



**Universiteit  
Leiden**  
The Netherlands

## **Multi-dimensional feature and data mining**

Georgiou, T.

### **Citation**

Georgiou, T. (2021, September 29). *Multi-dimensional feature and data mining*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3214119>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3214119>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

# Samenvatting

In dit proefschrift onderzoeken we machine- en deep learning-technieken, in het bijzonder technieken die opereren in hoog dimensionale probleemgebieden of die de prestaties op bekende problemen verbeteren. In hoog dimensionale probleemgebieden hebben we ons gericht op computationele vloeistofdynamica-simulaties. Deze simulaties kunnen complexe en omvangrijke resultaten produceren die de fysieke eigenschappen van vloeistoffen en gassen in verschillende domeinen nauwkeurig beschrijven. Daardoor worden ze vaak gebruikt voor het bestuderen van de effecten van stromingspatronen en ontwerpkeuzes op veel technische ontwerpen, zoals de vorm van vleugels, auto's en motoren. Vanwege het hoog dimensionale aspect van de data is het moeilijk om belangrijke doelen te modelleren, zoals het optimaliseren van lift- en sleepkrachten. De hoofdvraag van deze thesis luidt: Kunnen we geautomatiseerde benaderingen ontwikkelen die deze informatie nauwkeurig abstraheren? We pakken deze problemen aan door een nauw verwant veld, 3D-computer vision te bestuderen, en de benaderingen aan te passen naar het specifieke probleemdomein. Geïnspireerd door dit probleemtype stellen we bovendien nieuwe, deep learning-technieken voor die ook worden toegepast op traditionele computer vision.

Het eerste deel van dit proefschrift richt zich op het begrijpen hoe computer vision omgaat met data van een hogere dimensionaliteit dan het traditionele 2D-beeld. We identificeren verschillende categorieën benaderingen en generalisatie van methoden van 2D naar hogere dimensies. We onderscheiden twee hoofdtypen generalisatie, (i) generalisatie naar hogere fysieke dimensies en (ii) generalisatie naar meer informatie per fysiek punt (i.e., toenemend aantal modaliteiten). Omdat de benchmarks en datasets de belangrijkste componenten zijn die de onderzoeksvragen

en voorgestelde benaderingen aansturen, nemen we ook een categorisering van de beschikbare grootschalige dataset en benchmarks op. Het tweede deel van dit proefschrift richt zich op het aanpassen van computer vision benaderingen aan de uitvoer van de computationele vloeistofdynamica-simulatie. We combineren CNN's en auto-encoders om dit te representeren en om model-gebaseerde voorspellingen te maken, geconditioneerd op de uitvoer van de simulatie. Bovendien wordt de meer traditionele 'feature engineering' methode ook getest en vergeleken met de eerder genoemde deep learning-technieken. We stellen twee verschillende grootschalige datasets van computationele vloeistofdynamica-simulaties uitvoer voor, namelijk een 3D-simulatie domein van de lucht rond passagiersvoertuigen in een virtuele windtunnel en een 2D-simulatie domein van de lucht rond draagvlakken. Die worden gebruikt voor het trainen van modellen en het benchmarken van hun prestaties. Onderbouwd door uitgebreide experimenten concluderen we dat deep learning en traditionele benaderingen verschillende sterke en zwakke punten hebben en dat dus, afhankelijk van de toepassing, een andere benadering gunstig kan zijn. Bovendien concludeerden we dat, voor generalisatie doeleinden, deep learning-technieken beter presteren dan de handgemaakte, op functies gebaseerde benaderingen. Ten slotte, een algemene trend in de meeste computer vision-applicaties is dat handgemaakte functies aanvullende informatie kunnen bieden aan de deep learning-technieken. Daardoor zou een combinatie van beide modellen betere prestaties opleveren dan elk van de afzonderlijke onderdelen. Een vergelijkbare aanpak wordt als veelbelovend beschouwd en wordt overgelaten aan toekomstig werk.

In het derde en laatste deel van het proefschrift, dat is geïnspireerd op snelheidsvector van de computationele vloeistofdynamica-simulatie, wordt een nieuwe benadering voorgesteld die zich richt op vectorvelden en wordt gegeneraliseerd naar traditionele computer vision om rotatie-invariante en equivariante deep learning-modellen. Deze benaderingen worden standaard getest in de veld benchmarks, d.w.z. de MNIST-rot en een voertuig oriëntatie benchmark. Ten slotte wordt een benadering voor gewichtsregularisatie gedefinieerd en getest op de standaard computer vision grootschalige benchmarks en modellen voor beeldclassificatie, d.w.z. CIFAR-10, CIFAR-100 en ImageNet.