

University of Groningen

Computational intelligence & modeling of crop disease data in Africa

Owomugisha, Godliver

DOI:
[10.33612/diss.130773079](https://doi.org/10.33612/diss.130773079)

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2020

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):
Owomugisha, G. (2020). *Computational intelligence & modeling of crop disease data in Africa*. University of Groningen. <https://doi.org/10.33612/diss.130773079>

Copyright

Other than for strictly personal use, 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), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting en vooruitzichten

Dit proefschrift presenteert de toepassing van “machine learning” technieken om een praktische uitdaging, gerelateerd aan het bestrijden van plagen en ziekten in de agrarische sector, op te lossen. Het onderzoek onderzocht methoden voor de vroege diagnose van plantziekten, met een nieuwe aanpak voor het identificeren van deze ziekten, voordat ze symptomatisch en zichtbaar worden voor het menselijk oog.

In hoofdstuk 2 hebben we de achtergrondinformatie gegeven van, op prototype gebaseerde classificatie, die het meest is gebruikt in onze studies. We vonden GM-LVQ geschikt om de meeste van onze onderzoeksvragen te beantwoorden vanwege de competitieve of superieure prestaties. De analyse van de relevantie biedt extra inzichten en vergemakkelijkt de identificatie van de belangrijkste kenmerken.

In hoofdstuk 3 behandelen we het probleem van gewasziektedetectie met behulp van een dataset van afbeeldingen die zijn gemaakt met behulp van een mobiele telefooncamera. Als eerste stap in de richting van een vroege ziektediagnose hebben we onderzoek gedaan naar ziektegevallen en ernstmetingen, gebruik makend van afbeeldingen van cassavebladeren. We hebben een combinatie van classificatie en “computer vision” technieken toegepast om visuele kenmerken zoals kleur en vorm te extraheren.

In hoofdstuk 4 beschouwen we ziektediagnose met behulp van spectrale gegevens. We vergelijken twee datasets: spectrale gegevens verzameld van bladeren van de plant en afbeeldingen vastgelegd met behulp van een mobiele telefooncamera. We analyseren gegevens van zichtbaar aangetaste delen van het blad en delen die zichtbaar gezond lijken te zijn. We hebben de verkregen gegevens geanalyseerd met behulp van op prototypes gebaseerde methoden en standaard classificatiemodellen waarbij drie klassen onderscheiden diende te worden. De resultaten wijzen op een aanzienlijke prestatieverbetering wanneer gebruik wordt gemaakt van de spectrale

gegevens. Daarnaast maakt het de vroege detectie van ziekten, voordat de gewassen symptomatisch worden, mogelijk. Wat om praktische redenen zeer belangrijk is.

In hoofdstuk 5 hebben we verschillende van onze onderzoeksvragen beantwoord. Van nature heeft spectrale data duizenden dimensies, daarom worden verschillende golflengtes geanalyseerd om de meest relevante spectrale banden te identificeren. Om het nominaal hoge aantal invoerdimensies aan te kunnen, is functionele ontleding van de spectra overwogen. De geschetste classificatietoets wordt aangepakt met behulp van GMLVQ en vergeleken met de standaard classificatietechnieken die worden uitgevoerd in de ruimte van de expansiecoëfficiënten.

De uitdaging van vroege detectie is, tot dit moment, nog niet volledig opgelost. Voor cassave gewassen geldt, dat vanaf het moment dat ziekteverschijnselen zichtbaar zijn in het bovengrondse gedeelte van de plant, de wortels al erg beschadigd zijn, wat het gedeelte is wat het meest gegeten wordt. De nieuwigheid en het nut van dit onderzoek wordt aangetoond in hoofdstuk 6. Het hoofdstuk presenteert resultaten van het detecteren van ziekten in cassavegewassen, voordat symptomen door het menselijk oog kunnen worden waargenomen. Daarbij gebruikmakend van zichtbaar en nabij-infrarood spectrale informatie.

Om deze hypothese te testen, hebben we cassaveplanten laten groeien in een "screen house". De planten worden geïnoculeerd met ziektevirussen en daarnaast wordt regelmatig zowel spectrale informatie als plantenweefsel verzameld voor vloeistofanalyse, totdat de planten ziekten vertonen. Onze GMLVQ modellen kunnen een week nadat virusinfectie kan worden bevestigd door de vloeistofanalyse, de cassaveziekten detecteren, maar enkele weken voordat symptomen zich zichtbaar op de planten manifesteren.

Hoewel de analyse van spectrale gegevens in onze experimenten succesvol bleek, zijn spectrometers geschikt om gewasziekten automatisch te diagnosticeren, niet vaak op de markt te verkrijgen. Bovendien is voor de meeste spectrometers technische kennis nodig om ze te kunnen bedienen, waardoor ze niet geschikt zijn voor onze doelgroep van kleine boeren. In ons geval hebben we een dure spectrometer (1000 USD) moeten kopen om onze onderzoeksdoelen te kunnen bereiken. In hoofdstuk 7 hebben we de eerste stappen gepresenteerd voor de ontwikkeling van een goedkope 3D-geprinte spectrometer als opzetstuk voor een smartphone, deze kan worden gebruikt om ziekten in de gewasvelden te diagnosticeren. De bijdrage van dit hoofdstuk is te vinden in het ontwerp van een diagnostisch hulpmiddel dat goedkoop en daarnaast gemakkelijk te gebruiken is door kleine boeren in ontwikkelingslanden, bij het bewaken van de gewasgezondheid. De prestaties van het eerste prototype waren echter niet gunstig, de eisen voor een betere versie zijn daarom gepresenteerd.

8.2 Toekomstwerk

Het onderzoek gepresenteerd in dit proefschrift bouwt voort op eerdere onderzoeken zoals vermeld in de literatuur. Het huidige werk gaat over van eerdere diagnosemethoden naar het gebruiken van spectrale gegevensanalyse. Onze resultaten en nieuwe inzichten suggereren de volgende onderzoekspunten voor toekomstig werk:

- In hoofdstuk 6 hebben we een experiment uitgevoerd in een gecontroleerde omgeving (screen house). We hebben gezonde planten gekweekt en ingeënt met het CBSD-ziektevirus. Toekomstige experimenten op dit gebied zouden meer cassaveplant variaties kunnen bevatten, evenals onderzoek naar andere ziekten, zoals CMD en CBSD.
- In een vergelijkbare opstelling zou in de toekomst kunnen worden onderzocht hoe voedingstekorten bij gewassen worden veroorzaakt door stresseffecten. Dit was een veel voorkomende vraag van onze verschillende belanghebbenden. Om dit probleem aan te pakken en de gegevens van deze groep te verwerken, zou een extra klasse nodig zijn tijdens de training van de modellen.
- Ons onderzoek zou ook moeten worden uitgebreid door andere gewassen te overwegen, zoals maïs, bonen en rijst. Aanvankelijk zouden dezelfde methoden kunnen worden toegepast om de gegevens te verzamelen, van de genoemde gewassen.
- Hoofdstuk 7 was onze eerste poging om een nieuw en goedkoop diagnostisch apparaat te bouwen op basis van spectrale gegevens. We hebben in onze discussie verschillende aspecten aangeduid voor mogelijke verbeteringen.
- In sommige van onze hoofdstukken hebben we geëxperimenteerd met CNN's voor het verkrijgen van een basislijn. Omdat dit een gebied is dat in recente studies veel populariteit heeft verworven, voorzien we toekomstige studies naar de toepasbaarheid van neurale netwerken.

Dit proefschrift dient als basis voor een efficiënte vroege detectie van gewasziekten met behulp van spectrale informatie. Ons onderzoek kan bijdragen tot een verbeterd vermogen van kleine boeren om in levensonderhoud te voorzien door een verhoogde opbrengst van gewassen en voedselzekerheid in Sub-Sahara Afrika.

Research Activities

Journal Papers

- **G. Owomugisha**, F. Melchert, E. Mwebaze, J. A. Quinn, M. Biehl. “Matrix Relevance Learning for Multi-class Classification with Spectral Data”. (Submitted).

Conference Proceedings

- **G. Owomugisha**, P. K. B. Mugagga, F. Melchert, E. Mwebaze, J. A. Quinn, M. Biehl. “A low-cost 3-D printed smartphone add-on spectrometer for diagnosis of crop diseases in field”. (Submitted).
- **G. Owomugisha**, E. Nuwamanya, J. A. Quinn, M. Biehl, E. Mwebaze. “Early detection of plant diseases using spectral data”. Proceedings of the 3rd International Conference on Applications of Intelligent Systems (APPIS2020), January 7–9, 2020, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, publisher: Association for Computing Machinery, isbn: 9781450376303, doi:10.1145/3378184.3378222.
- F. D. Ninsiima, **G. Owomugisha**, E. Mwebaze. “Automating the segmentation of necrotized regions in cassava root images”. Int’l Conf. IP, Comp. Vision, and Pattern Recognition, IPCV’18, Las Vegas, Nevada, USA, July 30-August 02, 2018.
- **G. Owomugisha**, F. Melchert, E. Mwebaze, J. A. Quinn, M. Biehl. “Machine Learning for diagnosis of disease in plants using spectral data”. Int’l Conf. Artificial Intelligence, ICAI’18, Las Vegas, Nevada, USA, July 30-August 02, 2018.

- **G. Owomugisha** and E. Mwebaze. "Machine Learning for Plant Disease Incidence and Severity Measurements from Leaf Images". 15th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications, Anaheim, California, USA, December 2016, publisher: IEEE Computer Society, doi: 10.1109/ICMLA.2016.0034.
- **G. Owomugisha**, F. Melchert, E. Mwebaze and M. Biehl, University of Groningen. "Spectral-Based Diagnosis of Cassava Crop Diseases with Leaf Images". Dutch Society of Pattern Recognition and Image Processing (nvphbv), De Zwarte Doos, Eindhoven. Fall meeting, 27 September 2016.

Research Fund & Awards

- Third winner. Uganda Biotechnology and Biosafety Consortium (UBBC) 2019. Certificate of Exemplary Innovation for Developing a low-cost 3-D printed smartphone add-on spectrometer for diagnosis of crop diseases prior to visible symptoms.
- PhD Scholarship from College of Computing and Information Sciences, Makerere University, Kampala, Uganda. Under Artificial Intelligence and Data Science Lab. <http://www.air.ug/>. Funded by Bill and Melinda Gates Foundation. September, 2015 – October, 2019.

Summer Schools

- Data Science Africa Workshop on Machine Learning. 20 July - 21 July 2017, Nelson Mandela African Institute of Science and Technology, Tanzania.
- Data Science Africa, Workshop and School, Kampala, Uganda 2016
- Gaussian Process School, Kampala, Uganda, 2013

Poster presentations

- **G. Owomugisha**, F. Melchert, E. Mwebaze, J. A. Quinn, M. Biehl. "Machine Learning for Diagnosis of Disease in Plants using Spectral Data". Plant and Animal Genome Conference and Leadership Training for Scientists who work on Root Crop Viruses, Vectors, and Epidemiology.. San Diego, California, USA, January 14-22, 2017.

Appointments

- Lecturer, Faculty of Engineering, Busitema University. Teaching Computer Engineering courses, Research supervision as well the Head of research innovations committee.
- Head volunteer team for Data Science Africa 2020 at Makerere University.

About the Author



Godliver Owomugisha was born on August 2nd, 1987 in Ishaka Bushenyi, Uganda. She is the third-born of the four children.

She received a Bachelors and Masters degree in Computer Science from Makerere University in 2011 and 2015 respectively. Her Masters research was titled “Automated Vision-Based Diagnosis of Banana Bacterial Wilt Disease and Black Sigatoka Disease”. Her research was sponsored by The German Academic Exchange Service or DAAD.

In 2015, she won a PhD scholarship from Makerere University under Artificial Intelligence Lab with funding from The Bill and Melinda Gates Foundation (OPP1112548). She was a PhD exchange student between University of Groningen and Makerere University from September, 2015 to 2020. For her PhD studies, she focused on diagnosing diseases in crops at an early stage using spectral information.

In 2019, she received a certificate of Exemplary Innovation (third winner) from Uganda Biotechnology and Biosafety Consortium (UBBC) for “Developing a low-cost 3-D printed smartphone add-on spectrometer for diagnosis of crop diseases prior to visible symptoms”.

Her research interests are in the area of machine learning and computational intelligence in relation to solving real world problems.

She is also a Lecturer at Busitema University in the Department of Computer Engineering. Besides her academic life, she is wife and a mother of two children aged four and one year.