



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Deep-learning-based image segmentation for uncommon ischemic stroke

*From infants to adults*

Zoetmulder, R.

#### Publication date

2023

[Link to publication](#)

#### Citation for published version (APA):

Zoetmulder, R. (2023). *Deep-learning-based image segmentation for uncommon ischemic stroke: From infants to adults*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

#### General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

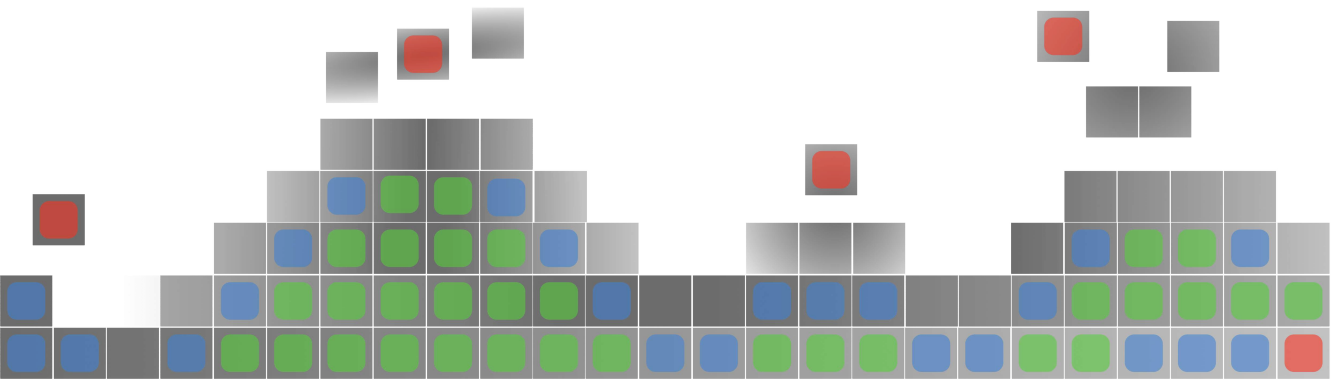
#### Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.



# Chapter 8

## Nederlandse Samenvatting



## Nederlandse Samenvatting

Het ontwikkelen van op deep learning gebaseerde algoritmen die accuraat structuren in scans kunnen segmenteren die relevant zijn voor de behandeling of de evaluatie van de uitkomst van ongebruikelijke beroerten is een moeilijke taak. Deze moeilijkheid komt door de aanwezigheid van artefacten in scans, de kleine hoeveelheid data die beschikbaar is voor het trainen van neurale netwerken en het kleine volume van de te segmenteren structuren. Daarom was het doel van deze these om op deep learning gebaseerde algoritmen voor het automatisch segmenteren van beelden van ongebruikelijke subtypen van beroerten te onderzoeken, ontwikkelen en evalueren.

Deep transfer learning is een methode waarmee informatie die geleerd is door een diep neurale netwerk op een probleem kan worden hergebruikt om de prestaties te verbeteren op een ander probleem. Het wordt vaak gebruikt om het trainen van neurale netwerken te verbeteren wanneer er weinig data beschikbaar is. In een transfer learning scenario, wordt een neurale netwerk dat is voor-getraind op een oorsprongstaak en domein hergebruikt voor een doeltaak en doeldomein. Dit hergebruiken gebeurt doormiddel van het her-caliberen van het netwerk of door het toepassen van het netwerk om kenmerken te extraheren van de data uit het doeldomein met mogelijkerwijs een andere doeltaak. In hoofdstuk 2 hebben we het effect van het voor-trainen geëvalueerd op accuratesse van de segmentatie doeltaken, wanneer er verschillende oorsprongs-domeinen en taken werden gebruikt. Convolutionele neurale netwerken werden voor-getraind op drie verschillende oorsprongs-taken; segmentatie, classificatie en auto-encoding. Het oorsprongsdomein dat werd gebruikt was hetzelfde als die van de doeltaak (T1-gewogen MRI scans) of het verschild van die van de doeltaak (natuurlijke beelden). De voor-getrainde convolutionele neurale netwerken werden hergecalibreerd en hun prestaties geëvalueerd op drie segmentatie doeltaken: Laesies veroorzaakt door multipole sclerose, laesies veroorzaakt door een beroerte en hersenweefseltype segmentatie. Onze resultaten lieten zien dat voor-trainen op een segmentatie oorsprongstaak op hetzelfde domain resulteerde in een grotere verbetering in de spatiële overeenstemming door transfer learning dan andere

combinaties van oorsprongstaken en oorsprongsdomeinen. Het voor-trainen op een vergelijkbare taak en domein resulteerde zelfs in een grotere verbetering van de spatiële overeenstemming op twee van de drie segmentatie doeltaken wanneer het werd vergeleken met voor-trainen op de ImageNet dataset [264], een dataset die bestaat uit data van ander domein met een andere taak. Dit was ondanks dat de ImageNet dataset uit tien keer meer data bestond. Onze resultaten hebben echter ook laten zien dat de keuze van de oorsprongstaak en het oorsprongsdomein een inconsistente effect heeft op laesie detectie accuratesse door multiple sclerose of beroerten. Op basis van deze studie kunnen we aanbevelen dat het voor-trainen op medische segmentatie doeltaken gedaan zou moeten worden op een vergelijkbare oorsprongstaak en domein wanneer de spatiële overeenstemming de meest relevante maatstaf is.

Het uiteindelijke volume van de laesie op vervolg NCCT is een gebruikelijke surrogaat uitkomstmaat na een beroerte in de anterieure circulatie. Doordat data van patiënten met een beroerte in de posterieure circulatie schaars is, is het uiteindelijke volume van de laesie van dit ziektebeeld onderbestudeerd als surrogaat uitkomstmaat. Om de handmatige annotatie last van het segmenteren van laesies door een beroerte in de posterieure circulatie te verminderen, hebben we in hoofdstuk 3 een algoritme ontwikkeld dat doormiddel van deep transfer learning automatisch laesies segmenteert die ontstaan zijn door een beroerte. Het model dat deep transfer learning gebruikte, was voor-getraind op segmentaties van infarct laesies die door een beroerte in de anterieure circulatie waren ontstaan. We vergeleken het model dat deep transfer learning gebruikte met drie modellen die met andere data waren getraind: Het eerste model was getraind enkel op data van patiënten met een beroerte in de anterieure circulatie. Het tweede model was enkel getraind op data van patiënten met een beroerte in de posterieure circulatie. Het derde model was getraind op data van patiënten met een beroerte in ofwel de posterieure circulatie ofwel de anterieure circulatie. Het model dat deep transfer learning gebruikte behaalde een grotere volumetrische en spatiële overeenstemming tussen de automatische en handmatige laesie segmentaties dan de andere modellen. Bovendien verbeterde het model dat deep transfer learning gebruikte ook de laesie detectie ten opzicht van de andere modellen.

De ontwikkelde methode faciliteert verder onderzoek in het gebruik van het uiteindelijke laesie volume na een beroerte in de posterieure circulatie als surrogaat uitkomstmaat.

Op segmentatie gebaseerde thrombus beeld eigenschappen zijn geassocieerd met de uitkomsten van de behandeling van een beroerte. Handmatige annotatie van thrombi kan het bestuderen van deze associaties limiteren. Om deze reden hebben we in hoofdstuk 4 een methode ontwikkeld die thrombi die een beroerte in de posterieure circulatie veroorzaken automatisch lokaliseert en segmenteert. Segmentatie methoden voor thrombi in de posterieure circulatie, die niet worden beperkt tot een bepaalde regio in de hersenen, segmenteren een groot aantal vals positieve thrombi. We hebben laten zien dat onze methode, welke zichzelf limiteerde tot het gebied rondom de hersenstam, de prestaties verbeterde ten opzichte van een standaard U-Net. Onze methode kan worden gebruikt om de manuele annotatie last te verminderen welke nodig is om de associatie tussen op segmentatie gebaseerde thrombus beeld karakteristieken en verschillende uitkomstmaten te bestuderen.

Het volume van het hersenweefsel en de ischemische laesie per hemisfeer kan worden gebruikt om de effectiviteit van de behandeling van patiënten die leiden aan een perinatale arteriële ischemische beroerte te evalueren. Om deze reden hebben we in hoofdstuk 5 twee exemplaren van een convolutioneel neuraal netwerk ontwikkeld om witte stof, grijze stof, liquor, de hersenstam, het cerebellum, de basale ganglia en thalami, de ventrikelen en de ischemische laesie te segmenteren in de basislijn- en vervolgs-scans van patiënten die leiden aan een perinatale arteriële ischemische beroerte. Een van de netwerk exemplaren segmenteerde automatisch de scans die verkregen waren tijdens de basislijn en het andere exemplare segmenteerde automatisch de vervolgs-scans. Onze netwerk exemplaren bereikten een vergelijkbare spatiële overeenstemming en uitlijning met methoden die in gerelateerd onderzoek werden ontwikkeld voor hersenweefsel segmentatie in scans van gezonde hersenen en ischemische laesie segmentatie in scans van volwassen patiënten die aan een acute ischemische beroerte leden.

Twee problemen traden vaak op in de segmentaties die werden gecreëerd door onze netwerk exemplaren. Allereerst, waren er vals positieve segmentaties die buiten en niet verbonden aan de hersenen waren. Deze vals positieven werden verwijderd door de segmentatie map in twee klassen te scheiden: een klasse die bestond uit alleen achtergrond voxels en een klasse die bestond uit al het hersenweefsel en de ischemische laesie samengevoegd. Vervolgens, werd er een verbonden componenten analyse gedaan en werd alleen het weefsel en de ischemische laesie gehouden die volledig binnen de grootste verbonden component viel. Als tweede waren er gedeelten van de hemisfeer segmentaties waarin het hersenweefsel en de ischemische laesie correct waren geklassificeerd, maar niet de hemisfeer. Dit werd gecorrigeerd door middel van morfologisch sluiten. Onze netwerk exemplaren bereikten een vergelijkbare spatiële overeenstemming en uitlijning met methoden voor hersenweefsel segmentatie in scans van gezonde hersenen en ischemische laesie segmentatie in scans van volwassen patienten die aan een acute ischemische beroerte leden.

## Bibliography

- [264] O. Russakovsky, J. Deng, H. Su, J. Krause, S. Satheesh, S. Ma, Z. Huang, A. Karpathy, A. Khosla, M. Bernstein, A. C. Berg, and L. Fei-Fei. ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. *International Journal of Computer Vision*, 115(3):211–252, 9 2014.