regie en coördinatie. Databeschikbaarheid goed organiseren is misschien vooral praktisch en niet ►

sexy, maar het is wel ontzettend hard nodig. Uiteindelijk wil je dat iedereen zonder al te veel belemmeringen zijn eigen AI kan doen.'

De werkgroep Databeschikbaarheid is ook bezig met het inrichten van een *community* om *best practices* te delen, oplossingen te ontwikkelen en de samenwerking handen en voeten te geven. Flikweert: 'Dit is ook eigenlijk een oproep aan alle radiologen in den lande: kijk of je wilt aansluiten bij onze community, zodat de werkgroep een nog beter beeld krijgt van de behoeften. Wellicht kunnen wij de radiologen ook weer een stapje verder brengen. Radiologen zijn over het algemeen heel ver als het om AI gaat, omdat ze werken met gestructureerde informatie. Het zou mooi zijn als zij met dit goede voorbeeld, anderen doen volgen.'

### Nederlandse data

AI fungeert als aanjager om databeschikbaarheid goed te regelen. Leone: 'Als we niet oppassen, kunnen we AI alleen toepassen met data uit het buitenland, bijvoorbeeld China of Amerika. Daar kun je gemakkelijker data vandaan halen, maar voor AI wil je natuurlijk liever Nederlandse data van Nederlandse burgers inzetten. Daarvoor moeten we de randvoorwaarden voor databeschikbaarheid en AI landelijk regelen. AI kan een drijvende kracht zijn voor de economische groei. Nederland kan daarin niet achterblijven.'

Hoewel er een grote bereidheid is bij zorginstellingen, huisartsen en AI-leveranciers om gegevens gestructureerd vast

ook afspraken nodig om deze stelsels daadwerkelijk te gebruiken.'

### Gezamenlijke basis

Om te voorkomen dat iedereen in de toekomst eigen definities hanteert, heeft Nictiz bestaande datasets geanalyseerd

om te bepalen of de zogeheten zorginformatiebouwstenen (zibs) zijn te gebruiken voor AI. Uit het lopende onderzoek van Nictiz blijkt nu al dat 60 procent van alle data homogeen zijn. Desondanks is gegevensstandaardisatie nog geen feit. Hutink: 'Kijk naar je dataset, kijk naar de zibs en gebruik ze. We beseffen dat we er met het consequent gebruiken van de zibs nog niet zijn, maar dan hebben we in ieder geval wel een gezamenlijke basis om op te bouwen.'

Als twee partijen data willen delen – of dit nu ziekenhuizen, AI-leveranciers of andere partijen zijn – dan hebben ze behoefte aan een contract waarin staat welke gegevens uitgewisseld worden en waarvoor ze gebruikt mogen worden. In 2021 ontwikkelt de werkgroep in samenwerking met de NVZ, onderdeel van de Brancheorganisatie Zorg, een standaard verwerksovereenkomst die ook geschikt is

dere partijen dit contract gebruiken. In de praktijk zit daar de crux.'

### Tegenstelling

Maar daarmee zijn de partijen er nog niet. Henk Hutink: 'Er is sprake van een tegenstelling. Aan de ene kant wil je een zo rijk

## 'AI is een positieve drijvende kracht voor economische groei. We kunnen als Nederland niet achterblijven'

mogelijke dataset creëren. Aan de andere kant geldt: hoe rijker de data, hoe moeilijker het is om gegevens te anonimiseren en pseudonimiseren.' Dat laatste wordt steeds moeilijker, omdat er steeds meer data beschikbaar zijn. 'Naast de vingerafdruk is het tegenwoordig ook mogelijk om een persoon te identificeren op basis van DNA-gegevens, iris en hartslag. Daarom is er samenwerking tussen verschillende partijen nodig om kaders op te stellen en te zoeken naar oplossingsrichtingen die zowel voldoen aan de privacyrichtlijnen als goed werkbaar zijn voor AI.' Desondanks ziet de Werkgroep Databeschikbaarheid de toekomst positief in. Leone Flikweert: 'Met de oplossingsrichtingen die nu op tafel liggen en de verregaande nationale samenwerking, gaat het in de zorg steeds makkelijker worden om data te delen en AI te gaan gebruiken.'

## 'De bereidheid om gegevens gestructureerd vast te leggen is groot, maar in de praktijk doet iedereen het net iets anders'

te leggen en te delen, blijkt in de praktijk dat iedere partij datasets net iets anders gebruikt en aanlegt. Hutink: 'In ieder ziekenhuis hanteren radiologen bijvoorbeeld andere richtlijnen, terminologie en processen. Dit zorgt er uiteindelijk voor dat data niet geschikt zijn voor samenvoegen, terwijl 80 procent van je AI-ontwikkeling hierom draait. Reeds beschikbare terminologiestelsels zoals SNOMED en RADLEX leveren hiervoor weliswaar een zeer constructieve bijdrage, maar er zijn

om data te delen ten behoeve van AI. Flikweert: 'De volgende stap hierin is dan wel dat alle ziekenhuizen en an-

### Eline Wester

auteur en tekstschrijver

### Leone Flikweert

directievoorzitter stichting Health-RI en teamlead Advies & Innovatie

### Henk Hutink

werkgroep databeschikbaarheid Nictiz

### Meer informatie:

Het adviesrapport 'Op weg naar een health data infrastructuur en afsprakenstelsel' is te vinden op: [www.nictiz.nl/programmas/artificial-intelligence](http://www.nictiz.nl/programmas/artificial-intelligence).

### Wilt u meer weten?

Mail dan naar Henk Hutink ([hutink@nictiz.nl](mailto:hutink@nictiz.nl)) of Leone Flikweert ([leone.flikweert@health-ri.nl](mailto:leone.flikweert@health-ri.nl)).

## INTERVIEW: PRAKTIJKERVARINGEN MET AIDENCE

# ‘De meeste radiologen gebruiken de data als add-on’



Lucianne Langezaal



Wouter van Es



David Meek

De afdeling thoraxradiologie van het St. Antonius Ziekenhuis Nieuwegein werkt sinds mei 2020 met Aidence. Tijdswinst levert het programma niet op: de waarde van de AI-toepassing toont zich vooral op het gebied van opsporing en second reading.

### Welk AI-programma gebruiken jullie en wat is de reden voor de aanschaf daarvan?

*Thoraxradioloog Wouter van Es:* Wij gebruiken Aidence sinds mei 2020. Als groot thoraxcentrum was bij ons en de longartsen de wens ontstaan om te innoveren. De implementatie van Aidence bood de mogelijkheid voorop te lopen bij de inzet van AI-mogelijkheden. Aidence was een logische keuze.’

### Hoe verliep de implementatie?

*Van Es:* ‘Door de drukke agenda van de afdeling ICT is de implementatie van Aidence diverse keren uitgesteld. Bovendien rezen er zorgen over de privacy. De bescherming van de privacygegevens vereiste een nieuw systeem, omdat dit niet was te borgen via de bestaande omgeving. Die issues zijn verholpen door een nieuw patiëntinformatiesysteem te gebruiken. We hebben daar de digitale Zorgraad bij betrokken.’

### Hoe was de ontvangst van Aidence binnen de staf en aiosgroep?

*Van Es:* ‘Over het algemeen is de aanschaf van Aidence gematigd positief ontvangen.’ *Fellow thoraxradiologie Lucianne Langezaal:* ‘Veel stafleden en aios dachten dat het tijd zou schelen, met name bij follow-up van nodi scans. Iedereen was heel nieuwsgierig.’

### Hoe verloopt de datastroom?

*Van Es:* ‘We laten alle CT-thorax door Ai-



Een impressie van de interface van Veye Chest - Sectra.

dence analyseren. De analyse van de data vindt plaats op de server van het ziekenhuis.’

*Fellow thoraxradiologie David Meek:* ‘Voordat Aidence aan de slag kan, geeft de radioloog eerst aan welke scanprotocollen en welke DICOM-headers Aidence moet herkennen. We willen namelijk elke afgebeelde thorax analyseren, ook bij bijvoorbeeld een CT-aorta.’

*Langezaal:* ‘Omdat de DICOM-headers niet overeenkomen met de parameters van de scans in ons ziekenhuis, kan Aidence import-scans niet zonder meer verwerken. Onjuiste DICOM-headers leiden tot foutmeldingen.’

### Wat doe je in geval van discrepantie?

*Meek:* ‘In geval van discrepantie geldt het

verslag van de radioloog. Wij beslissen of we iets significant vinden voor de follow-up.’

### Hoe komen de resultaten beschikbaar voor de radioloog en clinicus?

*Meek:* ‘Aidence voegt annotaties toe. Deze overlay kun je aan- en uitzetten. In een tabel komen de diameters en volumes van de nodi, in vergelijking met voorgaande scans. Ook berekent Aidence direct de volumeverdubbelingstijd (VDT). Deze tabellen staan apart toegevoegd als plaatje in PACS.’

*Van Es:* ‘De radioloog hoeft geen extra handelingen te verrichten. Soms duurt het wel te lang voordat de resultaten beschikbaar zijn. De afspraak is twintig ►

minuten, maar dat kan soms wel oplopen tot een uur. Mogelijk heeft dit te maken met de migratie van beelden naar een nieuwe database in ons ziekenhuis. We zoeken hiervoor nog naar een oplossing.'

#### Gebruikt iedere radioloog de resultaten van Aidence op dezelfde wijze?

*Van Es:* 'De resultaten gaan automatisch naar PACS, maar staan niet in het verslag. De radiologen gaan verschillend om met de resultaten van Aidence. Het uiteindelijke verslag van de radioloog is leidend.'  
*Langezaal:* 'De meeste radiologen gebruiken de data als *add-on* om te controleren of ze geen relevante nodi hebben gemist. Dan noemen ze de gegevens wel of niet in het verslag.'

*Meek:* 'Zo vinden longartsen het prettig om de data te bekijken en deze dan te vergelijken met die uit het verslag.'

#### Levert het gebruik van Aidence tijdswinst op?

*Van Es:* 'Het gebruik levert geen tijdswinst op. Het beeldmateriaal wordt twee keer bekeken; met en zonder Aidence. Het verslaan van de nodi kost minstens dezelfde tijd, en soms zelfs meer.'

*Meek:* 'De overlay is ongeveer twintig minuten later beschikbaar nadat de scan in PACS staat. Niet alle radiologen zijn even geneigd om te wachten met verslaglegging op de uitwerking van Aidence, zeker niet bij spoedscans. Er is in ieder geval geen sprake van echte tijdswinst.'

#### Maakt Aidence ook fouten?

*Langezaal:* 'Vaak ziet het systeem vaten aan voor nodi. De radiologen corrigeren deze fouten. Sommige fouten worden naar de firma teruggekoppeld. Mits wij het significant vinden. Aidence meet alle nodi iets groter. Daardoor zou het kunnen dat er meer patiënten in de follow-up komen.'

*Meek:* 'Toen Aidence veel vaten voor nodi aanzag, konden we het programma minder sensitief afstellen. Dit kan alleen collectief, en niet per individuele gebruiker. Een ander euvel is dat Aidence weleens eens een massa verdacht voor longcarcinoom mist.'

#### Is Aidence een op zichzelf staande applicatie of maakt het systeem deel uit van een (ziekenhuis)brede innovatie?

*Van Es:* 'Het hele ziekenhuis zet breed in op AI-toepassingen. Het valt nu onder het afdelingsbudget. Voor geleverde data die de applicatie vervolmaken, bestaat geen tegemoetkoming. De kosten per scan bedragen vijf euro.'

#### Wat is de huidige en toekomstige toegevoegde waarde van Aidence voor het ziekenhuis?

*Van Es:* 'De waarde van Aidence ligt vooral op het gebied van opsporing en *second reading*. Het is nog niet duidelijk of relevante missers te voorkomen zijn bij het gebruik van Aidence.'

*David Meek:* 'De toekomst moet uitwijzen

of we met Aidence minder nodi missen. Dit moet zich dan vertalen in minder casus op de complicatiebespreking en minder calamiteitenmeldingen. Daar hebben we nu, zo kort na implementatie, nog geen duidelijk zicht op. Een structurele evaluatie van het systeem plannen we vermoedelijk in het komende jaar.'

#### Welk advies geven jullie collega's die willen starten met AI-projecten?

*Lucianne Langezaal:* 'Het St. Antonius Ziekenhuis heeft drie locaties met verschillende scanapparatuur en verschillende protocollen. Dat resulteert in veel scanprotocollen die we moesten doorgeven zodat de AI-toepassing ze kan leren herkennen. Dit kost veel tijd.'

*Wouter van Es:* 'Het is belangrijk om de commissie die over AI gaat, mee te krijgen. Daarnaast zijn goede contacten met de afdeling ICT belangrijk.'

#### Lucianne Langezaal

fellow thoraxradiologie,  
St. Antonius Ziekenhuis, Nieuwegein

#### Wouter van Es

thoraxradioloog,  
St. Antonius Ziekenhuis, Nieuwegein

#### David Meek

fellow thoraxradiologie,  
St. Antonius Ziekenhuis, Nieuwegein

## Subsidie voor AI-module voor MBB'ers

**Met een nog te ontwikkelen module maken medisch beeldvormings- en bestralingsdeskundigen (MBB'ers) straks tijdens of na hun opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) kennis met kunstmatige intelligentie. Het Regieorgaan SIA heeft hiervoor subsidie toegekend.**

#### Twee programma's

Het programma KIM-Kunstmatige Intelligentie voor MBB'ers (zie pagina 44, *red.*) mikt onder meer op twee online instructieprogramma's: een introductie in AI op hbo-niveau voor MBB'ers (i.o.) om het kennishiaat te dichten en een gevorderdenmodule op post-hbo-niveau, zodat MBB'ers een bijdrage kunnen leveren aan de ontwikkeling van hun werkveld met AI.

De kosten voor het ontwikkelen van dit project bedragen 600.000 euro. Regieorgaan SIA, dat de kwaliteit en de impact van het praktijkgericht onderzoek van hogescholen bevordert, heeft een RAAK-publiek-subsidie van 300.000 euro toegekend. In een RAAK-publiek-onderzoek staat een vraag

uit de publieke sector centraal, in dit geval de succesvolle invulling van het AI-kennishiaat.

#### Webinar voor MBB'ers

Een mooie voorloper van de nog te ontwikkelen module is het webinar over de beginselen van AI voor MBB'ers. Ervaringsdeskundigen met verschillende achtergronden, zoals Paul Algra van de Noordwest Ziekenhuisgroep, Willem Grootjans en Joost Roelofs van het LUMC, Harmen Bijwaard van Hogeschool Inholland en Bas Idzenga van Siemens Healthineers deelden afgelopen najaar hun kennis over AI-toepassingen in een webinar met 127 MBB'ers. Omdat er duidelijke behoefte is aan meer kennis over dit onderwerp, gaat het organisatiecomité vaker webinars inzetten.

#### Meer informatie:

<https://www.inholland.nl/onderzoek/onderzoekslijnen/medische-technologie>.

## ELEKTRONISCHE GEGEVENSUITWISSELING

# Aanjager van tijdswinst, minder fouten en meer overzicht

Zorgverleners voeren nu minimaal veertig keer dezelfde informatie in verschillende systemen in. Dit is arbeidsintensief en kostenverhogend. Maar erger nog: de juiste diagnose en behandeling van de patiënt kan in gevaar komen. Het vergroot de kans op vermijdbare fouten. De borstkankerszorg werkt daarom hard aan het eenduidig digitaal vastleggen van zorginformatie voor hergebruik en het optimaal uitwisselen van informatie tussen alle betrokken partijen.



Carla Meeuwis



Lidy Wijers

J aarlijks verwijzen huisartsen circa 61.000 patiënten naar de radiologie en/of mammopolie van de Nederlandse ziekenhuizen. Een groot deel van hen krijgt de verwijzing via het bevolkingsonderzoek borstkanker (BVO- BK). Uiteindelijk krijgen 15.000 vrouwen de diagnose borstkanker. Naar verwachting zal dit aantal de komende jaren stijgen<sup>1</sup>.

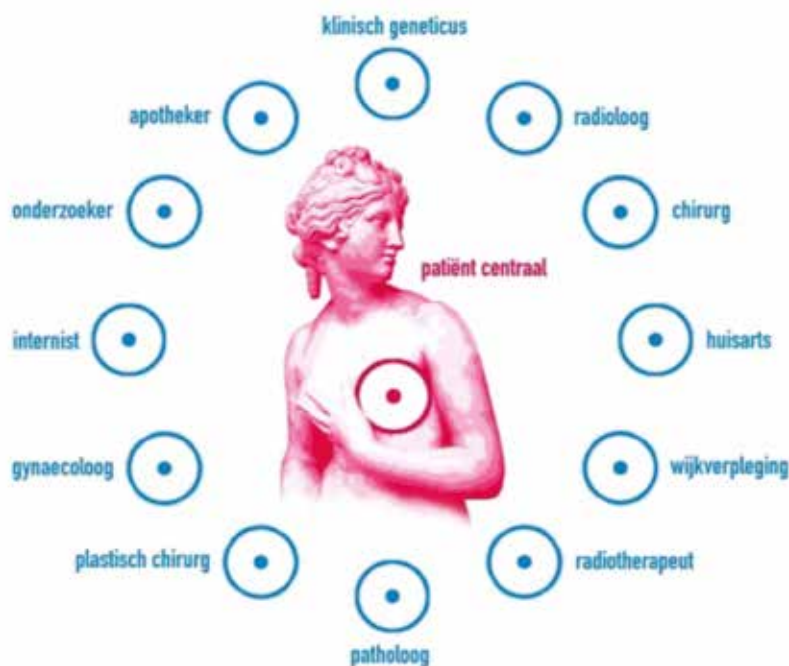
Wanneer een patiënte met borstkanker het zorgproces ingaat, moet iedere betrokken partij op dit moment vrijwel alle informatie overtypen en verwerken in het medisch dossier. Dat geldt zowel voor de intramurale als de transmurale zorg. Dit komt omdat de gegevens die de zorgverleners rondom borstkanker vastleggen, niet digitaal zijn uit te wisselen.

### Wat is het probleem?

Een reden hiervoor is dat de verschillende systemen hun eigen ICT-taal gebruiken.

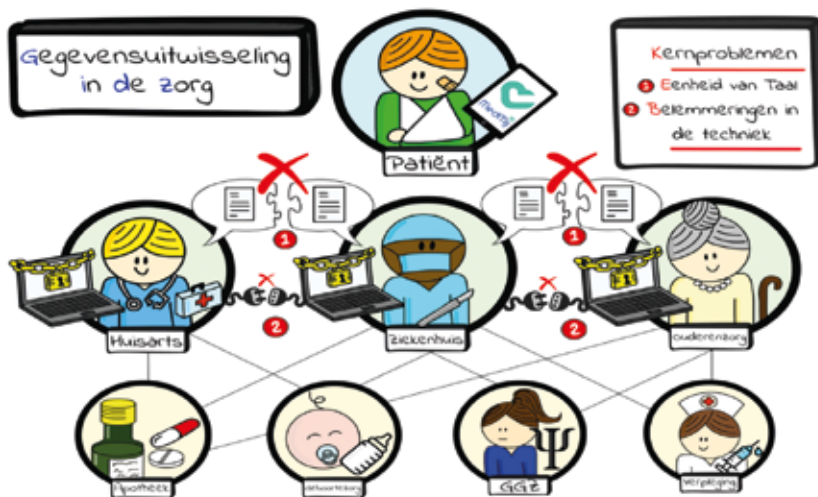
‘Wanneer een patiënte met borstkanker het zorgproces ingaat, moet iedere betrokken partij vrijwel alle informatie overtypen en verwerken in het medisch dossier’

Aan koppelingen tussen de systemen hangt een flink prijskaartje, dat bovenop de prijs komt van het reeds zeer dure elektronisch patiëntendossier (EPD)-systeem.



landelijke richtlijnen bij deze systemen ontbreekt. Kort gezegd een bureaucratische en geldverslindende situatie.

VWS noemt twee kernproblemen waardoor er in de zorg geen adequate gegevensuitwisseling plaatsvindt. De eerste is het ontbreken van eenheid van taal: dat alle zorgverleners dezelfde term gebruiken voor hetzelfde onderwerp. Door dit jargon gestructureerd te laten vastleggen, is deze taal digitaal uitwisselbaar tussen verschillende systemen, zoals het huisartscomputersysteem Zorgdomein, maar ook diverse EPD- en BVO-syste- ▶



Deze tekening is gemaakt tijdens de pitch van de NABON-werkgroep Standaardisering Dossiervoering in februari 2019 tijdens één van de consultatiesessies van het programma gegevensuitwisseling van VWS.

men zoals voor borst- en darmkanker. Het tweede probleem vormen de belemmeringen in de techniek, met name dat leveranciers nu niet dezelfde (inter-)nationale standaarden gebruiken voor de uitwisseling van gegevens.

### Eenheid van taal in borstkankerzorg

In de werkgroep standaardisatie dossiervoering<sup>3</sup> van het Nationaal Borstkanker Overleg Nederland (NABON) hebben medisch specialisten, gemandateerd vanuit de verschillende wetenschappelijke verenigingen (NVvR, NVvP, NVMO, NVvH), een eenheid van taal ontwikkeld. Ook is een informatiestandaard ontworpen, gebaseerd op de richtlijn mammacarcinoom<sup>4</sup> en internationale standaarden zoals vastgelegd in de BI-RADS atlas<sup>5</sup>. Deze informatiestandaard is bekend onder de naam Art Decor (Nictiz) en is tot stand gekomen in samenwerking en afstemming met diverse organisaties zoals Nictiz, Registratie aan de bron en Regionale Oncologienetwerken.

De informatiestandaard bestaat uit gegevens op meerdere 'niveaus'. Deze niveaus zijn:

- zorg-algemene gegevens: dit zijn eigenschappen die niet tumor- of ziektespecifiek zijn, bijvoorbeeld algemene kenmerken van een patiënt zoals naam, geboortedatum en adres. Deze zijn over het algemeen te beschrijven met behulp van zorginformatiebouwenstenen.
- oncologie-generieke gegevens: bijvoorbeeld zijn de snijvlakken vrij of het aantal positieve lymfeklieren<sup>6</sup>.
- tumorsoort-specifieke gegevens: bijvoorbeeld BI-RADS of HER2-status.

De informatiestandaard borstkanker bevat nu de NABON-standaard voor gestructureerde radiologie- en MDO-verslaglegging. Ondertussen werkt de werkgroep aan een gestructureerde

pathologie-order en uitwisseling van de gestructureerde pathologie-uitslag naar het MDO. De informatiestandaard borstkanker is in de toekomst uit te breiden

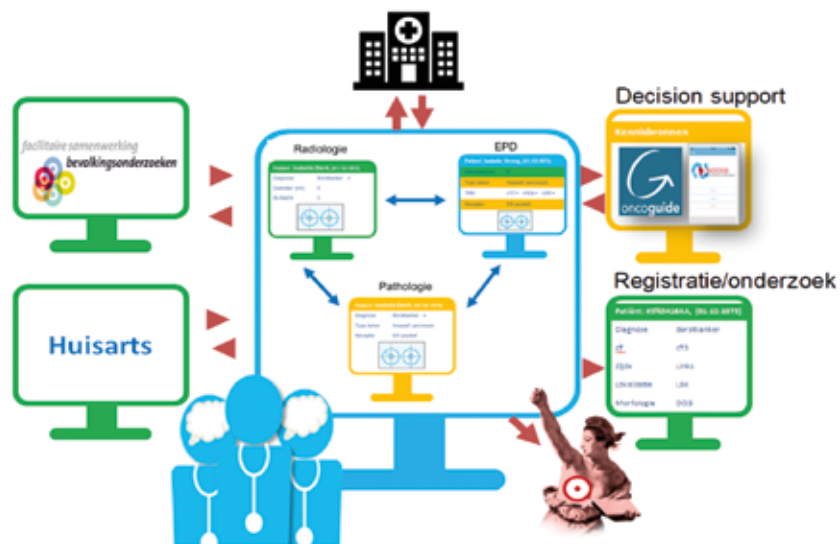
naar andere specialismen, zoals de radiotherapie, plastische chirurgie en nucleaire geneeskunde. De methodiek en tools die zijn gebruikt voor de ontwikkeling van de informatiestandaard borstkanker, zijn generiek toepasbaar voor andere oncologische zorgprocessen. IKNL, FMS, SONCOS, regionale oncologie-netwerken, RIVM, LCRB, BVN en de betrokken wetenschappelijke verenigingen ondersteunen het ontwikkelings- en beheerproces. Dit is gepubliceerd op de NABON-website<sup>7</sup>. Overigens kunnen zorgprofessionals via de NABON-website ook wijzigingsvoorstellen indienen voor de informatiestandaard. Zo wordt de informatiestandaard gevoed vanuit de werkvloer, en is de informatievoorziening onafhankelijk van de EPD-leverancier.

### Wensen en ambities

Onze wens is om bi-directionele koppelingen te realiseren tussen alle verschillende informatiesystemen – zowel intra- als transmuraal – zodat wij een optimale en efficiënte zorg kunnen leveren zonder

‘Onze wens is om koppelingen te realiseren tussen alle verschillende informatiesystemen, zodat wij een optimale en efficiënte zorg kunnen leveren zonder vermijdbare fouten’

vermijdbare fouten. Bijvoorbeeld: wanneer een patiënt via het BVO-BK wordt verwezen naar het ziekenhuis, kan de ontvangende radioloog de gegevens van



Schematische weergave van verschillende koppelingen tussen de systemen.

de screeningsradioloog van het BVO-BK straks inlezen, maar deze gestructureerde informatie ook hergebruiken en aanvullen. Zo is deze informatie ook betrouwbaar digitaal terug te sturen naar de screeningsradioloog voor terugrapportage en kwaliteitsdoeleinden. Daarnaast is de informatie – eventueel aangevuld met gegevens van de mammadioloog – te

ling van de Basis Gegevensset Zorg<sup>12</sup>. De uitwisseling van de ziektespecifieke gegevens, bijvoorbeeld alleen relevant voor borstkanker, is in deze programma's helaas (nog) niet meegenomen.

Zodra de nieuwe Wet Elektronische gegevensuitwisseling in de zorg zijn intrede doet, is de informatie-uitwisseling voor

en op welk tijdstip iets aanpast, staat genoteerd. Hierdoor neemt de kwaliteit van zorg toe.

**Overzichtelijk en gestructureerd overzicht:** voor alle betrokken zorgverleners en de patiënt. Voor de patiënt kan het inzicht in het zorgtraject leiden tot een toegenomen betrokkenheid en betere kwaliteit van zorg.

## ‘Hoe zit het met de privacy van de patiënt bij elektronische gegevensuitwisseling?’

gebruiken om automatisch een pathologieorder te genereren. Oftewel eenduidige informatie, zorgvuldig en overzichtelijk opgeslagen in het EPD, voor meervoudig gebruik: van PA-order tot brief voor huisarts of multidisciplinair overleg. De informatie is uiteraard ook te gebruiken voor het automatisch gegevens aanleveren van registraties, prestatie-indicatoren of wetenschappelijk onderzoek, met als voordeel een lagere registratielast en minder kosten. Tevens moet het mogelijk zijn om innovatieve ondersteuningsprogramma's, zoals de digitale beslisbomen<sup>8</sup> en oncoguide<sup>9</sup>, toe te voegen aan het EPD. Dergelijke digitale hulpmiddelen kunnen tijdens het MDO de besluitvorming ondersteunen voor een juiste behandeling van een patiënt. Uiteindelijk kan ook de patiënt zelf een duidelijk overzicht krijgen over haar/zijn hele zorgtraject en zijn de vragenlijsten die de patiënt invult (zoals PROMS) te koppelen aan het EPD.

### Wat moet er nu gebeuren?

De leveranciers van de betrokken informatiesystemen moeten de informatiestandaard, gepubliceerd op de NABON-site, implementeren. Zo kunnen zorgverleners de relevante gegevens op dezelfde manier vastleggen. Hiermee is de eerste randvoorwaarde vervuld voor gegevensuitwisseling: namelijk eenheid van taal. Vervolgens kan de leverancier de koppelingen voor gestructureerde gegevensuitwisseling eenvoudiger maken: minder tijdsintensief en kostbaar. Bijvoorbeeld doordat alle leveranciers overstappen op dezelfde (inter-)nationale communicatiestandaard, zoals HL7 FHIR api ('de taal onder de motorkap'). De technische uitwerking staat uitgebreid beschreven in de IHE-handleiding<sup>10</sup>.

Ondertussen werken ziekenhuizen in de VIPP-programma's<sup>11</sup> al aan de uitwisseling

zowel zorgverleners (gebruik van eenheid van taal) als voor ICT-leveranciers (bidirectionele koppelingen) niet langer vrijblijvend. Hiermee behoort het overtypen en overschrijven tot het verleden.

### Beren op de weg

Toch zijn er nog beren op de weg voor betere elektronische gegevensuitwisseling. Hoe zit het bijvoorbeeld met de privacy van de patiënt? Die komt niet in het geding: de gewenste situatie is niet anders dan wanneer informatie handmatig overgenomen moet worden. Alle betrokken zorgprofessionals hebben een behandelrelatie. Ook zijn er zo min mogelijk verplichte velden om aan te vinken: de werkgroep bepaalt dit in samenspraak met de verschillende wetenschappelijke verenigingen. In principe vallen alleen zeer belangrijke items in de verplichte velden, zoals BIRADS-classificatie en aan- of afwezigheid van calcificaties in bipten bij een stereotactisch biopt. Indien het systeem goed werkt, genereert het automatisch een radiologieverslag. Een ander struikelblok is dat er alleen gestructureerde informatie is te delen. Maar vanzelfsprekend is er ook ruimte voor vrije tekst.

### En wat brengt het?

**Tijds winst:** wanneer alle systemen adequaat gekoppeld zijn, hoeft een radioloog niet bij elke nieuwe patiënt van het BVO-BVK een radiologieverslag en een pathologie-order te maken, deze informatie terug te koppelen aan de chirurg/mammadioloog en die uiteindelijk handmatig weer in te vullen op de webpagina van het BVO-BK. Dit scheelt administratielast en zorgkosten.

**Minder fouten:** de kans op fouten door overtypen neemt af. Plaatst iemand onverhoopt verkeerde informatie in het digitale systeem, dan is dit te wijzigen. Wie

### Carla Meeuwis

radioloog in het Rijnstate Ziekenhuis, Arnhem

### Lidy Weijers

radioloog in het Alrijne Ziekenhuis

Beiden zijn lid van de NABON-werkgroep Standaardisering Dossievoering.

### Literatuur

1. <https://www.iknl.nl>
2. [https://www.demedischspecialist.nl/sites/default/files/20171117\\_DEF%20Rapport-administratiedruk-specialisten.pdf](https://www.demedischspecialist.nl/sites/default/files/20171117_DEF%20Rapport-administratiedruk-specialisten.pdf)
3. <https://www.nabon.nl/werkgroep-standaardisatie-verslaglegging>
4. <https://www.oncoline.nl>
5. <https://www.radiologen.nl/secties/mammadiologie/documenten/nederlandse-bewerking-acr-bi-rads-atlas-2013>
6. <https://www.oncologienetwerken.nl/thema/gegevenssets-oncologie>
7. <https://www.nabon.nl/standaardisatie-epd>
8. Link naar digitale beslisbomen landelijke richtlijn Borstkanker 2018
9. <https://www.iknl.nl/oncologische-zorg/oncoguide>
10. <https://ihe-nl.org/nieuws/handreiking-mdo-mammacarcinoom>
11. <https://www.informatieberaadzorg.nl/programmas-en-projecten/vipps>
12. <https://www.nictiz.nl/standaardisatie/informatiestandaarden/basisgegevensset-zorg-bgz>

Het gestructureerde mammo-verslag is te vinden op:  
[www.nabon.nl/standaardisatie-epd](http://www.nabon.nl/standaardisatie-epd)

## WERKGROEP AI VAN ZORGVERZEKERAARS NEDERLAND

# ‘Samen bepalen waar AI effectief is’



John Rijsdijk



Tjerk Heijmens Visser



Dennis Japink



Relinde de Beer



Arianne van Lavieren



Niels van Gorp

De AI-werkgroep van Zorgverzekeraars Nederland wil met het veld samen kijken hoe de waarde van AI het meest effectief is te implementeren in de zorg. Zodat investeringen zo goed mogelijk renderen, in alle opzichten. Naast platte besparing kan een business case gaan over meer kwaliteit, voorkomen van vervolgzorg, zorgpadoptimalisatie en oplossingen voor arbeidsmarktcrisissen.

**G**ebruik van AI in de radiologische diagnostiek kan bij diverse aandachtsgebieden binnen de radiologie van meerwaarde zijn. Veelal zijn dat dan toepassingen voor screeningswerk in het kader van oncologische diagnostiek, zoals long, borst en hersenen, of voor infectieuze analyses zoals bij TBC. De bewezen meerwaarde van het AI-algoritme dient dan wel bekend te zijn. Ook moet de specialist de beperkingen kennen. Maar als de radioloog hiermee kwalitatief gelijkwaardig of beter werk levert én een versnelling kan bewerkstelligen in de uitvoering van zijn werkzaamheden, lijkt zich naast de kwaliteitsvraag ook een doelmatigheidsvraag aan te dienen.

### Ander model

AI-software is vaak een *add-on* in de reguliere software voor de radiodiagnostiek. Dit betekent dat er dus apart voor betaald moet worden. Is er dan sprake van betere diagnostiek en is dat ook met studies inzichtelijk gemaakt, dan zou de AI-software via het Zorginstituut een erkenning moeten krijgen om de diagnostiek mét AI tot stand van wetenschap en praktijk te verheffen boven de diagnostiek zonder de AI. Vervolgens is de fabrikant verplicht de *add-on* tot reguliere software te re-alloceren en ook in het standaardpakket aan te bieden. Het zo inrichten van de praktijk dat de reguliere

software altijd voldoet aan de stand van wetenschap en praktijk kan leiden tot een proces van herhalende verbetering binnen de verzekerde zorg. Daarmee is ook een hogere prijs voor een zorgproduct met AI niet nodig. Eerder andersom: software zonder AI wordt niet meer vergoed, levert minder op of de zorgaanbieder wordt minder preferent. Zo streven we maximale kwaliteit na tegen een gelijkblijvende prijs. In onze visie organiseren we innovatie met AI via een samenwerkingsverband waarbij de partijen gezamenlijk de financieringsroute verkennen, zodat het product in de reguliere zorgbekostiging is op te nemen.

### Transformatie-bereidheid

Deze manier van samenwerking vraagt in de eerste plaats om bereidheid tot transformatie van oud naar nieuw. Dat hangt niet alleen af van prijs, maar ook van vertrouwen, bereidheid om met nieuwe software te werken en de benodigde skills op te bouwen. Ook *clinical decision making* (een combinatie van ervaring, alertheid op bepaalde symptomen, kennis en informatievergaring vanuit de juiste bronnen en diagnostiek, *red.*) is een belangrijk en onderdeel van deze transformatie. Zorgverleners die hier nog niet in thuis zijn, vinden voldoende uitdaging om ermee te kunnen werken. Maar ook hier is de transformatiebereidheid van belang. Wil

je ermee werken en ben je bereid om je te verdiepen in de werking van de *tool* zodat je het je eigen maakt? Dan zit deze manier van werken straks als een comfortabele jas die je aan iedereen durft te laten zien. Zorgverzekeraars en zorgkantoren zien kansen voor de implementatie van AI in het zorgveld. Dat is ook de reden dat we in 2019 een branche-brede werkgroep hebben opgericht om naar de volle breedte van de impact van AI op de zorg te kijken. In de eerste kwartalen van 2020 hebben we onder meer een proces en toetsingskader ontwikkeld om digitale zorgtoepassingen uniform te toetsen (in algemene zin en AI-toepassingen in het bijzonder), en de opschaling daarvan te begeleiden, uiteraard in samenspraak met partijen uit het zorgveld. De eerste aanbieders van digitale zorgtoepassingen zijn in het laatste kwartaal van 2020 getoetst. De reacties zijn veelal positief. Dat smaakt naar meer, want we zien genoeg situaties in de zorg waar digitale zorgtoepassingen een helpende hand kunnen bieden. Naast het kenniscentrum dat in ontwikkeling is, kijken we dan ook met onze leden, maar ook leveranciers, zorgaanbieders uit verschillende branches, Patiëntenfederatie Nederland, de Nederlandse Zorgautoriteit, het Zorginstituut en NZa naar hoe we een klankbordgroep gaan inrichten, zodat we de uitwisseling van kennis structureel kunnen inrichten.



### Beoordelen van AI-toepassingen

Op een bepaalde manier is er aan het beoordelen van digitale zorgtoepassingen met AI niet zoveel anders dan aan het toetsen van andere zorginnovaties vanuit een verzekeraarsperspectief:

- de verzekeraar is verantwoordelijk voor de betaalbaarheid van zorg. Dat vertellen we door in het beoordelen van business cases, ook bij AI-toepassingen. Digitalisering en AI zijn hierin middelen, en geen doel op zich.
- de kwaliteit en veiligheid van deze nieuwe typen van zorg moet gewaarborgd zijn. Ook mag het de toegankelijkheid van de zorg niet aantasten en is het van belang dat de patiënt tevreden is over de zorg.

Daarnaast brengt het beoordelen van die kwaliteit en de business case – als je eigenlijk een zorgpad moet veranderen of als digitale zorg de traditionele echelons links laat liggen – nieuwe uitdagingen die ook wij nog niet allemaal helemaal getackeld hebben. Onze prioriteit gaat daarbij uit naar toepassingen die 'markt klaar' zijn.

Daarbinnen bekijken we de volle breedte van toepassingen; van telemonitoring/begeleiding (vaak nog zonder AI) en keuzehulp tot digitale triage, diagnostiek en beslisondersteuning. We zien dat bepaalde categorieën toepassingen volwassen zijn (zoals telebegeleiding) dan andere, waardoor hier al een breder palet aan toepassingen beschikbaar is en schalen dichterbij is. Dan is er namelijk meer informatie voor een business case, meer ervaring over wat wel en niet werkt in de praktijk.

### Baten behalen

In deze opschalingsfase kunnen we leren van elkaar en informatie uitwisselen over de ervaringen, maar blijven verzekeraars individueel verantwoordelijk voor het maken van afspraken met partijen over bijvoorbeeld de bekostiging. Hetzelfde geldt voor het doen van een of meerdere experimenten op het moment dat een toepassing de eerste toets van toegangsvereisten heeft doorstaan. Dit is ook het punt waar de business case om de hoek komt kijken. Zo zien we vaak dat AI in het ene geval een bijdrage kan leveren aan

triage eerder in het proces en onnodige vervolgcosten zijn te voorkomen, en in het geval van beeldherkenning de afdeling radiologie kan helpen om efficiencyvoordelen te behalen. Hoe die baten worden behaald, is vervolgens afhankelijk van de wijze waarop een innovatie in het nieuwe proces (zorgpad) is in te bedden. Ook daar ligt nog veel onontgonnen terrein. Dat gaan we de komende jaren graag verkennen met zorgaanbieders en specialisten. ■

### John Rijdsdijk

beleidsadviseur Zorgverzekeraars Nederland en voorzitter werkgroep AI

### Tjerk Heijmens Visser

lid namens zorgverzekeraar CZ

### Dennis Japink

lid namens zorgverzekeraar Menzis

### Relinde de Beer

lid namens zorgverzekeraar Z&Z

### Arianne van Lavieren

lid namens zorgverzekeraar Zilveren Kruis

### Niels van Gorp

lid namens zorgverzekeraar VGZ

## Uitreiking Frederik Philipsprijzen

Tijdens de Radiologendagen reikt Philips Healthcare op 21 mei 2021 de Frederik Philipsprijzen uit aan degene die het beste onderzoek heeft afgerond op het gebied van klinisch radiologische beeldvormende en interventietechnieken. Vijf genomineerden van de negen inzenders zullen hun proefschrift presenteren. Zij maken kans op een van de vier mooie geldprijzen.

De negen inzenders zijn:

**Brigit Aarts, Maastricht UMC+:** Interventional oncology in the management of breast and kidney cancer

**Ilona A. Dekkers, LUMC Leiden:** Quantitative MRI in obesity & reno-cardiovascular function

**Martijn M.A. Dietze, UMC Utrecht:** Technical development of interventional nuclear imaging

**Jeannette Ederveen, Maastricht UMC+:** Improving the accuracy of CT in diagnosing internal herniation after gastric bypass surgery

**Kirsten Koolstra, LUMC Leiden:** Fast acquisition and reconstruction techniques in MRI

**Alexandra de Sitter, Amsterdam UMC, locatie VUmc:** Facing the issues of deep grey matter segmentation in MS

**Lianne J.P. Sonnemans, Radboudumc Nijmegen:** Application of postmortem Computed Tomography

**Niels Verburg, Amsterdam UMC, locatie VUmc:** Advanced Imaging in Glioma Treatment

**Sophie Elise Vollenbrock, Maastricht UMC+:** MRI for personalised treatment in oesophageal cancer



De jury is als volgt samengesteld: prof. dr. Mathias Prokop als voorzitter van de NVvR, prof. dr. Otto van Delden als voorzitter van de commissie Onderwijs, en dr. Paul Algra als vertegenwoordiger van MemoRad.

AI MEMORAD

IF YOU CAN'T BEAT THEM, JOIN THEM

## Zo implementeren Vlaamse radiologen AI in de praktijk



Nina Watté



Tana Mwewa



Fien Trenson



Xavier Hoste



Luc van den Hauwe

Artificiële intelligentie behoort tot de snelst evoluerende disciplines in de medische beeldvorming. De exponentiële toename aan digitale data en rekenkracht, gecombineerd met innovatieve startups, hebben de ontwikkeling van AI-toepassingen de afgelopen jaren in een stroomversnelling gebracht.

**W**elke impact deze innovatie zal hebben op de radiologie, blijft onstreden. We hoorden voorspellingen over een snelle vervanging van radiologen, maar tegenwoordig zijn er meer stemmen overtuigd dat AI de rol van de radiologen eerder kan versterken, zolang ze niet bang zijn erin mee te gaan. De huidige AI-algoritmes worden hoofdzakelijk toegepast om de workflow te optimaliseren en/of de diagnostische accuraatheid te verbeteren. Wordt het tijd dat iedereen zich verdiept in artificiële intelligentie?

De *Young Radiologist Section* van de Belgian Society of Radiology stelde een online vragenlijst samen, die als steekproef is verzonden naar de Vlaamse diensthoofden radiologie. We analyseerden het huidige gebruik van AI-tools in Vlaanderen, welke invloed deze hebben op hun dagelijks werk en wat hun toekomstvisie hierover is.

### Methode

In januari 2021 zijn de Vlaamse Radiologie-diensthoofden bevroegd over hun actuele integratie van AI-tools en over hun visie hieromtrent. Enkel AI-algoritme gebaseerde applicaties, aangekocht bovenop het basis PACS-systeem, zijn in rekening gebracht. Standaardprogramma's waarin ook artificiële intelligentie verweven zit, zoals spraakherkenningssoftware bijvoorbeeld, zijn niet meegerekend.

### Resultaten en discussie

We delen de voorlopige resultaten van het onderzoek. Op dit moment is de enquête ingevuld door 20 van de 55 gecontacteerde Vlaamse diensthoofden (40 procent), allen actief in een algemeen ziekenhuis.

### Huidige situatieschets

Vijftien van deze diensten (75 procent) zetten momenteel AI-tools in voor de dagelijkse klinische workflows.

De top-3 van gebruikte AI-applicaties in deze groep bestaat uit *Icometrix* (80 procent), *Siemens AI-Rad companion* (46,7 procent) en *I-Cad* (26,7 procent). Iets meer dan de helft (53,3 procent) van hen gebruikt de applicaties dagelijks, de rest wekelijks. Men ondervindt voornamelijk een verhoging van de workflow (46,7 procent), maar er zijn ook een aantal diensten die een vertraging van de workflow ervaren (20 procent). Sinds de implementatie ervaart 20 procent een toename aan vals-positieve resultaten en 13,3 procent een toename aan vals-negatieve resultaten. Toch voelt 40 procent nu meer zekerheid over de diagnoses.

### Wat houdt u tegen?

Van de vijf diensten (25 procent van de respondenten) waar nog geen AI-tools zijn geïmplementeerd, zijn er drie dit wel van plan. Bij de vraag wat hen tegenhoudt om AI-tools te implementeren, is het meest voorkomende antwoord de hoge prijs van

deze tools (55 procent). De tweede voornaamste reden om niet in AI te investeren, is het gebrek aan generaliseerbaarheid van de software (40 procent).

### Van angst naar nieuwsgierigheid

De initiële angst voor het onbekende AI die we de afgelopen jaren zagen, lijkt grotendeels achter de rug. Van de radiologen geeft 90 procent aan te willen bijleren over artificiële intelligentie. De meeste interesse is er voor opleiding in het klinisch gebruik van de AI-toepassingen.

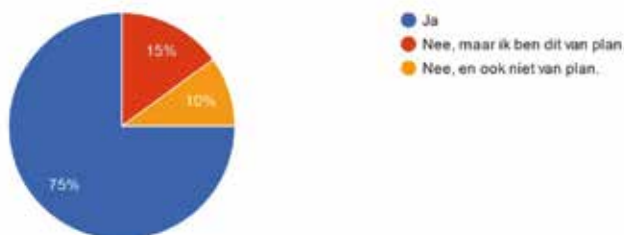
### Ontwikkeling

De meerderheid van de respondenten (55 procent) verwacht dat de radiologen nodig zullen zijn om de taken van de nieuwe applicaties te definiëren en dus medische expertise te bieden aan de softwarebedrijven. Van de respondenten verwacht 40 procent dat de radiologen zullen instaan voor de gelabelde data en ook 40 procent verwacht dat radiologen zelf zullen meewerken aan de ontwikkeling van AI-algoritmes. Dertig procent verwacht dat de Belgische radiologievereniging een toezichthoudende rol gaat spelen.

Versillende respondenten werken al mee aan de ontwikkeling van nieuwe slimme applicaties: 3 (7,5 procent) in de ontwikkelingsfase, 2 (5 procent) in de testfase en 2 (5 procent) in beide fasen. Drie anderen zijn nog niet gestart, maar hebben hier wel plannen voor.

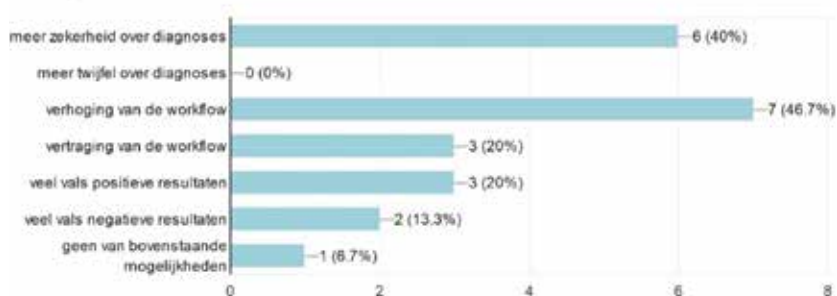
### Gebruikt u momenteel AI tools in uw dienst in de dagelijkse praktijk?

20 responses



### De huidige gebruikte AI tools in uw dienst zorgen actueel voor

15 responses



### Data delen

Een probleem dat leeft onder radiologen, is het moeten betalen om software te gebruiken die enkel is te ontwikkelen doordat de radiologen data delen met het bedrijf. 35 procent van de diensten deelt hun data met bedrijven die nieuwe softwareapplicaties ontwikkelen. Geen van hen krijgt hier compensatie of voordelen voor in ruil. Indien ze gecompenseerd werden, zou 45 procent bereid zijn om data te labelen, 10 procent is hier niet toe bereid en de rest twijfelt.

### Toekomstverwachtingen

Bij de vraag welke subspecialiteiten vermoedelijk de meeste impact van AI zullen ondervinden, komt thoraxradiologie op de eerste plaats (90 procent), gevolgd door een gedeelte tweede plaats voor neuroradiologie en borstradiologie (85 procent) en op de vierde plaats oncologische beeldvorming (50 procent). De verwachting is dat AI het meest geïmplementeerd wordt bij CT (90 procent), vervolgens bij mammografie (75 procent) en op de derde plaats bij MRI (60 procent). Globaal gezien vinden radiologen screening de meest relevante toepassing voor AI-tools (60 procent), gevolgd door de detectie van toevalsbevindingen (50 procent).

Hieruit kunnen we concluderen dat AI-tools vooral gezien worden als een hulpmiddel voor het vermijden van menselijke fouten: *under-* of *overshooting* en *satisfac-*

*tion of search* zijn te vermijden door het inzetten van slimme software.

*Staging* en *restaging* in de oncologische beeldvorming wordt gezien als de derde meest relevante toepassing (45 procent). Via AI-applicaties is misschien accurater te beoordelen of er significante verschillen zijn tussen opeenvolgende onderzoeken. Ook kan het leiden tot een verbeterde homogeniteit in de evaluatie, waar nu soms nog te grote *interobserver* variabiliteit bestaat.

Bijna de helft van de respondenten (45 procent) verwacht dat AI-applicaties ertoe leiden dat radiologen zich nog meer toe zullen spitsen op hun eigen subspecialisaties; 10 procent verwacht eerder dat de radiologen ook meer onderzoeken buiten de eigen subspecialiteit zullen beoordelen; de rest verwacht niet dat de mate van toewijding naar specifieke subspecialiteiten door AI beïnvloed wordt.

### Who watches the watchmen?

De ontwikkeling van AI-tools gaat dan wel met een vlotte vaart vooruit, toch verwacht de meerderheid van de respondenten (65 procent) dat patiënten een rapport van een AI-tool niet aanvaarden als het niet door een arts gevalideerd is. Een kleine minderheid (5 procent) denkt van wel, de overigen (30 procent) vinden dat te moeilijk om in te schatten.

Maar wie zal er dan verantwoordelijk zijn

voor het resultaat van deze AI-tools? Volgens de meerderheid wordt dit de radioloog (70 procent). De overige 30 procent voorziet een gedeelte verantwoordelijkheid voor de radioloog, de aanvragende clinicus en de softwareontwikkelaar.

### Voorlopig geen uitstervend ras

De grote meerderheid van de respondenten (85 procent) verwacht niet dat AI impact zal hebben op de arbeidsmarktkansen van radiologen in de toekomst, maar toch vreest 15 procent dat AI het aantal vacatures zal doen dalen. Een kwart van de diensten is van plan om in de toekomst extra personeel (bijvoorbeeld ICT'ers) aan te nemen voor de ondersteuning van de nieuwe applicaties. Van de respondenten verwacht 15 procent dat er een persoonlijkere relatie tussen radioloog en patiënt volgt uit de introductie van slimme software, maar er is ook 10 procent die eerder het tegendeel denkt; de overige 75 procent verwacht geen impact.

### En dan nu, vroeger naar huis?

De meningen zijn verdeeld over hoe AI de totale tijd per onderzoek zal beïnvloeden: 40 procent verwacht dat we minder tijd per onderzoek nodig zullen hebben, maar 30 procent vermoedt juist dat we langer bezig zullen zijn.

Indien de implementatie van AI-tools ons toch werk- en rapportagetijd zou besparen, ziet men die extra tijd liefst gaan naar meer interactie met de clinicus (70 procent), maar ook naar een verhoogde *turnover* van onderzoeken (60 procent).

### Conclusie

Het merendeel van de Vlaamse diensthoofden radiologie integreert intussen slimme software-applicaties in hun dagelijkse klinische workflow en vertoont een gunstige houding ten opzichte van de toekomstige impact van artificiële intelligentie op ons vak.

#### Nina Watté

radioloog OLV Aalst

#### Tana Mwewa

radioloog UZ Brussel

#### Fien Trenson

radioloog UZ Brussel

#### Xavier Hoste

radioloog UZ Leuven

#### Luc van den Hauwe

radioloog Universitair Ziekenhuis Antwerpen, Antwerpen & AZ KLINA, Brasschaat

# Klinisch-wetenschappelijke aspecten van de toegevoegde waarde van AI



Jan-Jaap Visser



Kicky van Leeuwen



Merel Huisman

Het aantonen van de toegevoegde waarde van AI op macroniveau is niet eenvoudig. Een belangrijke vraag is in hoeverre wetenschappelijke evaluatie van de potentieel toegevoegde waarde van deze AI-toepassingen een rol moet spelen alvorens over te kunnen gaan tot daadwerkelijke klinische ingebruikname. Wij geven u hiervoor een aantal overwegingen mee.

**D**e ontwikkeling van AI binnen de radiologie is nog steeds veelbelovend. Het is mogelijk processen te optimaliseren, taken te automatiseren, onderzoeken te prioriteren en extra informatie te extraheren. Kortom, een scala aan mogelijkheden als het gaat om toepassingen binnen het radiologische domein. Als men AI ziet als een middel om de zorg te verbeteren, is het goed te kijken naar de beoogde doelen.

De 'ultieme doelen' als het gaat om verbetering van de gezondheidszorg zijn:

- 1) het verhogen van de volksgezondheid,
- 2) het minimaliseren van ongelijkheid,
- 3) het maximaliseren van toegankelijkheid,
- 4) het optimaliseren van patiënt-(en arts) ervaringen en
- 5) het verlagen van de kosten.

## Potentie op verschillende niveaus

AI-software heeft de potentie op verschillende levels in de diagnostische keten en uiteindelijk patiëntenzorg waarde toe te voegen<sup>1</sup>. Voorafgaand aan de daadwerkelijke beeldvorming kan het al bijdragen aan het aanvragen van het juiste beeldvormend onderzoek, het plannen ervan, het reduceren van *no-shows* en de protocolselectie. Andere voorbeelden zijn dosisreductie bij (PET)-CT door AI-reconstructie algoritmes, en directe feedback over de kwaliteit van bijvoorbeeld contrastering of bewegingsartefacten waardoor een patiënt niet terug hoeft te komen, of de volgende keer zelfs een gepersoniseerd protocol krijgt. Dit zijn voorbeelden van het gebruik van AI die met name resulteren in een verhoogde efficiëntie en in mindere mate impact hebben op de daadwerkelijke beeldinterpretatie. Radiologen zijn relatief

veel tijd kwijt aan het opzoeken en sorteren van de juiste informatie die benodigd is voor de beeldinterpretatie en verslaglegging. Toepassingen meer gerelateerd aan die voorbereiding van de beeldinterpretatie zijn er ook, denk bijvoorbeeld aan het automatisch genereren van de juiste *hangings*. Op dit moment zijn de AI-tools die ondersteunen bij detectietaken of interpretatie van medische beeldvorming het meest populair en voorkomend. Dit type software kan bijvoorbeeld acute cases sorteren in de werklíst (triage), beelden annoteren, en structuren kwantificeren. Denk aan het detecteren van pulmonale noduli op X-thorax of CT-thorax, automatische detectie van een bloeding op blanco CT-hersenen (zie ook artikel 'Hoe AI kan bijdragen aan efficiëntie en verhoging van kwaliteit', op pag. 19, *red.*) of het bepalen van volumina in het brein. Idealiter wordt

## Het Fryback-model

In 1991 introduceerden Fryback & Thornbury hun hiërarchische model met zes incrementele niveaus<sup>1</sup> van effectiviteit. Dit model impliceert dat bewijs op de lagere niveaus, bijvoorbeeld over de effectiviteit van technische en diagnostische nauwkeurigheid, nodig is voordat men kan aantonen dat de uitkomsten van patiënten zijn te verbeteren.

**Tabel 1:** hiërarchische model of diagnostische effectiviteit (Fryback & Thornbury, 1991)

Level	
1. Technical efficacy	Resolution, reproducibility
2. Diagnostic accuracy efficacy	Sensitivity, specificity, predictive values
3. Diagnostic thinking efficacy	Change / improvement in diagnosis
4. Therapeutic efficacy	Change / improvement in therapy
5. Patient outcome efficacy	Improvement in patient outcomes, health gain (QALY)
6. Societal efficacy	Cost-effectiveness analysis (societal perspective)

QALY = *quality adjusted life years*

het diagnostische proces zodanig beïnvloed dat het leidt tot betere uitkomsten, zoals bijvoorbeeld verminderde mortaliteit. Echter, op dit moment leidt het gebruik van dergelijke algoritmes in de beste gevallen tot verhoogde efficiëntie door het verkorten van de beoordelings- of rapportagetijd.

### Wetenschappelijk bewijs

Er zijn intussen al zo'n 150 CE-gecertificeerde AI-producten op de markt voor de radiologie alleen<sup>2</sup>. Tijdens de RSNA 2020 zijn resultaten gepresenteerd over de aanwezigheid van *peer-reviewed* bewijs voor een honderdtal van deze CE-gecertificeerde AI-toepassingen binnen de radiologie<sup>3</sup>. Hieruit bleek dat er publicaties waren over slechts 36 van de 100 producten die betrekking hadden tot één van de zes niveaus van het Fryback-model. Het ging om in totaal 239 publicaties waarvan het overgrote deel zich bezighoudt met level 2, de diagnostische accuraatheid van het algoritme, meestal retrospectief van karakter. Prospectieve studies naar uitkomsten op patiëntniveau zijn er nog minder, en ditzelfde geldt voor kosteneffectiviteitsstudies, of post-marketing surveillance studies, waarin gekeken wordt naar bijvoorbeeld langetermijneffecten van de implementatie van een bepaalde tool als het eenmaal in gebruik is genomen in de klinische zorg.

### Hoeveel bewijs is nodig?

Er is dus niet altijd wetenschappelijk bewijs aanwezig over het functioneren en de doeltreffendheid van AI-producten die nu op de markt zijn. De vraag rijst wat nodig is en wat we kunnen verwachten van de softwareproducenten. De waarde van radiologie, of een hieraan gerelateerd AI-algoritme, wordt bepaald door het vermogen om therapeutische beslissingen, patiëntresultaten en uiteindelijk maatschappelijke voordelen, te verbeteren. Dat komt overeen met niveaus 4 tot 6 in het model van Fryback<sup>4-6</sup>. Er zijn de afgelopen jaren talloze artikelen verschenen over kunstmatige intelligentie, *machine learning* en *deep learning*<sup>7</sup>. En hoewel we het erover eens zijn dat technische en diagnostische prestatie maatstaven belangrijk zijn, is het uiteindelijk de verbetering van de patiëntuitkomsten en maatschappelijke voordelen die er echt toe doen. Bovendien is het belangrijk de ervaring van de patiënt en/of de arts mee te nemen. Dit hoort in de algehele uitkomstmaat, hetzij in de QALY's (niveau 6 Fryback-model), of op een andere manier, aangezien inspanningen om de patiëntuitkomsten te verbeteren belangrijk zijn en aandacht vragen van de AI-gemeenschap

in de radiologie. Je zou kunnen zeggen dat we voor elk AI-product dat we implementeren bewijsvoering willen zien op alle levels van het Fryback-model. Dit heeft uiteraard een keerzijde. De klinische toegankelijkheid en doeltreffendheid van al deze algoritmes staat of valt met de kosten. Uitgebreide gerandomiseerde, prospectieve trials zijn zeer tijdrovend en duur, en deze kosten komen terug in de productprijs. Het is dus ook zaak kritisch te zijn wat wel en wat niet noodzakelijk is. Dat kan afhangen van de toepassing. Betreft het bijvoorbeeld een AI-algoritme dat een specialistische taak uitvoert die anders exact op dezelfde wijze door de radioloog zou zijn gedaan, zoals het berekenen van de diameter of het volume van een nodule, dan is wellicht het valideren van het meetinstrument afdoende (level 2). We kunnen we er dan van uitgaan dat de inzet van AI verderop in het klinische proces minimale impact heeft. Maar hebben we het over nieuwe voorspellende biomarkers of detectiehulp, dan is validatie in zowel level 2 als op hogere niveaus gewenst.

### Conclusie

De vraag welke wijze van wetenschappelijk bewijs noodzakelijk is om tot implementatie van AI binnen radiologie over te gaan, is niet eenduidig te beantwoorden. Op dit moment is de hoeveelheid beschikbaar bewijs en de validatie van algoritmes nog beperkt, met name met betrekking tot de impact van AI in de klinische praktijk. De categorie waarbinnen de toepassing valt en de mate waarin het zorgproces wordt beïnvloed door de resultaten van het algoritme, bepalen welke mate van evaluatie wenselijk is alvo-

rens tot klinische ingebruikname te kunnen overgaan. ■

#### dr. Jan-Jaap Visser

radioloog Erasmus MC Rotterdam

#### Kicky van Leeuwen

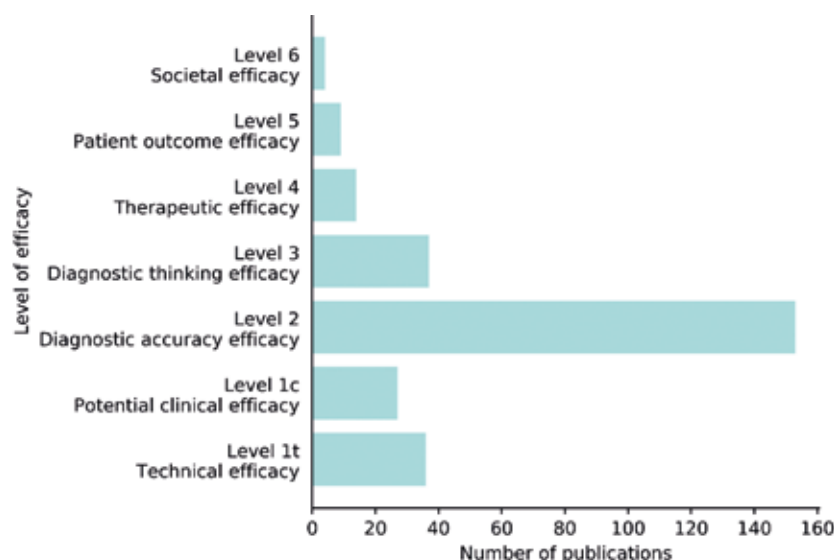
onderzoeker afdeling Beeldvorming/  
Radiologie, Radboudumc Nijmegen

#### dr. Merel Huisman

aios radiologie UMC Utrecht

#### Literatuur

1. Fryback DG, Thornbury JR. The efficacy of diagnostic imaging. *Med Decis Making*. 1991;11(2):88-94.
2. AI for Radiology. 2021 [cited 2021 January 16]; Available from: [www.aiforradiology.com](http://www.aiforradiology.com).
3. K.G. van Leeuwen SS, M.J.C.M. Rutten, MD, B. van Ginneken, M. de Rooij. . Artificial intelligence in Radiology; 100 commercially available products and their scientific evidence. . *European Radiology*. 2021; Accepted for publication.
4. Gazelle GS, Kessler L, Lee DW, et al. A framework for assessing the value of diagnostic imaging in the era of comparative effectiveness research. *Radiology*. 2011;261(3):692-8.
5. Goehler A, Gazelle GS. Examining the use of comparative and cost-effectiveness analyses in radiology. *AJR Am J Roentgenol*. 2014;203(5):939-44.
6. Brady AP, Bello JA, Derchi LE, et al. Radiology in the Era of Value-based Healthcare: A Multi-Society Expert Statement from the ACR, CAR, ESR, IS3R, RANZCR, and RSNA. *Radiology*. 2020:209027.
7. Litjens G, Kooi T, Bejnordi BE, et al. A survey on deep learning in medical image analysis. *Med Image Anal*. 2017;42:60-88.



**Figuur 1:** De 'levels of efficacy' die worden toegekend in 239 wetenschappelijke publicaties die 36 van de 100 geanalyseerde commerciële AI-producten beslaan. (Afbelding uit geaccepteerde publicatie in *European Radiology*).

## AI IN HET ZIEKENHUIS: Hoe zit dat juridisch?



Erik Vollebregt

AI in het ziekenhuis is aan behoorlijk wat regels onderhevig. Er is veel mogelijk op het gebied van het gebruik van medische persoonsgegevens voor de ontwikkeling en het gebruik van AI's, maar er zijn wel belangrijke aandachtspunten bij het inregelen.

Op allerlei niveaus bekijken professionals hoe kunstmatige intelligentie (AI) in de gezondheidszorg is in te zetten en welke regels daarvoor moeten gelden. Op Europees niveau zijn er allerlei initiatieven, zoals de *European Health Data Space*, de herziening van de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) en de *European Data Act*. Op nationaal niveau zien we voorstellen die in meer of minder in de pas lopen met de Europese initiatieven.

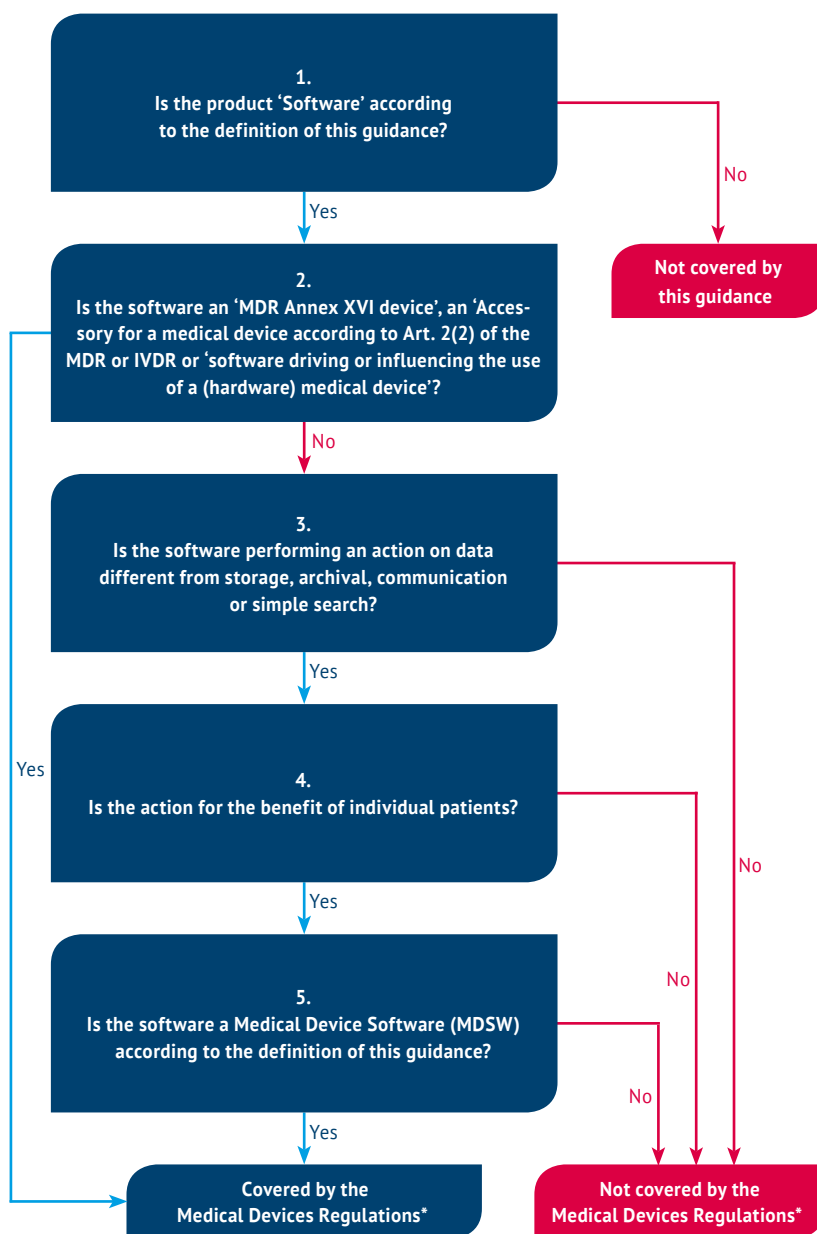
### Voor- en nadelen

De mogelijke voordelen van de inzet van AI in de zorg zijn dat het knelpunten kan oplossen op het punt van beschikbaarheid van menselijk cognitief vermogen van getraind personeel. Mogelijke nadelen hebben te maken met precies het toepassen van die cognitie: kloppen de algoritmes en de uitkomsten wel, en hoe valideer je dat? Hoe borg je dat de algoritmes voorspelbaar blijven als ze meer gaan leren? En dan is er nog de gigantische hoeveelheid gevoelige persoonsgegevens die door deze systemen heen lopen. Dat levert risico's op qua *compliance* met wetgeving op het gebied van persoonsgegevens en cybersecurity.

Op een algemeen niveau bestaan er twee brede categorieën van wettelijke regels die zich met de voorwaarden van het toepassen van AI in de zorg bezighouden: regulering van medische hulpmiddelen en regulering van het verwerken van (medische) persoonsgegevens. Soms overlappen deze twee categorieën, bijvoorbeeld op het gebied van cybersecurity.

### AI als medisch hulpmiddel

AI is een medisch hulpmiddel wanneer er



**Figuur 1:** Beslisboom die helpt bepalen of software onder de regels valt voor medisch hulpmiddel. \*Medical Devices Regulations refers to the two applicable regulations: Regulation (EU) 2017/745 on Medical Devices (MDR) and Regulation (EU) 2017/746 on *In Vitro* Diagnostic Medical Devices (IVDR).

voldaan is aan een aantal voorwaarden, zoals te zien is in het afgebeelde stroomschema op de vorige pagina.

Kort samengevat is AI een medisch hulpmiddel wanneer de software een bewerking uitvoert op data die betrekking heeft op een individuele patiënt, om informatie te leveren die gebruikt gaat worden voor een diagnostisch of therapeutisch doel. Dat software geen medisch hulpmiddel is als de arts de geleverde informatie zelf nog moet interpreteren, is een misverstand. Als dat zo was, zou een thermometer of een ECG-monitor ook geen medisch hulpmiddel zijn, omdat die ook interpreteerbare waarden leveren.

### Voldoen aan regels

Afhankelijk van of het systeem gevoed wordt met gegevens uit in-vitro diagnostische testen of niet, valt het onder de algemene medische hulpmiddelen verordening en tot eind mei nog de richtlijn (MDR en MDD) of onder de in-vitro diagnostica richtlijn tot eind mei 2022 en daarna onder de In-Vitro Diagnostica Verordening (IVDR). De algoritmes moeten gevalideerd worden en het systeem moet voldoen aan eisen voor cybersecurity. Nieuw aan de MDR/ IVDR is dat er een soepeler regime van regels geldt voor medische hulpmiddelen die alleen toegepast worden in het ziekenhuis waarin ze ontwikkeld zijn. Die regels zijn ook van toepassing op medische AI's die onder de MDR of de IVDR vallen.

### AI en persoonsgegevens

Brandstof en *output* voor AI's in de zorg zijn persoonsgegevens betreffende gezondheid. Deze gegevens zijn onderworpen aan de Algemene Verordening Gegevensbescherming en specifieke zorggerelateerde regelgeving.

Toepassing van AI in de zorg leidt tot vele juridische vragen. Vaak is het wel duidelijk hoe dingen geregeld zijn als de data alleen gebruikt worden voor behandeling, maar wordt het ingewikkelder als de data daarnaast voor andere doeleinden gebruikt worden. Van wie zijn persoonsgegevens? Patiënten hebben niet een strikt eigendomsrecht op persoonsgegevens die hen betreffen, maar hebben wel grondrechtelijke bescherming ten aanzien van het gebruik van die gegevens. Die bescherming is concreet neergelegd in de Algemene verordening gegevensbescherming (AVG). In principe moet een patiënt toestemming geven voor het gebruik van zijn of haar persoonsgegevens betreffende gezondheid, mits er een andere geldige juridische grond is. Toestemming van de patiënt is dus niet altijd per se nodig buiten het gebruik voor behandeling.

### Praktische vragen

Het leidt ook tot allerlei praktische vragen, zoals bijvoorbeeld of een ziekenhuis of een extern bedrijf klinische data mag gebruiken voor het verder ontwikkelen van de AI. Als de doorontwikkeling ge-

beurt in het kader van een wettelijke verplichting, zoals de verplichting op grond van de MDR om post-marketing klinische follow-up studies te doen om het medische hulpmiddel te verbeteren, dan kan dat in principe als de juiste waarborgen tussen ziekenhuis en leverancier worden afgesproken. Gaat het echter om de ontwikkeling van een nieuw medisch hulpmiddel, dan ligt dit genuanceerder. Bijzondere problemen ontstaan ook wanneer de persoonsgegevens gedeeld worden met of beschikbaar komen voor partijen die niet gevestigd zijn in de EU, en waarmee de EU geen afspraken heeft voor erkenning van hun wetgeving als equivalent aan EU-regelgeving.

### Conclusie

De regels voor AI als medisch hulpmiddel hangen nauw samen met de regels op het gebied van bescherming van persoonsgegevens uit de AVG. Het is belangrijk dat het ziekenhuis zich realiseert dat een en ander goed juridisch ingeregeld wordt en in overleg met eventuele externe technologieproviders, zodat het gebruik van de gegevens binnen de wettelijke mogelijkheden blijft.

**Erik Vollebregt**  
partner bij Axon Advocaten

## Historisch Hoekje 2015-2020

Deel 4 van het Historisch Hoekje is verschenen. Na de eerste drie delen (1996-2009, 2009-2012 en 2012-2015) bestrijkt dit boekwerk de periode van 2015-2020.

Er is aandacht voor het uitbouwen van het Cultureel Erfgoed op Urk, veel geschreven – waaronder 71 artikelen in MemoRad – en gewerkt aan het oprichten van een Sectie Geschiedenis van de Radiologie. De commissie bezocht in deze periode musea en bijeenkomsten, organiseerde tentoonstellingen en breidde de verzameling proefschriften en gegevens uit. Leden kunnen contact opnemen voor een digitaal exemplaar (174 pagina's). Ook verschijnt er in kleine oplage een papieren versie.

**Kees Vellenga**



# Ontwikkelingen inzake financiering van AI voor radiologie



Erik Ranschaert



Gerlof Bosma



Paul Algra

Een belangrijke factor bij de keuze voor AI en de implementatie ervan, is de benodigde financiering. Welke spelers zijn er op de markt, wat voor vergoedingssystemen zijn er en wie moet daarvoor betalen? Een belangrijke factor bij de keuze voor AI en de implementatie ervan, is de benodigde financiering. Welke spelers zijn er op de markt, wat voor vergoedingssystemen zijn er en wie moet daarvoor betalen?

## Inleiding

De afgelopen jaren heeft de kunstmatige intelligentie (AI) voor radiologie een aanzienlijke vooruitgang geboekt, met name dankzij ontwikkelingen op het gebied van *machine learning* (ML) en *deep learning* (DL) in combinatie met een enorme toename van beschikbare rekenkracht. Hierdoor zijn AI-producten op de markt gekomen die computergestuurde beeldanalyse van radiologische beelden mogelijk maken, voornamelijk voor taken van classificatie en detectie van afwijkingen. Algoritmes kunnen echter ook voor een verscheidenheid aan niet-interpretatieve toepassingen ingezet worden die de radiologische workflow ondersteunen, met name voor doeleinden als planning, prioritering, kwaliteit, veiligheid en operationele efficiëntie. Op dit moment bevinden we ons in een beginstadium van AI-implementatie. Dat houdt in dat velen nog zoekende zijn naar een of meer toepassingen voor integratie in de lokale workflow, en dus ook naar de benodigde financiering. Voor de AI-ontwikkelaars is dit aldus een vrij onrustige markt. Het aantal *startups* is de laatste jaren razendsnel toegenomen en het merendeel van deze bedrijven heeft nuttige AI-modellen ontwikkeld. Het aanbod aan producten is groot, en de markt is eerder aanbod- dan vraaggedreven. Dit betekent dat startups bergen moeten verzetten om hun producten aan radiologen en ziekenhuizen te slijten. Sommigen zagen zelfs al een crash onder medische AI-startups aankomen omdat hun kapitaal opraaft, terwijl de cijfers rood blijven. Er werd zelfs gesuggereerd dat er een medische 'AI-winter' zou komen (zie de tweet van Curt Langlotz).



Afbeelding 1: Hoogleraar Radiologie en directeur van het Artificial Intelligence in Medicine and Imaging-centrum van Stanford Curt Langlotz voorspelde in 2019 al dat er een medische 'AI-winter' zou komen.

## Recente doorbraak in de VS

In september vorig jaar keurden in de VS de *Centres for Medicare & Medicaid Services* (CMS) de eerste vergoeding goed voor AI-ondersteunde medische zorg. Het betrof een algoritme van Viz.ai dat een herseninfectie op een CT-cerebrum identificeert en vervolgens automatisch contact opneemt met de interventieradioloog. Het algoritme omzeilt zo de eerste beoordeling die normaal gesproken door een algemene radioloog wordt uitgevoerd. Viz.ai toonde aan dat hun algoritme een significante

verkortung van de *door-to-groin-time* mogelijk maakt bij patiënten met een beroerte. Dat leidt ook tot een verbetering van de klinische uitkomst. De vergoeding die CMS hiervoor betaalt zou 1.000 dollar per patiënt bedragen, althans zo werd meegedeeld in de pers. Dit hoge bedrag leidde tot enige controverse, aangezien het vrijwel niets kost om een analyse door AI-modellen te laten uitvoeren, terwijl een CT-cerebrum in de VS ongeveer 1.000 dollar kost.

Radioloog en AI-promovendus aan de Uni-



Tabel 1: Voor- en nadelen van een AI-marktplaats.

Voordelen AI marktplaats	Nadelen AI marktplaats
Toegang tot een grote variëteit aan algoritmes voor meerdere types van onderzoeken	Beperkt aantal vendors met marktplaats-aanbod ( <i>vendor-locked</i> )
Verscheidenheid aan algoritmes, zowel klinisch/diagnostisch als operationeel en financieel	Beperkte keuze aan algoritmes (vendors) voor specifieke doeleinden en tegelijk overaanbod aan algoritmes voor zelfde doel
Eén enkele partij voor contractuele overeenkomsten en facturatie	Moeilijker te controleren buitenissige uitgaven
Algoritmes mogelijk klinisch gevalideerd door marktplaats zelf	Onbekendheid met marktplaats-concept voor radiologische softwaretoepassingen
Sommige marktplaatsen bieden een gemeenschappelijke user-interface aan voor inzage in de resultaten van de AI	Meestal geen direct contact met de ontwikkelaar van het algoritme, moeilijk om feedback te geven
Eenvoudiger implementatie en integratie met PACS	Onzekerheid betreffende optimale beschikbaarheid van functies van het algoritme
	Onzekerheid qua prijsstelling

versiteit van Adelaide Luke Oakden-Rayner bracht in zijn blog wat meer duidelijkheid, door te verwijzen naar de contractuele overeenkomst. Daarin is sprake van een jaarlijkse *license-fee* van 25.000 dollar. Als er per jaar 25 patiënten met een beroerte zijn, vergoeden ze 1.000 dollar per patiënt. Als er 500 patiënten zijn (veel waarschijnlijker), vergoeden ze 50 dollar per patiënt. Enkele bedenkingen die sceptici maakten bij het bekend maken van deze AI-vergoeding, is dat het eigenlijk over een niche-product gaat. Slechts een relatief klein aantal patiënten komt in aanmerking, omdat het alleen is te gebruiken door centra waar opgeleide interventieradiologen beschikbaar zijn. Bovendien zouden vele patiënten geen dergelijk centrum in hun nabijheid hebben.

Voor landen zoals de VS, waar de bevolkingsdichtheid minstens tienmaal lager is dan in Nederland, is dat uiteraard een terechte opmerking. Het aantal patiënten dat voor intra-arteriële thrombectomie (IAT) in aanmerking komt is ook in Neder-

land vrij beperkt. In 2017 werden in de Dutch Acute Stroke Audit (DASA) 30.060 patiënten met een herseninfarct geregistreerd, van wie er 1.380 (4,5%) in aanmerking kwamen voor een IAT. Dit betekent ook dat het totale kostenplaatje voor de verzekeraar relatief beperkt blijft. Dat

heeft voor de CMS ongetwijfeld een rol heeft gespeeld in het goedkeuren van een vergoeding voor toepassing van dit algoritme. In elk geval heeft het nieuws zich snel verspreid, en wordt het door velen wel beschouwd als een historische doorbraak, die het begin aankondigt van een volledig nieuw tijdperk voor de medische AI.

## Markttendensen

Naast de individuele *vendors* en startups die hun producten aanbieden, zijn er meerdere bedrijven die zich richten op het bouwen van een AI-markt voor radiologie. In plaats van AI-algoritmes te ontwikkelen, voegen deze bedrijven meerdere algorit-

‘Naast de aanbieders van AI-producten, zijn er ook bedrijven die zich richten op het bouwen van een AI-markt voor radiologie’

mes van derden samen in één platform en laten de gebruikers (radiologen) één of meer algoritmes selecteren die voor hen van nut zijn. Er zijn voor- en nadelen aan deze aanpak (zie tabel 1). Voordelen zijn onder meer de beschikbaarheid van een grotere selectie aan algoritmes, en een gemakkelijke *one-stop-shop* om een groot aantal applicaties te zien, vergelijkbaar met het *App Store*-model van Apple.

De nadelen zijn dat een te ruime keuze aan producten voor één enkel klinisch probleem, zoals detectie van longnodulen, verwarring kan veroorzaken bij aankoopbeslissingen en niet tegemoetkomt aan de noodzaak om voorafgaand intern algoritmes te testen om hun doeltreffendheid te evalueren (klinische validatie). Het is ook mogelijk dat, om meerdere algoritmes op één platform te laten bestaan, meerdere softwarefuncties, zoals de mogelijkheid om gedetecteerde longnodulen te bewerken of verwijderen, worden uitgeschakeld omdat de integratie van het algoritme in het lokale systeem minder diepgaand is. Naast deze losstaande marktplaatsen zetten ook de vendors van modaliteiten, PACS en ►



zelfs EPD-systemen, in op eigen, aan hun systeem gekoppelde marktplaatsen. Dezelfde voor- en nadelen gelden voor dit soort model, echter het grootste nadeel is het meer *vendor-locked* karakter, waardoor de gebruiker slechts een beperkte keuze heeft aan door de vendor geselecteerde producten, met eerder beperkte onderhandelingsruimte qua prijsstelling. Aan deze AI-marktplaatsen zijn diverse vergoedingssystemen gekoppeld zoals *pay-per-use* licenties of contracten voor één of meerdere jaren, voor één of meerdere producten.

### Vergoeding in Nederland en Europa

In de Europese landen zijn momenteel geen vergoedingen beschikbaar voor het gebruik of de aankoop van AI-software. Net zoals in de meeste andere EU-lidstaten krijgen zorgaanbieders in Nederland grotendeels op basis van volume betaald via *fee-for-service* betaalsystemen, of varianten daarvan. Deze vergoedingssystematiek stimuleert het maximaliseren van het aantal patiënten, zij het mits enige marktregulerende en macro-economische budgettaire beperkingen. Er is een neerwaartse druk op budgetten. Dat is weliswaar een prikkel is tot verhoogde doelmatigheid, maar individuele zorgverleners krijgen nog steeds hoofdzakelijk betaald op basis van behandelingen, met andere woorden productievolume. Zorgverleners worden niet direct betaald op basis van de behaalde gezondheidswinst voor de patiënt, waar het uiteindelijk om gaat. Binnen dit vergoedingssysteem ontbreekt het dus enigszins aan motieven om AI te implementeren voor creatie van meer waarde, met als doel de gezondheidsresultaten te verbeteren. De toegevoegde waarde (*added value*) die AI genereert zou directer financieel belooft kunnen worden door geleidelijk te groeien naar een meer op waarde gebaseerd zorgstelsel.

Voor *niet-diagnostische AI-toepassingen*, die in wezen meer gericht zijn op verbetering van workflow en efficiëntie, is het effect op kostenbesparing en efficiencyverbetering relatief eenvoudig meetbaar, wat ook de implementatie van dergelijke oplossingen vergemakkelijkt en versnelt. Dergelijke tools zullen wellicht niet separaat verkocht worden, maar eerder als een optionele feature ingebed worden in de modaliteiten (scanners), in het PACS, in het EPD of zelfs in het spraakherkenningssysteem. Hiervoor is geen nieuwe vergoeding nodig, aangezien de softwareapplicaties meegenomen worden in de totaalprijs van het systeem. Voor *diagnostische AI-toepassingen* is de

*"Artificial intelligence will not replace radiologists. Yet, those radiologists who use AI will replace the ones who don't."*

Curtis Langlotz



situatie enigszins anders. Op dit moment worden in Nederland dergelijke meer gesofisticeerde AI-programma's nog beschouwd als kostenposten. Dat houdt in dat deze door het ziekenhuis moeten worden meegewogen in de berekening van de kostprijs van de producten c.q. verrichtingen waarvoor zij gebruikt worden. Dit moet dus worden meegenomen in de onderhandelingen tussen ziekenhuis en zorgverzekeraars. Een vakgroep die in AI wil investeren, moet in het ziekenhuis een aanvraag voor investering indienen en daarbij een *return on investment* (ROI) berekenen, waarin idealiter het effect op kwaliteitsverbetering en efficiëntieverbetering wordt meegenomen.

Voor het interpretatieve type van AI-toepassingen is een kwaliteitsverbetering te behalen door bijvoorbeeld reductie van het aantal fouten of door verhoging van de diagnostische accuratesse. Dat kan naast het behalen van een klinisch voordeel ook de *downstream* kosten van de aansprakelijkheidsverzekering verlagen. Een afname van de aansprakelijkheid is echter moeilijk te bewijzen, tenzij er een recente zaak bij de instelling is die te vermijden was geweest door een specifiek commercieel beschikbaar algoritme. In elk geval moet een kwaliteitsverbetering meestal aangegeven worden op basis van meerdere aannames. Dat maakt het zeer lastig deze cijfermatig te onderbouwen. Een efficiëntieverbetering daarentegen, inclusief daaraan gekoppelde financiële opbrengst, is eenvoudiger te berekenen. Een verkorting van de tijd die nodig is voor verslaglegging van radiologische onderzoeken door het gebruik van deze software, is direct om te zetten in persoon-uren en de daaruit voortvloeiende besparingen. Een accurate inschatting van de winst in persoon-uren kan de snelste en meest effectieve methode zijn om de waarde van de investering

aan te tonen. Als bijkomend voordeel is AI-software te gebruiken om de radiologische werkbelasting te verminderen en dus ruimte te creëren voor de radiologen om zich meer toe te leggen op hooggespecialiseerde onderzoeken. Dat moet leiden tot een verbetering van het kwaliteitsniveau van diensten. Het creëren van value is echter van beperkte waarde in een competitief vrij marktmodel dat hoofdzakelijk op productie gebaseerd is. Naarmate het vergoedingsmodel evolueert naar een meer value-based type financiering, zal een 'intelligente ondersteuning' van *clinical decision* support op basis van diagnostische AI-tools ook zinvol zijn om een zo hoog mogelijke kwaliteit van diensten bieden aan een zo laag mogelijke kostprijs.

### Wie gaat dit betalen?

De vraag die zich dus opwerpt, is wie uiteindelijk wil en kan betalen voor het AI-product. De radiologen die AI-toepassingen willen gebruiken zijn op zoek naar het meest interessante businessmodel en de meest geschikte financieringsvorm(en). Zolang het product in een pilotfase gebruikt wordt, waarbij de kosten beperkt blijven tot persoon-uren op de ICT-afdeling en bij het PACS-beheer om de toepassing veilig te integreren, blijven de investeringen behaikbaar. Echter na afloop van het pilotproject moet een licentie aangekocht worden. Dat gaat doorgaans over bedragen van meer dan 15.000 euro per applicatie op jaarbasis. Uit rondvraag blijkt dat zich in Nederland enkele scenario's voordoen waarbij de radiologische vakgroepen volledig, dan wel gedeeltelijk, instaan voor de investering. Het scenario waarbij de radiologen zelf de licentiekosten willen dragen, is terug te vinden bij oplossingen die een voelbare verbetering in de workflow door alle radiologen met zich meebrengen, zoals een verkorting van de rapportagetijd (bijvoorbeeld bij CT-thorax voor detectie en evaluatie

van longnodulen) of een prioritering van onderzoeken (bijvoorbeeld Bij CT-cerebrum voor hersenbloedingen of CTA-thorax voor longembolieën). Het scenario waarbij de investering gemeenschappelijk wordt gedragen door een groep specialisten, bijvoorbeeld interventieradiologen samen met neurologen, is terug te vinden bij toepassingen waarbij alle betrokken partijen een voordeel hebben. Een voorbeeld is een algoritme voor stroke-analyse, waarmee is te beslissen of patiënten al dan niet in aanmerking komen voor IAT. Het is ook mogelijk dat het ziekenhuis (raad van bestuur) in een dergelijke investering meegaat, aangezien dit algoritme ook een verkorting van de opnameduur van deze patiënten met zich meebrengt. Dat heeft een gunstige invloed op de kosten van het aan stroke gekoppelde behandel- en revalidatietraject. Daarnaast kan dit bijdragen in de profilering van het ziekenhuis voor een bepaalde speerpuntactiviteit, zoals IAT. Voor algoritmes die op accurate en snelle wijze fractures op röntgenfoto's van extremiteiten kunnen detecteren, is ook een kostenspreiding tussen radiologen, SEH-artsen, traumachirurgen en orthopeden een optie, aangezien dit de workflow faciliteert voor alle betrokken partijen, vooral tijdens diensttijden. Uitein-

gelijk in hogere (politieke) kringen. Denk ook aan de eerdere uitspraken van Wopke Hoekstra in zijn functie als minister van Financiën, waarin hij beweert dat AI de radioloog kan vervangen. Naarmate het aanbod aan AI-producten groeit, wordt het voor radiologische vakgroepen noodzakelijk om strategische keuzes te maken betreffende het aantal en het soort AI-producten dat ze inschakelen, om te voorkomen dat ze middels AI hun eigen rangen uitdunnen. Anderzijds moeten radiologen er zich ook bewust van zijn dat, indien ze zelf niet bereid zijn de nodige investeringen in AI te doen, het theoretisch niet ondenkbaar is dat andere specialisten vanuit het MSB gepusht worden om dergelijke software aan te kopen, om daarmee de radiologen te bypassen, en aldus het aantal FTE's af te bouwen. Bovenstaande hypothesen gaan natuurlijk alleen op wanneer de vraag naar medische beeldvorming stagneert, wat uiteraard niet het geval is. Voor de radiologische markt wordt tussen 2020 en 2026 immers een groei van vijf tot zes procent voorspeld. Radiologen hebben dus eigenlijk voldoende redenen om te zoeken naar middelen – zoals AI – waarmee ze de gestaag groeiende werkdruk kunnen verminderen. Op deze manier kunnen ze wellicht

democratische implementatie in alle ziekenhuizen mogelijk wordt. In Nederland, net als in Europa in het algemeen, moeten adoptiestrategieën uitgewerkt worden die enerzijds voldoende aandacht besteden aan de lokale behoeften, maar ook een gemeenschappelijk doel nastreven om AI voor een zo breed mogelijk aantal patiënten beschikbaar te maken. Om een landelijke strategie uit te werken moet er goede coördinatie zijn tussen alle belanghebbenden, met als doel een brede adoptie mogelijk te maken. Belanghebbenden zijn niet alleen zorgaanbieders en toezichhouders, maar ook aanbieders van zorgtechnologie, onderzoeksorganisaties en patiëntengroepen. Een verregaande overeenstemming tussen Europese beleidsmaatregelen en programma's is van vitaal belang voor het creëren van een toekomststrategie die een naadloze ontwikkeling én toepassing van AI voor de gezondheidszorg mogelijk maakt, die in de hele Europese regio toegankelijk is. ■

#### dr. Erik Ranschaert

radioloog ETZ Tilburg, AI-projectleider, gastprofessor UGent

#### dr. Gerlof Bosma

radioloog ETZ Tilburg, medisch manager

#### dr. Paul Algra

radioloog NWZ Alkmaar

## 'Na afloop van een pilotfase kunnen de kosten oplopen tot meer dan 15.000 euro per applicatie per jaar'

delijk kan ook het ziekenhuis er voordeel bij hebben om hieraan bij te dragen, omdat de downstream kosten naar aansprakelijkheidsverzekering afgebouwd kunnen worden door reductie van het percentage gemiste fractures. Ook het terugroepen van patiënten kan daardoor verminderen, wat onnodige kosten bespaart.

Of in Nederland een bijkomende AI-vergoeding ter beschikking gesteld kan worden, zoals in de VS met Viz.ai voor Medicare, is weinig waarschijnlijk. Vanuit een context van stijgende kosten in de zorg zullen vermoedelijk her en der stemmen opgaan dat het honorarium voor de radioloog naar beneden kan worden bijgesteld door implementatie van AI, of dat het aantal FTE's voor radiologie hiermee afgebouwd kan worden. Deze klanken zullen wellicht niet alleen binnen het medisch stafbestuur (MSB) te horen zijn, maar mo-

ook de AI-markt doen omslaan van een productgedreven naar een vraaggedreven model. De woorden van Curt Langlotz klinken de meesten wellicht reeds vertrouwd in de oren: 'AI zal geen radiologen vervangen, echter radiologen die AI gebruiken zullen de plaats innemen van hen die het niet gebruiken'. Deze stelling onderbouwt ook onze visie dat radiologen momenteel proactief zelf het touw in handen moeten nemen zodat ze de marktevolutie mee kunnen sturen, en voorkomen dat anderen het roer overnemen.

### Toekomst

Op AI-gebaseerde toepassingen voor de radiologie en de gezondheidszorg blijven zich de komende jaren naar verwachting snel ontwikkelen. Het zal echter belangrijk zijn om de juiste keuzes te maken op het vlak van budgettering en investeringsmethodieken, zodat een gelijkmatige en

### Informatiebronnen

- Tadavarthi Y, Vey B, Krupinski E, et al. The State of Radiology AI: Considerations for Purchase Decisions and Current Market Offerings. *Radiology Artif Intell.* 2020;2(6): e200004. <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/ryai.2020200004>
- The medical AI floodgates open, at a cost of \$1000 per patient. <https://lukeoakdenrayner.wordpress.com/2020/09/06/the-medical-ai-floodgates-open-at-a-cost-of-1000-per-patient/> - laatste bezoek 20-01-2021.
- PWC Nederland: Sherlock in Health - How artificial intelligence may improve quality and efficiency, whilst reducing healthcare costs in Europe. <https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-sherlock-in-health.pdf>
- Cerebro Vasculair Accident Benchmark/Dutch Acute Stroke Audit, <https://bronnen.zorggegevens.nl/Bron?naam=Cerebro-Vasculair-Accident-Benchmark--Dutch-Acute-Stroke-Audit> - laatste bezoek 20-01-2021.
- Global Market Insights - <https://bit.ly/2Y0w8rD>, laatste bezoek 20-01-2021.
- Diagnostic Imaging Market - <https://bit.ly/3sHIXW3>, laatste bezoek 20-01-2021.
- <https://aimi.stanford.edu/news/rsna-2017-rads-who-use-ai-will-replace-rads-who-don-t>, laatste bezoek 25-01-2021.
- <https://youtu.be/DLJyjEZYqhk>



# ONLINE

ONDERWIJS À LA CARTE

# SANDWICH

# CURSUS

## 15-18 JUNI '21

### HOOFD-HALS RADIOLOGIE

Dr. Miguel Palm & Dr. Bas Hammer

DINSDAG

15 JUNI 2021

### ACUTE RADIOLOGIE

Drs. Bernd Teunissen & Drs. Ruth Smit

WOENSDAG

16 JUNI 2021

DONDERDAG  
17 JUNI 2021

### ACUTE RADIOLOGIE

Drs. Bernd Teunissen & Drs. Ruth Smit

VRIJDAG  
18 JUNI 2021

### HOOFD-HALS RADIOLOGIE

Dr. Miguel Palm & Dr. Bas Hammer

Inschrijven per 1 april 2021

[WWW.RADIOLOGEN.NL](http://WWW.RADIOLOGEN.NL)

Georganiseerd door de Sandwichcursus Commissie van de Nederlandse Vereniging voor Radiologie



Nederlandse Vereniging voor  
**Radiologie**



NEderlandse  
VEReniging voor  
NUCLEAIRE  
GENEESKUNDE



# ONDERZOEK NAAR HARTWEEFSELKARAKTERISERING

## Heartbeat-to-heartbeat

Dit onderzoek omvat de toepasbaarheid van een aantal kwantitatieve MRI-technieken die klinisch zijn te gebruiken om ischemische en niet-ischemische hartaandoeningen te diagnosticeren. Daarnaast beschrijf ik een nieuwe techniek die het mogelijk maakt om de zuurstofwisseling in hartweefsel te meten en een tweede techniek waarmee de architectuur van de bloedvaten is vast te stellen.



Maaike van den Boomen

### Kwantitatieve hart-MRI

Een eerste voorbeeld van een bestaande kwantitatieve MRI-techniek voor het hart is *T1-mapping*. Dit is te gebruiken om fibrose aan te tonen in littekenweefsel na bijvoorbeeld een hartinfarct. Een meta-analyse heeft aangetoond dat deze techniek ook is in te zetten om fibrose aan te tonen in hypertrofische en dilaterende harten, en kan helpen bij het vaststellen van ontstekingen (myocarditis), ijzeraccumulatie door bijvoorbeeld bloedtransfusies, amyloïde opstapeling en andere lysosomale stapelingsziektes in het hartweefsel.

Naast *T1-mapping* is er ook een tweede techniek, genaamd *T2-mapping*. Volgens de meta-analyse is deze techniek voornamelijk te gebruiken om ontstekingen in het hartweefsel vast te stellen die onder andere veroorzaakt kunnen zijn door een hartinfarct, harttransplantatie, sarcoidose, systemische lupus of myocarditis. Daarnaast bleken ook amyloidosis en het veranderen van de hartspier naar een hypertrofische of dilaterende morfologie te resulteren in een verandering in de *T2*-waarden.

Een laatste techniek die is in te zetten voor hartweefselkarakterisering is *T2\*-mapping*. Helaas kan deze laatste techniek alleen duidelijk de veranderingen in het hartweefsel zichtbaar maken als er een acute verandering heeft plaatsgevonden, zoals een hartinfarct, of als er ijzerophoping plaatsvindt na bijvoorbeeld bloedtransfusies.

Uiteindelijk is het grootste nadeel voor elk van deze technieken dat ze gevoelig zijn voor meerdere verschillende weefselveranderingen. Daarnaast worden ze ook

sterk beïnvloed door verschillen in patiënt-specifieke eigenschappen: denk aan leeftijd en geslacht, maar ook het type MRI-scanner en de gebruikte sequentie instellingen. Dit benadrukt het belang om *T1*-, *T2*- en *T2\**-waarden vast te stellen van gezonde vrijwilligers per centrum, en zelfs per scanner, om daarmee een kwantitatieve diagnose te kunnen stellen bij patiënten.

### Specifieke MRI-technieken

Naast de bovengenoemde technieken bestaan er nog vele andere MRI-methodes om de veranderingen van het hartweefsel te onderzoeken. Een voorbeeld van zo'n techniek is dynamische contrastperfusie, die nu nog in een preklinische fase gebruikt wordt om angiogenese vast te stellen door een meetwaarde te geven voor het bloedvatvolume en het lekken van het contrast uit de bloedvaten. Deze techniek heeft in een studie laten zien dat een regeneratieve techniek voor angiogenese kan zorgen in infarctweefsel. Dat gaat weer samen met een afname in fibrose en de heropbouw van spierweefsel. Het vertalen van dit soort preklinische MRI-technieken naar de kliniek kan uiteindelijk helpen om een nauwkeurigere diagnose vast te stellen, doordat de status van het hartweefsel beter is te karakteriseren.

### Hartweefsel in beeld

In een verdere zoektocht naar MRI-technieken om zo vroeg mogelijk veranderingen in het hartweefsel vast te stellen, en liefst nog voordat er onomkeerbare fibrose zichtbaar is, werd al snel duidelijk dat zo'n techniek nog niet bestond. Een van de fysiologische processen voorafgaand aan de fibrose is een vermindering van de zuurstofvoorziening aan het hartweefsel. *T2*- en *T2\**-gebaseerde technieken zijn



beide al eerder gebruikt om de zuurstofvoorziening in het hart door de gevoeligheid voor de paramagnetische eigenschappen van gebonden en ongebonden hemoglobine in het bloed.

Tot nu toe was de grootste limiterende factor voor deze zuurstofgevoelige MRI-technieken in het hart dat er gekozen moest worden tussen óf kwantitatieve waarden óf dynamische acquisities. Door gebruik te maken van een techniek die snel genoeg is om vijf verschillende beelden (met oplopende echotijden) te maken per hartslag kan er een *T2*- en *T2\**-map gemaakt worden per hartslag. Door deze *heartbeat-to-heartbeat mapping* techniek kan de verandering van *T2* en *T2\** worden gemeten over de tijd van een adempauze. Uit het huidige onderzoek is gebleken dat tijdens zo'n adempauze de *T2* en *T2\** hoger worden doordat de toename van *CO2* in het bloed zorgt voor vaatverwijding. ►

Die vaatverwijding betekent een overschot aan zuurstof voor de vitale organen. Dit effect is ook te zien in hersenen.

### Aangetaste zuurstofvoorziening

Nu blijkt dat bij patiënten met hypertensie die T2 en T2\*-waarden in het hart juist niet veranderen tijdens een adempauze. Bij sommige patiënten zien we zelfs een verlaging. Dit laatste lijkt te betekenen dat het zieke hypertensieve hartweefsel in mindere mate reageert op zuurstofvermindering en CO<sub>2</sub>-toename in het bloed dan gezond weefsel. Het toepassen van deze adempauze heeft natuurlijk maar een minimale invloed op de klinische workflow, maar kan veel extra informatie geven over de status van het hartweefsel.

In eerste instantie was deze techniek alleen maar te gebruiken in één plakje van het hart in beeld, maar er is ook werk gemaakt om meerdere delen van het hart in beeld te krijgen door twee plakjes tegelijk in beeld te brengen. Dit gaf ons ook het inzicht dat een adempauze een sterkere verandering geeft aan de bovenkant van het hart vergeleken met het midden. Dit kan natuurlijk te maken hebben met de verdeling van de bloedvaten over het hart, maar het is dus van belang goed rekening te houden met de positionering van de beeldvorming.

### Vasculaire architectuur van het hart

Toen bleek dat de architectuur van de bloedvaten in het hart invloed heeft op de zuurstofverdeling, hebben we de bovenstaande heartbeat-to-heartbeat mapping techniek uitgebreid om die bloedvaten beter in beeld te brengen door beeldvorming te combineren met een injectie van een contrastmiddel. Dit contrast zorgt ervoor dat T2- en T2\*-waarden veranderen, maar dit gebeurt afhankelijk van de aanwezigheid van een arterieel, veneus of capillair netwerk, net op een ander tijdstip. Aangezien de hierboven beschreven techniek beide T2- en T2\*-waarden geeft per hartslag, is dit tijdsverschil gemakkelijk vast te leggen. In de hersenen is deze techniek al vaker gebruikt om de vasculaire architectuur te bepalen. Toen we deze techniek in drie verschillende regio's van het hart vergeleken met histologie, bleek het verschil in dominante bloedvattype, -volume, -doorsneden en -dichtheid overeen te komen. Het zou nu bijvoorbeeld erg interessant zijn om deze techniek te evalueren in her-vascularisatie ingrepen, of bij het bepalen van afwijkingen van microvasculaire angina.

Uiteraard moeten deze laatste twee nieuwe MRI-technieken verder onderzocht worden in verschillende patiëntengroepen om ten eerste de zuurstofverdeling

en ten tweede de vasculaire architectuur het hart te bepalen. Zo is te aan te wijzen waar de precieze klinische toepassing kan liggen. Daarnaast is er al eerder gewerkt aan de optimale ademhalingstechnieken om een sterkere vaatverwijding te stimuleren. Het is aan te bevelen daar verder mee te experimenteren om tot een optimaal MRI-protocol te komen. Uiteindelijk kan het combineren van deze nieuwe informatie met de al bestaande mapping-technieken waardevol zijn om een volledig beeld te krijgen van de status en de karakteristieken van het hartweefsel. ■

Groningen, 6 juli 2020

**dr. Maaïke van den Boomen**

aios Radiologie Rijksuniversiteit Groningen

*Met veel dank aan mijn promotoren:*

Prof. R.A.J.O. Dierckx,  
Rijksuniversiteit Groningen  
Prof. R.H.J.A. Slart,  
Rijksuniversiteit Groningen

*en de copromotoren:*

R.J.H. Borra,  
Rijksuniversiteit Groningen  
N.H.J. Prakken,  
Rijksuniversiteit Groningen

## Ontwerp Daniel den Hoedbrug bekend

**Ontwerpbureau wUrck gaat de Daniel den Hoedbrug ontwerpen. Deze 100 meter lange voetgangersbrug tussen de Coolhaven en het Museumpark wordt genoemd naar de Rotterdamse arts en grondlegger van de radiotherapie Daniel den Hoed (1897-1950). De brug verbindt Little C en Familiehuis Daniel den Hoed met het kankerinstituut in het Erasmus MC.**

De inzending van architectenbureau wUrck sprong eruit vanwege het integrale ontwerp, ranke vormgeving en bescheiden uitstraling. Zo blijft de steeg van Little C open en transparant en is de brug natuur-inclusief ontworpen. Ook is ruimte voor een ode aan Daniel den Hoed Met een stilistisch kunstportret op de pijlerwanden. De brug biedt zicht op de Euromast, hogeschool Rotterdam en de Coolhaven.

Willem den Hoed, voormalig havenarts en de zoon van Daniel den Hoed was betrokken bij de selectie. 'Mijn vader heeft als Rotterdamse arts en grondlegger van de radiotherapie in Nederland veel betekend voor de kankerbestrijding. Ik ben er trots op dat zijn binding met de stad Rotterdam letterlijk tot



Het winnende ontwerp voor de Daniel den Hoedbrug.

uitdrukking komt in dit bouwwerk. Dat houdt het werk van mijn vader levend.'

Ondertussen is in oktober 2020 bij de ingang Zimmermanweg van het Erasmus MC ook een kunstwerk onthuld met de portretten van Daniel en Sytske den Hoed. De portretten hingen ooit bij de ingang van de kliniek 'op Zuid'. Willem den Hoed verrichtte de onthulling, in het bijzijn van de maker van het stuk, Theo Braams. ■

In memoriam

# Joris F.M. Panhuysen

17 januari 1938 – 29 oktober 2020

Op 29 oktober 2020 overleed in zijn woonplaats Maastricht oud-radioloog Joris Panhuysen, enkele dagen voordat de ledenvergadering van de NVvR hem de Erelegpenning van onze vereniging toekende als blijk van waardering voor de vele werkzaamheden die hij voor de vereniging heeft verricht. Een postume toekenning dus.

Joris heeft belangrijke bijdragen geleverd op het gebied van de geschiedenis der radiologie. In 2000 nam hij het beheer van het archief van onze vereniging over van prof. dr. C.B.A.J. Puylaert. Gedurende vele jaren heeft hij het zeer uitgebreide, nog ongeordende deel van dat archief geordend, opgeschoond en gecatalogiseerd. Een monnikenwerk. Alles



lezen, vergelijken, doublures verwijderen, nummeren, etc. Een archief dat de geschiedenis van onze vereniging, en dus ook van de radiologie in Nederland, weerspiegelt over een periode van zo'n honderd jaar. Zijn niet kleine studeerkamer thuis was langdurig tot de nok gevuld met vele archiefordners. Na afronding in 2016 heeft Joris het door hem geordende deel van het archief (1901-2005) overgedragen aan het Nationaal Archief in Den Haag, waar het nu is te raadplegen.

Ook heeft hij bij het eeuwfeest van de radiologie in 1995, samen met dr. A. De Knecht-van Eekelen en prof. dr. G.J.E. Rosenbusch, de redactie gevoerd over het toen verschenen boek *Door het menselijke vleesch heen: 100 jaar radiodiagnostiek in Neder-*

land. Een dergelijk kunststukje heeft hij nog eens herhaald in 2001 bij het 100-jarig bestaan van onze vereniging, door met hetzelfde team, aangevuld met dr. C.J.L.R. Vellenga, het prachtige boek *Van röntgenoloog naar radioloog; 1901-2001* samen te stellen. En daar bleef het niet bij, want ook aan het jubileumboek van zijn opleidingskliniek, *Vijftig jaar radiologie in het UMC St Radboud Nijmegen 1956-2006*, heeft hij een essentiële bijdrage geleverd. Veel van de biografieën in deze boeken heeft hij geschreven. Hij voerde daarvoor zo mogelijk gesprekken met betrokkenen, samen met prof. dr. Rosenbusch, maar moest ook

vaak, bij ontbrekende gegevens, de archieven raadplegen. Die wereld was voor hem niet vreemd. Zijn vader was rijksarchivaris in Limburg.

Wij zijn met z'n allen Joris veel dank verschuldigd voor al die noeste arbeid voor onze vereniging en voor de radiologie.

Joris is opgegroeid in een rooms-katholiek en academisch milieu in Maastricht. Hij was de zesde van negen kinderen. Zijn vader was historicus en rijksarchivaris en zijn moeder was tot na haar pensioen lerares klassieke talen aan de strenge meisjesschool van de Sacré-Coeur in Vaals. Het gezin woonde in huize 'de Torentjes', een Harry Potterachtig landhuis uit de 13e eeuw, gelegen op de oosthelling van de Sint Pietersberg in het Maastrichtse stadsdeel Sint-Pieter. Momenteel het woonhuis van de Maastrichtse musicus André Rieu. Het huis had veel kamers, gangetjes en spelonken, meestal bekleed met hoge bruine lambriseringen. Ieder kind had er zijn of haar eigen kamer, met ►





soms ook nog een studeerkamer. Het was er ongetwijfeld spannend toeven.

Er was thuis veel discussie en debat, waarbij gelijk krijgen soms belangrijker was dan gelijk hebben. Ook bij Joris. Studeren werd aangemoedigd en de meeste kinderen gingen na het gymnasium naar Utrecht om rechten, filosofie, psychologie of, zoals onder andere Joris, geneeskunde te studeren.

Na zijn artsexamen in 1965 werd hij in Nijmegen opgeleid tot radioloog (1966-1972) waarna hij zich in Geleen vestigde. In 1993 fuseerden de maatschappen radiologie van Geleen en Sittard, waarna Joris zijn werkzaamheden in Sittard voortzette. In 2000 ging hij met pensioen. Zijn belangstelling ging vooral uit naar mammografie en het screenen op borstkanker. Na zijn verhuizing naar Maastricht was hij tot 2006 nog zeer actief in het screeningsprogramma op borstkanker in Zuid-Limburg. Maar de tijd na zijn pensioen nam hij ook te baat om in Europa samen met de andere leden van de historische commissie belangrijke plaatsen in geschiedenis van de radiologie te bezoeken en daarvan verslag te doen.

Joris vervulde verschillende bestuurlijke functies. Zo was hij onder meer, als lid van de PvdA, lid van de Provinciale Staten van Limburg (1977-1981) en

voorzitter van de vaste Statencommissie cultuur en onderwijs. Tevens was hij als zodanig lid van de Provinciale Raad voor de Volksgezondheid. Later veranderde hij van politieke kleur en werd lid van D66. Gedurende vele jaren was hij vicevoorzitter van het Limburgs Symfonie Orkest en tot 2000 secretaris van het Nederlands Specialisten Genootschap. Binnen de NVvR was hij lid van de in 1995 opgerichte historische commissie.

In zijn jeugd mocht Joris als hulpkoster en koorleider in de nabijgelegen kerk Sint-Pieter op de Berg de klokken luiden. Waarschijnlijk stamt al uit die tijd zijn liefde voor klassieke muziek. Die liefde heeft hij gedurende zijn leven verder ontwikkeld. Hij bezocht met zijn echtgenote Geeske vele concerten in binnen- en buitenland. Ook waren zij fervente toneelbezoekers en wandelaars. In dat wandelen was hij in zijn jonge jaren niet te verslaan. Met onder meer zijn zoon maakte hij wandeltochten van honderd kilometer per dag en meer. In Nederland, maar vooral in de Ardennen.

Gedurende zijn ziekte, de laatste jaren, bleef hij onvoorstelbaar positief, hoewel zijn mogelijkheid tot wandelen, reizen en theaters te bezoeken fors ingeperkt was. De laatste weken voor zijn dood was hij zielsgelukkig dat zijn

beide in het buitenland wonende kinderen thuis bij hem waren in het prachtige appartement waarnaar hij met Geeske net verhuisd was.

De uitreiking van de Erelegpenning heeft Joris niet meer mogen meemaken. Moge deze grote blijk van waardering een bron van troost zijn voor zijn familie.

**Jos van Engelshoven**  
**Gerd Rosenbusch**  
**Kees Simon**  
**Kees Vellenga**  
**Frans Zonneveld**

*In verband met de uitzonderlijke omstandigheden zal de laudatie op een nader te bepalen datum in kleine kring in Maastricht plaatsvinden.*



# RADIOLOGENDAGEN

# BACK TO THE FUTURE

**15 MAART 2021**  
INSCHRIJVING GEOPEND

**20·21** GOOILAND  
**MEI** HILVERSUM  
**2021** ***ONLINE***

In dit lustrumjaar vinden de Radiologendagen online plaats, met als thema "Back to the Future". We kijken met aandacht terug naar het verleden, maar we kijken vooral met elkaar naar de toekomst!  
Met interessante sprekers, Refresher Courses en ...

De  
Librije

Restaurant De Librije organiseert een digitale proeverij; exclusief voor de Radiologen samengesteld en bij deelname bij u thuis bezorgd.  
Proeft u mee?



In deze 45 minuten durende online escape room, gaat u op zoek naar de verborgen radiologische schat.  
Durft u dit avontuur aan?

Voor het programma en achtergrondinformatie  
bezoek de website [www.radiologen.nl](http://www.radiologen.nl)



## Winklermedaille voor MR CLEAN-radiologen

**Het MR CLEAN-onderzoek, naar een ‘dotter’-behandeling voor patiënten met een herseninfarct, is in december beloond met de prestigieuze gouden Winklermedaille van de Nederlandse Vereniging voor Neurologie.**

De winnaars van de Winklermedaille zijn neuroradioloog Charles Majoie en neuroloog Yvo Roos van Amsterdam UMC, interventieradioloog Wim van Zwam en neuroloog Robert van Oostenbrugge van het MUMC+ en neuroloog Aad van der Lugt en neuroloog Diederik Dippel van het Erasmus MC. Zij staan aan de wieg van de ingreep waarbij de arts via een prik in de lies een dunne katheter in een slagader inbrengt bij de patiënt. De katheter wordt opgeschoven tot in het afgesloten bloedvat in de hersenen. Vervolgens is het bloedstolsel via de katheter te verwijderen uit het lichaam.

### Beter functioneren

Patiënten hebben door deze nieuwe methode minder hersen-

schade en minder neurologische klachten. Maar het allerbelangrijkste aspect is dat het dagelijks functioneren beter gaat. De nieuwe ingreep is inmiddels de standaardaanpak. De MR CLEAN-studie, dat staat voor Multicenter Randomized Clinical Trial of Endovascular Treatment for Acute Ischemic Stroke in the Netherlands, is mogelijk gemaakt door de Hartstichting en uitgevoerd in 19 Nederlandse ziekenhuizen. Het Erasmus MC, Amsterdam UMC en het Maastricht UMC+ coördineerden het onderzoek.

### Winklermedaille

De Winklermedaille is een gouden gedenkpenning die is ingesteld ter nagedachtenis aan dr. Cornelis Winkler (1855-1941), hoogleraar psychiatrie en neurologie en autoriteit op het gebied van de neurologie en van de hersenanatomie in Nederland. De wetenschapsprijs wordt iedere vijf jaar uitgereikt aan de Nederlander die zich in de vijf jaar voorafgaand aan de uitreiking de meest verdienstelijke bijdrage heeft geleverd op het gebied van de neurologische wetenschap. Het bijzondere is dat de prijs deze keer aan een zemschap is uitgereikt. ■

## Tante Bep

Wie werkt waar? Blijf up-to-date van de banencarrousel dankzij tante Bep, in samenwerking met het bureau van de NVvR.



**Fahim Azizi**  
van Isala Zwolle  
naar Elisabeth-  
TweeSteden Ziekenhuis  
locatie EZT,  
per 1 september 2020



**Flip Bernink**  
van OLVG Amsterdam  
naar Groene Hart  
Ziekenhuis in Tiel,  
per 1 december 2020



**Maarten Otten**  
van UMC Utrecht  
naar Meander Medisch  
Centrum in Amersfoort,  
per 1 januari 2021



**Melanie Monraats**  
van Reinier de Graaf  
Ziekenhuis in Delft  
naar Antoni van  
Leeuwenhoek Zieken-  
huis/NKI in Amsterdam,  
per 5 oktober 2020



**Paul Cernohorsky**  
Van OLVG locatie Oost  
in Amsterdam  
naar Ziekenhuis Rijnstate  
in Arnhem,  
per 1 januari 2021



**Paul Akkermans**  
van fellow in VUmc  
in Amsterdam  
naar interventieradioloog  
bij het Medisch Spectrum  
Twente, MRON Enschede,  
per 1 maart 2021



**Arthur Adams**  
Van UMC Utecht  
naar Groene Hart  
Ziekenhuis,  
per 1 november 2020



**Eef Hendriks**  
van fellow neuroradiologie  
Amsterdam UMC naar  
fellow interventie neurora-  
diologie Toronto Western  
Hospital,  
per 1 januari 2021



**Jeroen Markenstein**  
van fellow neuroradiologie  
in UMC Amsterdam,  
locatie AMC,  
naar AZ Turnhout (België),  
per 1 maart 2021

**Ook in tante Bep?** Baanverandering op komst? Of een (nieuwe) collega opgeven voor deze rubriek? Mail dan naam, informatie en een foto in hoge resolutie (minimaal 500 kb) naar [memorad@radiologen.nl](mailto:memorad@radiologen.nl).

# Jaarkalender NVvR 2021

(onder voorbehoud van wijzigingen)

## Algemene vergadering

(op donderdag tijdens SWC)  
17 juni

## Bestuursvergaderingen

12 april (met sectieoverleg)  
10 mei  
14 juni (en bestuurlijk overleg NVNG-NVvR)  
5 juli

## Sandwichcursussen

15-18 juni Hoofd-Hals en Acute Radiologie  
9-12 november Cardiovasculaire en Thoraxradiologie

## Radiologedagen

20 en 21 mei – Gooiland Hilversum

## Concilium Radiologicum en PVC

27 mei en 10 juni

## CvB-vergadering

2 juni en 22 september

## Commissie Deelcertificering

14 april, 12 mei en 9 juni

## Commissie Expertise

19 april, 7 juni en 2 augustus

## Commissie Kwaliteit

22 april en 23 juni

## Commissie Kwaliteitsvisiting

21 april, 12 mei en 17 juni

## Commissie Onderwijs

7 april

## Commissie Wetenschap

12 april en 5 juni

## Voortgangstoets (VGT) voorjaar

1 april (onder voorbehoud)

## Sluitingsdata inleveren kopij MemoRad

23 april (verschijnt 25 juni)

Kijk voor de meest actuele versie op  
[www.radiologen.nl/nvvr/jaarkalender](http://www.radiologen.nl/nvvr/jaarkalender)

# Congressen & Cursussen

In verband met de dynamische ontwikkelingen rondom covid-19, verandert het aanbod vaak qua datum en vorm. Daarom vindt het u het meest actuele overzicht van alle congressen en cursussen op het gebied van radiologie in Nederland en Europa via GAIA en op de Holland Radiology Page. Hier vindt u ook verwijzingen naar het aanbod van de ESR, ARRS, ACR en de RSNA.

# Colofon

Jaargang 26, nummer 1, maart 2021

## UITGAVE

MemoRad is een uitgave van de Nederlandse Vereniging voor Radiologie en verschijnt viermaal per jaar in een oplage van 2.150 exemplaren. Alle leden van de vereniging alsmede aan een selecte groep geïnteresseerden. MemoRad staat onder redactionele verantwoordelijkheid van de secretaris van de NVvR.

## REDACTIE MEMORAD

Dr. P.R. Algra, Alkmaar  
Drs. A. Bruining, Amsterdam  
N. van Esschoten, Brummen (eindredacteur)  
Prof. dr. J. Fütterer, Nijmegen & Enschede  
Dr. M.M. van Heeswijk, Utrecht (nms Juniorsectie)  
Dr. M. Huisman, Utrecht  
Dr. W. van Lankeren, Rotterdam (nms bestuur NVvR)  
Drs. I. Oulad Abdennabi, Amsterdam (voorzitter)  
Drs. J. Schipper, 's-Gravenhage  
Dr. A. van Straaten, Amstelveen  
Dr. N. Tolboom, nucleair geneeskundige, Utrecht  
Dr. C.J.L.R. Vellenga, Almelo  
Dr. J.C. Vroemen (secretaris)  
Dr. D. Yakar, Groningen

## REDACTIE EN BUREAU VAN DE NVvR

Nederlandse Vereniging voor Radiologie  
Mercatorlaan 1200 – 3528 BL Utrecht  
Telefoon (088) 110 25 25  
E-mail [memorad@radiologen.nl](mailto:memorad@radiologen.nl) of [nvvr@radiologen.nl](mailto:nvvr@radiologen.nl)  
Web [www.radiologen.nl](http://www.radiologen.nl)

## ADVERTENTIETARIEVEN

Op aanvraag bij de NVvR, [nvvr@radiologen.nl](mailto:nvvr@radiologen.nl)

## VORMGEVING

Nic. Ammerlaan bno, grafisch ontwerper, Bussum

## DRUK

VdR druk & print, Nijkerk

© 2021 Nederlandse Vereniging voor Radiologie  
ISSN 1384-5462

Niets uit deze uitgave mag geheel of gedeeltelijk worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de uitgever en de makers van het werk.

MemoRad is niet aansprakelijk voor eventuele onjuistheden in deze uitgave. MemoRad is niet verantwoordelijk voor handelingen van derden welke mogelijk voortvloeien uit het lezen van deze uitgave.

De redactie is niet verantwoordelijk voor de inhoud van cartoons, columns en advertenties. De uitspraken van auteurs en geïnterviewden in artikelen in deze uitgave weerspiegelen niet noodzakelijkerwijs het standpunt van de redactie. De redactie is niet aansprakelijk voor de inhoud van onder auteursnaam opgenomen artikelen en van de advertenties. De redactie behoudt zich het recht voor ingezonden materiaal zonder kennisgeving vooraf geheel of gedeeltelijk te publiceren. De redactie heeft gepoogd alle rechthebbenden op teksten en beeld te achterhalen. In gevallen waarin dit niet is gelukt, vragen wij u contact op te nemen via [memorad@radiologen.nl](mailto:memorad@radiologen.nl).

# Versnelde verandering in de workflow: Wat vindt de radioloog van thuiswerken?



Thuiswerken was één van de eerste aanbevelingen om blootstelling aan Covid-19 te verminderen. Daarom werden in hoog tempo thuiswerkplekken gecreëerd. Ondanks de overhaaste opzet bleven radiologie-afdelingen hierdoor op afstand functioneel, en rapporteerden zij zelfs een verhoogde productiviteit. Voor sommige ziekenhuizen was de pandemie een 'wake-up call' om radiologen te faciliteren om méér vanuit thuis te werken.

**Dr. Alexander Scholtens, radioloog Tergooi** legt uit waarom de vraag naar verslaglegging op afstand waarschijnlijk zal toenemen en dat het van belang is dat AI oplossingen goed geïntegreerd zijn in de (nieuwe) radiologie workflow.

## Thuiswerken tijdens COVID-19

*"Thuiswerken is niet alleen een kwestie van **comfort en flexibiliteit**, het is ook een oplossing voor **veiligheid en continuïteit van zorg**. De radioloog hoeft niet naar het ziekenhuis en loopt zo niet het risico in contact te komen met het virus. Radiologen die in quarantaine worden geplaatst, kunnen op deze manier nog steeds actief zijn. Zelfs als zij positief testen maar geen klachten ontwikkelen kunnen zij deel blijven uitmaken van het team en vanuit huis scans blijven verslaan."*

## De uitdagingen van thuiswerken voor een radioloog

*"Een grote uitdaging is de **investering**: al die extra werkplekken voorzien van de juiste apparatuur. Dit is duur. Bovendien hebben alle radiologen een sterke, betrouwbare en beveiligde internetverbinding nodig. Tot slot, van cruciaal belang, moet de IT-afdeling van het ziekenhuis de werkplek ondersteunen en kunnen helpen als er problemen zijn."*

## AI-integratie cruciaal voor de thuiswerkplek

*"Geïntegreerde AI-oplossingen verbeteren de workflow van de radioloog. Bijvoorbeeld, door middel van de automatische gegenereerde gegevens van onze AI-longnodule oplossing **Veye Chest** kan ik de scans soms sneller verslaan, soms beter, en soms allebei. Het bespaart mij tijd bij het meten van een nodule of bij het vergelijken van noduli, omdat de gegevens onmiddellijk aan mij worden gepresenteerd. AI workflow integratie is dus cruciaal voor het effectief verslaan van CT scans op afstand."*

## Een 'call to action'

*"De uitdagingen die horen bij de implementatie mogen ons niet weerhouden om op afstand te werken. Thuiswerken **komt ons allemaal ten goede**: patiënten, radiologen en het ziekenhuis."*

Scan de QR code om een demonstratie van Veye Chest in te plannen:

