



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Computational optimisation of optical projection tomography for 3D image analysis

Tang, X.

Citation

Tang, X. (2020, June 10). *Computational optimisation of optical projection tomography for 3D image analysis*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/106088>

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/1887/106088>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/106088> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Tang, X.

Title: Computational optimisation of optical projection tomography for 3D image analysis

Issue Date: 2020-06-10

Nederlandse samenvatting

Optische projectietomografie (OPT) is een tomografische 3D-beeldvormende techniek die wordt gebruikt voor objecten ter grootte van millimeters. Op basis van een tomogram wordt een 3D-beeld berekend; daarom wordt OPT dan ook beschouwd als zogenaamde computationele beeldvorming. Om oplossingen te bieden voor het maken van beelden en het doen van beeldanalyse op die beelden voor biomedisch onderzoek op grote schaal, is optimalisatie van de OPT-reconstructie vereist. Het doel van de optimalisatie zoals beschreven in dit proefschrift omvat: (1) het versnellen van het proces van reconstructie; (2) het verminderen van artefacten uit de reconstructie; (3) het verbeteren van de beeldkwaliteit van het 3D-beeld; (4) het vinden van optimale parameters voor iteratieve reconstructie.

Met optimalisaties die we hebben uitgewerkt en geïmplementeerd in de OPT-beeldvormingsworkflow als uitgangspunt, hebben we gewerkt aan casestudy's in (3D) beeldvorming van zebrovissen. In dit proefschrift presenteren we één specifieke case-study (5), aangezien deze goed past in de orde van grootte van objecten geschikt voor toepassing in OPT. Deze case-study gaat over de kwantificering van tumoren in zebrovissen. Er wordt specifiek gebruik gemaakt van beeldsegmentatie en objectdetectie met behulp van technieken uit de kunstmatige intelligentie (AI).

De versnelling van het reconstructieproces (ad. 1) heeft tot doel de tijd van het beeldacquisitie- en beeldbewerkingsproces van tomogram tot reconstructie te verkorten. Dit ondersteunt met name biomedisch onderzoek in high-throughput beeldbewerking. In ons werk versnellen we de OPT 3D-reconstructie door het *Filtered Backprojection* algoritme (FBP) parallel te implementeren. In dit proefschrift wordt deze aanpak de *snelle reconstructie* genoemd. Met onze (huidige) computationele middelen kunnen gebruikers in enkele minuten een 3D-beeld verkrijgen van het complete object.

De vermindering van de artefacten in OPT-reconstructie (ad. 2) heeft tot doel een 3D-oplossing voor reconstructie te bieden met minder artefacten zoals die tijdens het reconstructieproces worden geïntroduceerd als gevolg van beperkingen van het reconstructie-algoritme en de OPT-opstelling. In dit proefschrift komen twee verschillende soorten artefacten aan bod, namelijk ring-artefacten en streak-artefacten. In dit proefschrift wordt aandacht besteed aan zowel de oorzaak als de oplossing met betrekking tot deze artefacten. In het FBP-algoritme worden de ring-artefacten geïntroduceerd door een verkeerde uitlijning van het centrum van rotatie (CoR), terwijl de streak-artefacten het gevolg zijn van het ontbreken van voldoende signaal in een tomogram. Als oplossing wordt een CoR-correctiealgoritme gepresenteerd binnen de FBP reconstructie. Om de streak-artefacten te elimineren, zijn iteratieve reconstructiemethoden voor OPT-reconstruction onderzocht.

De verbetering van de beeldkwaliteit van een OPT 3D-beeld (ad. 3) wordt gerealiseerd met het formuleren van een methode voor het verscherpen van de

gereconstrueerde beelden. Dit wordt gedaan door het 3D-beeld te deconvolueren met een empirisch afgeleide point-spread functie (PSF). De kwalitatieve en kwantitatieve vergelijkingen van resultaten die met deze methode zijn verkregen illustreren de effectiviteit van de bereikte verbeteringen.

De optimalisatie van de parameters voor iteratieve reconstructie (ad. 4) is gericht op het verkrijgen van de best mogelijke 3D-beelden die geschikt zijn voor segmentatie en detectie van structuren binnen het object van onderzoek. Dit is essentieel voor de kwantificering van het specifieke signaal, b.v. tumor kwantificering in late stadia van ontwikkeling. De meest gebruikelijke parameters, waaronder iteratie aantal en de zogenaamde initiële reconstructie, worden verkend en geoptimaliseerd op basis van de prestaties van segmentatie van vergelijkbare reconstructies.

De case-study over kwantificering van tumoren (ad. 5) laat een toepassing van geoptimaliseerde bewerkingen van beelden uit het OPT-systeem zien. In vergelijking met de gebruikelijk 2D-kwantificering verwachten we een aantal nieuwe inzichten te kunnen verschaffen door de kwantificering van de tumor in 3D; voor geneesmiddelenonderzoek is dit van groot belang. Op basis van de zebraisjes die we hebben kunnen gebruiken voor tumorkwantificatie, concluderen we dat de relatieve verhouding van tumor tot een specifiek organisme of orgaan in 3D veel kleiner is dan hetgeen gemeten wordt in 2D. Dit rechtvaardigt in grote mate de reden waarom de 3D OPT techniek nodig is voor objecten in de orde grootte van millimeters. Met verdere ondersteuning door meer computationele middelen en geavanceerde analytische technieken, hebben we veel vertrouwen in de OPT techniek qua toepasbaarheid in het biomedische onderzoeksgebied.