

Biuro Obsługi Nauki
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa



Szanowni Państwo,

Przesyłam recenzję pracy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Konopki

Z poważaniem

Maciej Wyrsochi

**Review of the doctoral dissertation of Ms. Aleksandra Konopka, MSc., Eng., entitled
„Digital Signal Processing and Artificial Intelligence Methods in Agricultural Production
Technologies Using Innovative Biofertilizers”**

prepared at the request of the Chairman of the Council of the Discipline
of Information and Communication Technology
of the Warsaw University of Life Sciences,
acting on the basis of the resolution of the Council of the Discipline
of February 16, 2026

INTRODUCTION

The Author of this dissertation is a member of a research team of IT specialists and microbiologists working on plant production technologies using biofertilizers. In particular, the team's research focuses on the basic components of biofertilizers – bacteria – and the plant structures that biofertilizers can affect and that are crucial for the development of biofertilizer applications – stomata – which are crucial for photosynthesis and water management.

The IT aspect of this dissertation includes the automatic classification of: (1) types of soil bacteria, (2) plant ploidy (the number of complete sets of chromosomes in the cell nucleus) based on microscopic images of leaves with visible stomatal structures. These issues are related to digital image processing and recognition, as well as machine learning methods, which places the work in the discipline of **information and communication technology**.

CONTENTS OF THE DISSERTATION

The 169-page dissertation is written in English. It consists of summaries in English and Polish, a table of contents, five chapters, an appendix presenting the Author's research CV, and a bibliography.

The main chapter is Chapter 3, "*Included Publications*", which contains a group of seven related, co-authored publications that form the basis of the dissertation. These are:

1. **A. Konopka**, K. Struniawski, R. Kozera, P. Trzciński, L. Sas-Paszt, A. Lisek, K. Górnik, E. Derkowska, S. Głuszek, B. Sumorok, and M. Frąc, "**Classification of soil bacteria based on machine learning and image processing**", in *Computational Science - ICCS 2022: 22nd International Conference, London, UK, June 21-23, 2022, Proceedings, Part III, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 13352, pp. 263-277, Springer, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08757-8_23 (140 MNiSW points)
(percentage contribution of A. K.: 60%)
2. **A. Konopka**, R. Kozera, L. Sas-Paszt, P. Trzciński, and A. Lisek, "**Identification of the selected soil bacteria genera based on their geometric and dispersion features**", *PLoS ONE*, vol. 18, no. 10, e0293362, pp. 1-11, 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293362> (100 MNiSW points, IF - 2.9)
(percentage contribution of A. K.: 75%)

3. **A. Konopka, K. Struniawski, and R. Kozera, "Performance analysis of Residual Neural Networks in soil bacteria microscopic image classification", in *Modelling and Simulation'2023: The 2023 European Simulation and Modelling Conference, October 24-26, 2023, Toulouse, France*, pp. 144-149, EUROSIS-ETI, 2023. (70 MNiSW points)
(percentage contribution of A.K.: 80%)**
4. **A. Konopka, K. Struniawski, and R. Kozera, "Classification performance of Extreme Learning Machine Radial Basis Function with k-means, k-medoids and mean shift clustering algorithms", in *Computational Science - ICCS 2023: 23rd International Conference, Prague, Czech Republic, July 3-5, 2023, Proceedings, Part IV, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 10476, pp. 171-186, Springer, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36027-5_13 (140 MNiSW points)
(percentage contribution of A. K.: 80%)**
5. **A. Konopka, R. Kozera, L. Sas-Paszt, and P. Trzciński, "Automated imaging and machine learning for soil bacteria classification: Challenges and insights", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 159C, pp. 1-9, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111369> (140 MNiSW points, IF - 8.0)
(percentage contribution of A. K.: 80%)**
6. **A. Konopka, K. Struniawski, R. Kozera, L. Ortenzi, A. Marasek-Ciołakowska, and A. Machlańska, "Deep learning classification of blackcurrant genotypes by ploidy levels on stomata microscopic images", in *Computational Science - ICCS 2025 Workshops: 25th International Conference, Singapore, Singapore, July 7-9, 2025, Proceedings, Part III, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, pp. 135-148, Springer, 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97564-6_11 (140 MNiSW points)
(percentage contribution of A. K.: 60%)**
7. **A. Konopka, R. Kozera, A. Marasek-Ciołakowska, and A. Machlańska, "Classification of blackcurrant genotypes by ploidy levels on stomata microscopic images with deep learning: Convolutional Neural Networks and Vision Transformers", *Applied Sciences-Basel*, vol. 15, no. 19, 10735, pp. 1-14, 2025. <https://doi.org/10.3390/app151910735> (100 MNiSW points, IF - 2.5)
(percentage contribution of A. K.: 70%)**

The remaining chapters are: 1 "Introduction", 2 "Overview of thesis and publications", 4 "Conclusions" and 5 "Future work and extensions".

Chapter 1 presents the background of the research, emphasizing its interdisciplinary nature. The machine learning methods used in the component publications are reviewed in a historical context and their interconnectedness is highlighted. The research problems addressed in the dissertation are characterized, the current state of knowledge is reviewed, and the main achievements of the dissertation are outlined.

Chapter 2 provides an overview of the co-authored publications that form the basis of the dissertation and reports on each author's contribution.

Chapter 4 presents a summary and conclusions, and Chapter 5 indicates directions for further research.

The bibliography includes 159 references, in addition to the lists that constitute integral parts of publications 1-7 indicated in Chapter 3.

SURVEY OF RESULTS

The main research topics discussed in publications 1-7 include:

- Computer classification of microscopic images of soil bacteria (publications 1-5),
- Classification of plant ploidy levels based on microscopic images of stomata (publications 5, 6).

Classification of soil bacteria

The study was conducted on two balanced datasets. The first set consisted of 128 images of soil bacteria from the genera *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Pantoea*, *Bradyrhizobium*, and *Pseudomonas*, carefully prepared by microbiologists. The second set included over 3,000 images of soil bacteria from the genera *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Pantoea*, and *Pseudomonas*, prepared automatically by IT specialists trained in microscope operation by a biology expert.

The images from the first dataset were high-resolution and contained thousands of bacterial instances. Computations were performed on both the entire images and subimages or bacterial instances. This dataset was considered sufficient to draw meaningful conclusions. The study involved computing various types of handcrafted features, including texture, geometry, color, and dispersion. The classification methods utilizing these features included SVM, RF, KNN, ELM, MLP, and ELM-RBF. Other computations involved features generated by the ResNet convolutional neural network. The highest classification accuracy obtained for the first dataset was 97.07% using KNN and 97.03% using ELM-RBF on a set of combined texture and shape features. The highest accuracy with ResNet152v2 and ResNet101v2 was 92%.

In the second, automatically acquired dataset, images were captured under conditions involving different glass (three variants) and lighting (two variants). The image features considered were both handcrafted and automatically derived (in this case, using ResNet networks). The handcrafted color and texture-sensitive features were used as input for the following classifiers: SVM, RF, KNN, MLP, and the proposed ELM-RBF modifications. The highest classification result was obtained using ELM-RBF with k-medoid clustering, reaching 95.54% for the entire dataset. A better result, 99%, was obtained using ResNet152v2.

Classification of ploidy levels

The study was conducted on two balanced sets of 1,500 images. Both sets contained three classes of blackcurrant cultivars. The first dataset consisted of the diploid cultivars *Gofert* and *Polares*, the triploid cultivar *Dlinnokistnaja*, the autotetraploid clone of the cultivar *Gofert*, and the cultivar *Polares*, with leaves for photographic documentation collected at the end of the growing season. The second dataset contained the diploid cultivar *Gofert*, the triploid cultivar *Dlinnokistnaja*, and the autotetraploid clone of the cultivar *Gofert*, with leaves collected at the beginning of the growing season.

The computations performed on the first dataset included modifications to the dataset to reduce the impact of color on classification. Images were segmented using the YOLOv8 algorithm. Classical machine learning methods, KNN, SVM, RF, and MLP, were used to classify geometric features. The RF method achieved the highest accuracy of 75.8%. When ResNet152v2 was used, classification accuracy of 97.3% was achieved on the raw dataset and 78.7% based on binary masks.

Further computations were performed on both datasets using raw images. Neural networks ResNet152v2 and Vision Transformer (ViT) architectures: (vit-large-patch16-224-in21k (vit-l) and vit-base-patch16-224-in21k (vit-b) were used. The models were trained on one dataset and tested on the other dataset to verify their performance on separate data. In three-class classification, ResNet achieved an accuracy of 68% and outperformed ViT. In two-class classification (diploid vs. tetraploid), the highest accuracy of 88% was achieved using vit-b.

To verify which regions of the images recognized by ResNets and ViTs are most important for decision-making, the Grad-CAM method was used. ViTs exhibited biologically interpretable behavior, consistently focusing on stomatal structure. ResNets showed increasingly broader attention patterns in deeper layers, considering more global image features.

EVALUATION

The dissertation addresses current and important issues related to the classification of soil bacteria and plant ploidy levels based on microscopic images. The main innovative achievements include:

(1) Experimentally demonstrating that computer-aided classification of soil bacteria is possible with high accuracy.

(2) Conducting comprehensive experiments on dedicated, expertly prepared datasets with microscopic images of soil bacteria (the literature has focused primarily on other types of bacteria, e.g., pathogenic bacteria).

(3) Evaluating the usefulness of: (a) traditional machine learning methods using handcrafted features, (b) ResNet deep neural networks, (c) the impact of the considered datasets, their preparation, and image acquisition methodology, including lighting, glass type, and smear thickness, on recognition efficiency.

(4) Proposing and confirming the effectiveness of a modification of the ELM-RBF method, consisting in replacing the default k-means algorithm with the k-medoid algorithm.

(5) Applying machine learning methods for the first time in the literature to classify plant ploidy levels based on microscopic images of stomata, opening a new research direction in plant phenotyping.

(6) Applying ViT Transformers to stomatal tasks. Promising results were obtained, paving the way for broader application of this architecture in various computer vision tasks involving stomatal images.

(7) Using XAI (Grad-CAM) to demonstrate a significant advantage of the ViT model, related to its biologically interpretable behavior. The model focused on stomatal structure, indicating greater potential for tasks based on specific morphological features.

The dissertation of Ms. Aleksandra Konopka provides an original solution to a scientific problem in the field of soil bacteria classification methods, where research to date has been limited, and in the area of plant ploidy classification, which has not been addressed in the literature to date.

The publications (seven articles) forming the basis of this dissertation were published in indexed, highly rated journals and proceedings of recognized conferences (140, 100, 70, 140, 140, 140, 100 MNiSW points, respectively). All are within the discipline in which the dissertation is being conducted. The publication period of 2022-2025 attests to the modernity of the approach. The Author is the first author, and her contribution, confirmed in the documentation, is significant, ranging from 60 to 80% (average 72%). This set of articles provides a coherent response to the research problem presented in the dissertation title.

The Author has mastered the necessary theoretical foundations and demonstrated the ability to apply them. The new methods presented in the dissertation, convincingly interpreted results of extensive experiments, recommendations for classification methods, information on factors important in preparing datasets for image analysis in the area of the dissertation's topic, and indication of directions for future work are of both cognitive and practical value.

The work is well-structured and carefully edited. This allows us to conclude that the Author has mastered the craft of writing scientific dissertations. The references to the literature indicate that the Author possesses the necessary knowledge of the subject's bibliography. The machine

learning methods used are clearly presented, with representative sources indicated, further enhancing the educational value for young researchers.

In supplementing my highly positive assessment of the dissertation, I would like to highlight other important elements demonstrating the Author's excellent preparation for the role of doctor. These include numerous additional publications and conference presentations, as documented in her scientific CV, experience in research in interdisciplinary teams, including international ones, participation in the preparation of scientific projects, participation in grants awarded by the National Centre for Research and Development BIOSTRATEG, National Science Centre Sonata, and Interreg Brandenburg-Poland, and a relatively high H index of 4, considering that the publications are from 2022-2026.

QUESTIONS FOR THE AUTHOR

1. What was the rationale behind the choice of bacterial types? Did it impact the difficulty of recognition?
2. Please describe the transformer results obtained in this work, showing the learning and validation curves and the confusion matrix.
3. Were the hyperparameter values for the convolutional networks and transformers assumed by default or experimentally?
4. Within the framework of the issues addressed in this work, may there be a need to consider class imbalance?
5. Please summarize the potential replication of the results obtained in this work by interested researchers.

SUMMARY

Ms. Aleksandra Konopka's doctoral dissertation addresses an interesting and timely research topic. It provides an original solution to a scientific problem of practical importance, documenting novel aspects of soil bacteria classification and plant ploidy levels based on microscopic images. It demonstrates the Author's general theoretical knowledge in the scientific discipline **information and communication technology**, as well as her ability to conduct independent research. **It meets the requirements of the applicable Act of 20 July 2018.**

I request the High Council of the Discipline of Information and Communication Technology of the Warsaw University of Life Sciences to accept the work and allow the Candidate to publicly defend it.

Anna Wysocka

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Konopki,
„Digital Signal Processing and Artificial Intelligence Methods in Agricultural Production
Technologies Using Innovative Biofertilizers”**

przygotowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny
Informatyka Techniczna i Telekomunikacja
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
działającego na podstawie uchwały Rady Dyscypliny z dnia 16 lutego 2026.

PROBLEMATYKA PRACY

Autorka rozprawy jest członkinią badawczego zespołu specjalistów IT i mikrobiologów pracującego nad technologiami produkcji roślin z użyciem bionawozów. W szczególności badania zespołu dotyczą podstawowych składników bionawozów - bakterii - oraz struktur roślin, na które bionawozy mogą oddziaływać i które są kluczowe dla rozwoju zastosowań bionawozów - aparatów szparkowych - mających zasadnicze znaczenie dla procesu fotosyntezy i gospodarki wodnej.

Informatyczny aspekt rozprawy obejmuje automatyczną klasyfikację: (1) rodzajów bakterii glebowych, (2) ploidalności roślin (liczby kompletnych zestawów chromosomów w jądrze komórkowym) na podstawie obrazów mikroskopowych liści z widocznymi strukturami aparatów szparkowych. Te zagadnienia wiążą się z przetwarzaniem i rozpoznawaniem obrazów cyfrowych oraz metodami uczenia maszynowego, co lokuje pracę w dyscyplinie **informatyka techniczna i telekomunikacja**.

UKŁAD PRACY

Rozprawa licząca 169 stron, została napisana w języku angielskim. Składa się ze streszczeń w językach angielskim i polskim, spisu treści, pięciu rozdziałów, załącznika przedstawiającego badawcze CV Autorki oraz wykazu literatury.

Głównym rozdziałem jest rozdział 3 „*Included publications*” zawierający grupę siedmiu powiązanych, współautorskich publikacji stanowiących podstawę rozprawy. Są to:

1. **A. Konopka**, K. Struniawski, R. Kozera, P. Trzciński, L. Sas-Paszt, A. Lisek, K. Górnik, E. Derkowska, S. Głuszek, B. Sumorok, and M. Frąc, “**Classification of soil bacteria based on machine learning and image processing**”, in *Computational Science - ICCS 2022: 22nd International Conference, London, UK, June 21-23, 2022, Proceedings, Part III, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 13352, pp. 263-277, Springer, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08757-8_23 (140 MNiSW points)
Procentowy wkład Autorki: 60%
2. **A. Konopka**, R. Kozera, L. Sas-Paszt, P. Trzciński, and A. Lisek, “**Identification of the selected soil bacteria genera based on their geometric and dispersion features**”, *PLoS ONE*,

vol. 18, no. 10, e0293362, pp. 1-11, 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293362> (100 MNiSW points, IF - 2.9)

Procentowy wkład Autorki: 75%

3. **A. Konopka, K. Struniawski, and R. Kozera, "Performance analysis of Residual Neural Networks in soil bacteria microscopic image classification", in *Modelling and Simulation'2023: The 2023 European Simulation and Modelling Conference, October 24-26, 2023, Toulouse, France*, pp. 144-149, EUROSIS-ETI, 2023. (70 MNiSW points)**

Procentowy wkład Autorki: 80%

4. **A. Konopka, K. Struniawski, and R. Kozera, "Classification performance of Extreme Learning Machine Radial Basis Function with k-means, k-medoids and mean shift clustering algorithms", in *Computational Science - ICCS 2023: 23rd International Conference, Prague, Czech Republic, July 3-5, 2023, Proceedings, Part IV, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 10476, pp. 171-186, Springer, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36027-5_13 (140 MNiSW points)**

Procentowy wkład Autorki: 80%

5. **A. Konopka, R. Kozera, L. Sas-Paszt, and P. Trzciński, "Automated imaging and machine learning for soil bacteria classification: Challenges and insights", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 159C, pp. 1-9, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111369> (140 MNiSW points, IF - 8.0)**

Procentowy wkład Autorki: 80%

6. **A. Konopka, K. Struniawski, R. Kozera, L. Ortenzi, A. Marasek-Ciołakowska, and A. Machlańska, "Deep learning classification of blackcurrant genotypes by ploidy levels on stomata microscopic images", in *Computational Science - ICCS 2025 Workshops: 25th International Conference, Singapore, Singapore, July 7-9, 2025, Proceedings, Part III, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, pp. 135-148, Springer, 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97564-6_11 (140 MNiSW points)**

Procentowy wkład Autorki: 60%

7. **A. Konopka, R. Kozera, A. Marasek-Ciołakowska, and A. Machlańska, "Classification of blackcurrant genotypes by ploidy levels on stomata microscopic images with deep learning: Convolutional Neural Networks and Vision Transformers", *Applied Sciences-Basel*, vol. 15, no. 19, 10735, pp. 1-14, 2025. <https://doi.org/10.3390/app151910735> (100 MNiSW points, IF - 2.5)**

Procentowy wkład Autorki: 70%

Pozostałe rozdziały to: 1 „Introduction”, 2 „Overview of thesis and publications”, 4 „Conclusions” i 5 „Future work and extensions”.

W rozdziale 1 przedstawiono tło badań, podkreślając ich interdyscyplinarny charakter. Dokonano przeglądu metod uczenia maszynowego zastosowanych w publikacjach składowych w kontekście historycznym i podkreślono ich wzajemne powiązania. Scharakteryzowano poruszane w rozprawie problemy badawcze, dokonano przeglądu aktualnego stanu wiedzy oraz wskazano główne osiągnięcia rozprawy.

Rozdział 2 zawiera przegląd współautorskich publikacji stanowiących podstawę rozprawy i informuje o wkładzie każdego autora.

Rozdział 4 przedstawia podsumowanie i wnioski, a rozdział 5 wskazuje kierunki kontynuacji badań.

Wykaz literatury obejmuje 159 pozycji, niezależnie od wykazów stanowiących integralne części publikacji 1-7 wskazanych w rozdziale 3.

CHARAKTERYSTYKA BADAŃ

Główne zagadnienia badawcze omówione w publikacjach 1-7 to:

- Komputerowa klasyfikacja mikroskopowych obrazów bakterii glebowych (publikacje 1-5),
- Klasyfikacja poziomów ploidalności roślin na podstawie obrazów mikroskopowych aparatów szparkowych (publikacje 5, 6).

Klasyfikacja bakterii glebowych

Badania przeprowadzono na dwóch zbalansowanych zestawach danych. Pierwszy zestaw składał się ze starannie przygotowanych przez mikrobiologów 128 obrazów bakterii glebowych z rodzajów *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Pantoea*, *Bradyrhizobium* i *Pseudomonas*. Drugi zestaw obejmował ponad 3000 obrazów bakterii glebowych z rodzajów *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Pantoea* i *Pseudomonas*, przygotowanych automatycznie przez specjalistów IT przeszkolonych w zakresie obsługi mikroskopu przez eksperta biologii.

Obrazy z pierwszego zestawu miały wysoką rozdzielczość i zawierały tysiące instancji bakterii. Obliczenia prowadzono zarówno na całych obrazach, jak i na podobrazach lub instancjach bakterii. Można uznać, że ten zbiór danych jest wystarczający do sformułowania istotnych wniosków. Badania obejmowały obliczenia różnych typów ręcznie tworzonych cech, w tym tekstury, geometrii, koloru i dyspersji. Metodami klasyfikacji wykorzystującymi te cechy były: SVM, RF, KNN, ELM, MLP i ELM-RBF. Inne obliczenia obejmowały cechy generowane przez spłotowe sieci neuronowe ResNet. Najwyższa dokładność klasyfikacji uzyskana dla pierwszego zestawu danych wyniosła 97,07% z użyciem KNN oraz 97,03% z ELM-RBF na zestawie połączonych cech tekstury i kształtu. Najwyższa dokładność z ResNet152v2 i ResNet101v2 wyniosła 92%.

W badaniach przeprowadzonych na drugim zbiorze danych, pozyskanym automatycznie, obrazy zostały wykonane w warunkach, obejmujących różne szkła (trzy warianty) i oświetlenie (dwa warianty). Rozpatrywane cechy obrazu zostały wyznaczone zarówno ręcznie, jak i automatycznie (tu przez sieci ResNet). Ręcznie stworzone cechy uwzględniające kolor i teksturę zostały użyte jako dane wejściowe dla klasyfikatorów: SVM, RF, KNN, MLP i proponowanych modyfikacji ELM-RBF. Najwyższy wynik klasyfikacji uzyskano za pomocą ELM-RBF z klasteryzacją metodą k-medoidów. Wyniósł on 95,54% dla całego zbioru danych. Lepszy rezultat, wynoszący 99%, otrzymano z użyciem sieci ResNet152v2.

Klasyfikacja poziomów ploidalności

Badania przeprowadzono na dwóch zbalansowanych zestawach 1500 obrazów. Oba zestawy zawierały trzy klasy odmian porzeczki czarnej. Pierwszy zestaw danych składał się z: diploidalnych odmian *Gofert* i *Polares*, triploidalnej odmiany *Dlinnokistnaja*, autotetraploidalnego klonu odmiany *Gofert* oraz odmiany *Polares*, a liście do dokumentacji fotograficznej pobrano pod koniec sezonu wegetacyjnego. Drugi zestaw danych zawierał diploidalną odmianę *Gofert*, triploidalną odmianę *Dlinnokistnaja* oraz autotetraploidalny klon odmiany *Gofert*, z których liście pobrano na początku sezonu wegetacyjnego.

Obliczenia przeprowadzone na pierwszym zbiorze danych obejmowały modyfikacje zbioru danych zastosowane w celu zmniejszenia wpływu koloru na klasyfikację. Obrazy segmentowano za pomocą algorytmu YOLOv8. Do przeprowadzenia klasyfikacji cech geometrycznych zastosowano klasyczne metody uczenia maszynowego KNN, SVM, RF i MLP. Najwyższą dokładność 75,8% uzyskano metodą RF. Gdy zastosowano ResNet152v2,

uzyskano dokładność klasyfikacji równą 97,3% na surowym zbiorze danych i 78,7% na podstawie masek binarnych.

Dalsze obliczenia przeprowadzono na obu zbiorach danych wykorzystując obrazy nieprzetworzone. Zastosowano sieci neuronowe ResNet152v2 i Vision Transformers (architektury vit-large-patch16-224-in21k (vit-l) i vit-base-patch16-224-in21k (vit-b)). Modele trenowano na jednym zbiorze danych i testowano na drugim zbiorze danych w celu weryfikacji ich skuteczności na oddzielnych danych. W klasyfikacji trzech klas, ResNet przewyższyła ViT, uzyskując dokładność 68%. W klasyfikacji dwóch klas (diploidalnej vs. tetraploidalnej) najwyższą dokładność, wynoszącą 88%, uzyskano z użyciem vit-b.

Aby zweryfikować, które obszary obrazów rozpoznawanych przez ResNets i ViT są najważniejsze w procesie podejmowania decyzji, zastosowano metodę Grad-CAM. ViT wykazywały biologicznie interpretowalne zachowania, konsekwentnie koncentrując się na strukturze aparatów szparkowych. Sieci ResNets wykazywały coraz szersze wzorce uwagi w głębszych warstwach, uwzględniając bardziej globalne cechy obrazu.

OCENA PRACY

Praca dotyczy aktualnych i ważnych problemów klasyfikacji bakterii glebowych oraz poziomów ploidalności roślin na podstawie obrazów mikroskopowych.

Główne osiągnięcia o nowatorskim charakterze polegają na:

- (1) Eksperymentalnym wykazaniu, że komputerowa klasyfikacja bakterii glebowych jest możliwa do przeprowadzenia z wysoką skutecznością.
- (2) Przeprowadzeniu kompleksowych eksperymentów na dedykowanych, fachowo przygotowanych zbiorach danych z mikroskopowymi obrazami bakterii glebowych (literatura koncentrowała się głównie na innych rodzajach bakterii, np. patogennych).
- (3) Ocenie przydatności tradycyjnych metod uczenia maszynowego, wykorzystujących ręcznie wyznaczone cechy, oraz głębokich sieci neuronowych ResNet, a także wpływu rozpatrywanych zbiorów danych, ich przygotowania i metodyki pozyskiwania obrazów, w tym oświetlenia, rodzaju szkła, grubości rozmazu, na skuteczność rozpoznawania.
- (4) Propozycji i potwierdzeniu skuteczności modyfikacji metody ELM-RBF, polegającej na zastąpieniu domyślnego algorytmu k-średnich algorytmem k-medoidów.
- (5) Zastosowaniu po raz pierwszy w literaturze metod uczenia maszynowego do klasyfikacji poziomów ploidalności roślin na podstawie mikroskopowych obrazów aparatów szparkowych, otwierając nowy kierunek badań w fenotypowaniu roślin.
- (6) Zastosowaniu Transformerów ViT do zadań związanych z aparatami szparkowymi. Uzyskano obiecujące wyniki, torując drogę do szerszego zastosowania tej architektury w różnych zadaniach wizji komputerowej związanych z obrazami aparatów szparkowych.
- (7) Wskazaniu, przez zastosowanie metody XAI (Grad-CAM), ważnej zalety modelu ViT, związanej z jego biologicznie interpretowalnym zachowaniem. Model koncentrował uwagę na strukturze aparatów szparkowych, co wskazuje na większy potencjał w zadaniach opartych na specyficznych cechach morfologicznych.

Rozprawa doktorska Pani Aleksandry Konopki stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego z zakresu metod klasyfikacji bakterii glebowych, w którym dotychczasowe badania były ograniczone, oraz w obszarze klasyfikacji poziomów ploidalności roślin, nierozważanym dotychczas w literaturze.

Publikacje (siedem artykułów) stanowiące podstawę rozprawy ukazały się w indeksowanych, wysoko punktowanych czasopismach i materiałach uznanych konferencji (kolejno 140, 100, 70, 140, 140, 140, 100 pkt. MNiSW). Wszystkie mieszczą się w dyscyplinie, w której jest prowadzony

przewód, a okres publikacji 2022-2025 świadczy o nowoczesności ujęcia. Autorka występuje jako pierwszy autor publikacji, a potwierdzony w dokumentacji jej udział jest znaczący i wynosi od 60 do 80% (średnio 72%). Zestaw artykułów stanowi spójną odpowiedź na przedstawiony w tytule rozprawy problem badawczy.

Autorka biegle opanowała niezbędne podstawy teoretyczne i pokazała umiejętność ich zastosowania. Przedstawione w rozprawie nowe metody, przekonująco zinterpretowane wyniki obszernych eksperymentów, rekomendacje metod klasyfikacji, informacje na temat czynników ważnych przy przygotowywaniu zbiorów danych pod kątem analizy obrazu w obszarze tematyki rozprawy oraz sygnalizacja kierunków przyszłych prac mają wartości poznawcze i praktyczne znaczenie.

Praca została poprawnie skonstruowana i starannie zredagowana. Upoważnia to do stwierdzenia, że Autorka opanowała warsztat pisania rozpraw naukowych. Odnośniki do literatury wskazują zaś, że Autorka posiada niezbędną orientację w bibliografii przedmiotu. Stosowane metody uczenia maszynowego zostały jasno przedstawione ze wskazaniem reprezentatywnych źródeł, co dodatkowo podnosi wartość dydaktyczną dla młodych badaczy.

Uzupełniając swoją wysoce pozytywną ocenę rozprawy pragnę zwrócić uwagę na inne ważne elementy świadczące o bardzo dobrym przygotowaniu Autorki do roli doktora. Są to wykazane w naukowym CV liczne dodatkowe publikacje i wystąpienia konferencyjne, doświadczenie w pracy badawczej w interdyscyplinarnych zespołach, w tym międzynarodowych, udział w przygotowywaniu projektów naukowych, uczestnictwo w przyznanych grantach NCBiR BIOSTRATEG, NCN Sonata i Interreg Brandenburg-Poland, stosunkowo wysoki indeks $H = 4$ zważywszy, że publikacje pochodzą z lat 2022-2026.

PYTANIA DO AUTORKI

1. Czym był uzasadniony wybór typów bakterii, czy miał on wpływ na trudność rozpoznawania?
2. Proszę scharakteryzować otrzymane w pracy wyniki transformera, pokazując krzywe uczenia i walidacji oraz tablicę pomyłek.
3. Czy wartości hiperparametrów dla sieci konwolucyjnych i transformerów przyjmowano domyślnie, czy eksperymentalnie?
4. Czy w ramach podjętej w pracy problematyki może wystąpić potrzeba rozważania niebalansowania klas?
5. Proszę podsumować potencjalne możliwości reprodukcji uzyskanych w pracy wyników przez zainteresowanych badaczy.

PODSUMOWANIE

Rozprawa doktorska Pani **Aleksandry Konopki** dotyczy ciekawego i aktualnego zagadnienia badawczego, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego o znaczeniu praktycznym z udokumentowanym aspektem nowości w zakresie klasyfikacji bakterii glebowych oraz poziomów ploidalności roślin na podstawie obrazów mikroskopowych, prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Autorki w dyscyplinie naukowej **informatyka i telekomunikacja** oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. **Spełnia wymagania obowiązującej ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.**

Wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Informatyka i Telekomunikacja Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o przyjęcie pracy oraz dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.

Tawian Węsocki

Marian Twysocki
Politechnika Rzeszowska
Katedra Informatyki i Automatyki
ul. Wincentego Pola 2
35-021 Rzeszów



R



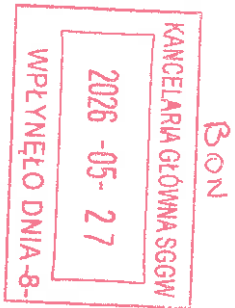
(00)859007734324433523

Poczta Polska

Opłata pobrana

Mr
zł
gr

2025



PRIORYTET
PRIORYTET

Biuro Obsługi Nauki
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
ul. Nowoursynowska 166, budyń 2, pok. 1
02-787 Warszawa

PRIORYTET
PRIORYTET

PRIORYTET
PRIORYTET