



University of Twente, Enschede Friday, 22 April 2022

Focus session 'Deep learning for health'

(An explanation in Dutch follows the abstracts)

Program:

- Nico van den Berg (UMCU): Learning by data is revolutionizing medical imaging
- Marleen de Bruijne (Erasmus MC & University of Copenhagen): Learning with less: weak labels and small datasets in medical imaging
- Christoph Brune (UT): Physics-Informed Deep Learning for Inverse Problems in Imaging
- Hervé Delingette (INRIA): Some Strategies to cope with the cost of annotations in Medical Image Analysis.

Session leader: Guillaume Lajoinie (UT)

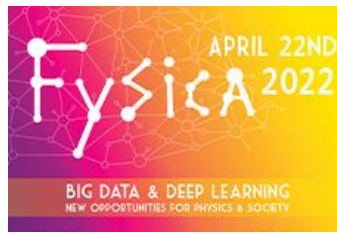
Abstracts:

Nico van den Berg (UMCU): Learning by data is revolutionizing medical imaging

Learning by data is revolutionizing medical imaging. In particular deep learning has seen a large adoption in the recent years fed by the availability of large data sets and computational resources. Deep learning finds applications over the imaging workflow from image reconstruction to the final use of the images by automating manual steps. In this process the challenge is to find out an optimal balance between retaining the physics and relying on data driven approaches. In this talk I will demonstrate some recent methodologies and applications developed in our lab on MRI diagnostics and MRI guided therapies.

Marleen de Bruijne (Erasmus MC & University of Copenhagen): Learning with less: weak labels and small datasets in medical imaging

Machine learning approaches, and especially deep neural networks, have had tremendous success in medical imaging in the past few years. Automated, quantitative image analysis with convolutional neural networks is now in many cases as accurate as the assessment of an expert observer. Machine learning however requires training datasets that are representative of the target data to analyze, cover the range of variation that will be observed in the target data, and are carefully labelled, often with time-consuming manual annotation strategies that require input from clinical experts. This hampers the adoption of these techniques in practice. In this talk, we will discuss various approaches to make machine learning techniques work in real life situations, where training data is limited, data is highly heterogeneous, annotations are difficult to obtain, available annotations may be wrong, and training



data may not be representative for the target data to analyze. I will present examples in neuroimaging, pulmonary imaging, and vascular imaging applications.

Christoph Brune (UU): Physics-Informed Deep Learning for Inverse Problems in Imaging

In state-of-the-art imaging science the combination of model-driven and data-driven approaches to biomedical imaging is a very apparent paradigm for innovation getting the best from both worlds. In this talk I will discuss physics-informed image reconstruction and analysis methods which have both a model-driven (physics-informed, mathematical modelling) and a data-driven (deep learning) component. Mathematical modelling is useful in the presence of prior information about the physical imaging system, the imaging data and relevant biomarkers, for narrowing down the search space, for highly generalizable image analysis methods, and for guaranteeing desirable properties of image analysis solutions. Deep learning on the other hand is a powerful tool for customizing image analysis methods to individual data sets. Their combination is the topic of this talk, furnished with examples for inverse problems in imaging including super resolution ultrasound imaging, photo-acoustic image reconstruction and physics-informed fluid reconstruction problems.

Hervé Delingette (INRIA): Some Strategies to cope with the cost of annotations in Medical Image Analysis

Image annotations such as image labels or organ delineations are required to train supervised learning algorithms to solve various tasks in medical image analysis but also to evaluate their performance. Producing high quality annotations is very time consuming especially when dealing with volumetric images. Furthermore, inter-rater variability when producing those annotations has to be taken into account to reflect the complexity of the tasks. In this lecture, I will present some strategies related to data and models to cope with the cost of annotations. A first set of approaches are data-centric and aim to keep only high quality annotations and to precisely measure the agreement or disagreement between the raters. A second set of methods focused on machine learning models try to minimize the amount of required strong annotations for instance through the use of semi-supervised or mixed-supervised techniques.



Deep learning for health

Historisch gezien zijn de ontwikkelingen in de medische beeldvorming altijd nauw verbonden geweest met de moderne natuurkunde. Zo leunt echografie op het begrip van de wisselwerking tussen ultrageluid en materie, computed tomography (CT) op dat van de wisselwerking tussen elektromagnetisme en materie, en magnetic resonance imaging (MRI) op dat van kernspinresonantie. Alle beeldvormende technieken werden verder ontwikkeld en verbeterd naarmate de kennis over de onderliggende natuurkunde toenam, bijvoorbeeld met contrastmiddelen voor röntgenstraling en niet-lineaire belvibraties voor contrastechografie. Na het fysische signaalvormingsproces wordt een afbeelding gereconstrueerd met behulp van standaardalgoritmes en wordt de klinische diagnose door een specialist gesteld, die jarenlange training heeft doorlopen om patronen in de afbeeldingen te herkennen en te interpreteren.

In de laatste jaren ondergaat de geneeskunde wereldwijd een nieuwe wetenschappelijke revolutie. De gezondheidszorg staat namelijk aan het begin van een drastische transitie waarbij standaardmethodes worden vervangen door een preciezere en een meer gepersonaliseerde diagnostiek. Hierbij verschuift de focus van therapie naar vroeg-detectie, in een inspanning om kwalitatief betere zorg te bieden tegen lagere kosten. Tijdens deze transformatie is deep learning op natuurlijke wijze doorgedrongen tot de klinische workflow. Dit biedt de clinicus nieuwe handvatten om beter en sneller een betrouwbaardere diagnose te stellen. De vraag dringt zich nu op: wat is het raakvlak en het samenspel tussen de natuurwetenschap en de informatica? In andere woorden, hoe kunnen we onze natuurkundige kennis integreren met die van deep learning? En vice versa, hoe kan deep learning gebruikt worden om fysisch relevante informatie te verkrijgen en wat betekent dit voor medische beeldvorming?

De sessie 'Deep learning for health' tijdens FYSICA 2022 geeft van een overzicht van de huidige ontwikkelingen alsook op ideeën om deze uitdagingen in de nabije toekomst aan te gaan. Hiertoe komen vooraanstaande wetenschappers met expertise in klinische deep learning bijeen die zowel in medische centra als bij technische universiteiten werkzaam zijn. Nico van den Berg, hoofd van de Computational Imaging Group for MR Therapy and Diagnostics in het Universitair Medisch Centrum Utrecht, heeft een unieke MRI-expertise ontwikkeld: hij past een natuurkundige benadering van deep learning toe om meer informatie uit een MRI-scan te halen en tegelijkertijd de scantijd en belasting voor de patiënt te verminderen. Marleen de Bruijne is hoogleraar AI in Medical Image Analysis aan het Erasmus MC en de Universiteit van Kopenhagen. Ze richt zich op kunstmatige intelligentie voor kwantitatieve analyse van medische afbeeldingen en computerondersteunde diagnostiek (computer-aided diagnosis), met beeldvormingstoepassingen voor de longen, de hersenen en de bloedsomloop. Christoph Brune is hoofd van de Mathematics of Imaging & AI group aan de Universiteit Twente en lid van het 4TU Precision Medicine consortium. Hij heeft een speciale interesse in het doorgronden van de onderliggende principes van diepe neurale netwerken en de toepassing van deze netwerken bij het oplossen van wiskundige en natuurkundige inversievraagstukken die zich voordoen in medische beeldvorming. Hervé



Delingette is werkzaam aan het Franse INRIA (Nationaal Onderzoeksinstituut voor Informatica en Automatisering) en is daar onderzoeksdirecteur van het team Epione. Hij gebruikt diepe neurale netwerken om medische afbeeldingen te segmenteren en te analyseren om daaruit voorspellende fysiologische modellen te ontwikkelen van zowel gezonde als zieke organen. Samen zullen deze vooraanstaande wetenschappers de verschillende aspecten van deep learning voor medische beeldvorming toelichten en een blik werpen op toekomstige uitdagingen.

Organisatoren sessie:

Guillaume Lajoinie is universitair docent op het gebied van medisch ultrageluid in de Physics of Fluids-groep aan de Universiteit Twente en lid van het 4TU-consortium voor precisemedicijnen.

Nathan Blanken is promovendus aan de Universiteit Twente, waar hij met Guillaume Lajoinie en Michel Versluis werkt aan ultrasound imaging en deep learning.