



ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF SPECTRAL INDICES FOR DETECTING AREAS OF INCREASED STRESS AMONG PLANTS – A CASE STUDY OF THE BOTANICAL GARDEN IN KIELCE

OCENA PRZYDATNOŚCI WSKAŹNIKÓW SPEKTRALNYCH DO WYKRYWANIA OBSZARÓW WZMOŻONEGO STRESU WŚRÓD ROŚLIN – STUDIUM PRZYPADKU OGRODU BOTANICZNEGO W KIELCACH

SZYMON SYLWESTER SOBURA*
Kielce University of Technology, Poland

Abstract

An important factor threatening global security is climate change and its impact on changing rainfall patterns and seasonal temperature variability. For this reason, farmers and crop scientists are striving to detect plant stress as soon as possible and introduce preventive measures so that key decisions in maintaining plant health are made in a timely way. Currently, multispectral images acquired from UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) make it possible to provide objective and reliable information related to the state of agro-ecosystems, the dynamics of changes occurring on them and the monitoring of natural resources in a rapid and non-contact method. In the present study, the suitability of low-altitude multispectral imaging for proper stress detection in plants was assessed. The botanical garden in Kielce, a site with a high biodiversity of plant specimens, was chosen as the testing ground. In this study, four spectral indexes maps were analysed in the form of: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDRE (Normalized Difference Red-Edge Index), GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) and the less frequently used PSRI (Plant Senescence Reflectance Index) for the assessment of plant health. PSRI values > 0.50 clearly identified areas of high stress, in contrast to the other spectral indices analysed in this study. The study confirmed the suitability of the PSRI for conducting monitoring activities in areas with varying crop characteristics in an efficient and rapid approach.

Keywords: Remote Sensing (RS), botanical garden, crop monitoring, stress detection, Plant Senescence Reflectance Index (PSRI), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Precision Agriculture (PA)

Streszczenie

Ważnym czynnikiem zagrażającym globalnemu bezpieczeństwu są zmiany klimatyczne i ich wpływ na zmiany wzorców opadowych oraz zmienność sezonowych temperatur. Z tego powodu osoby zajmujące się ochroną walorów przyrodniczych oraz upraw dążą do jak najszybszej detekcji stresu roślin i wprowadzeniu działań profilaktycznych, aby kluczowe decyzje w utrzymaniu zdrowia roślin zostały podjęte w odpowiednim czasie. Obecnie zdjęcia multispektralne pozyskane z UAV (ang. Unmanned Aerial Vehicles) umożliwiają dostarczenie obiektywnej i wiarygodnej informacji związanej ze

stanem agrosystemów, dynamiki zmian na nich zachodzących oraz monitorowania zasobów przyrodniczych w sposób szybki i bezkontaktowy. W niniejszej pracy oceniono przydatność zobrazowań multispektralnych z niskiego pułapu do prawidłowej detekcji stresu u roślin. Jako poligon doświadczalny wybrano ogród botaniczny w Kielcach, będący obiektem o dużej bioróżnorodności okazów roślin. W pracy przeanalizowano cztery mapy wskaźników spektralnych w postaci: NDVI (ang. Normalized Difference Vegetation Index), NDRE (ang. Normalized Difference Red-Edge Index), GNDVI (ang. Green Normalized Difference Vegetation Index) oraz rzadziej stosowany wskaźnik PSRI (ang. Plant Senescence Reflectance Index) pod kątem oceny kondycji zdrowotnej roślin. Wartości wskaźnika PSRI > 0,50 w sposób jednoznaczny zidentyfikowały obszary wysokiego stresu w odróżnieniu od pozostałych analizowanych w pracy wskaźników spektralnych. Badania potwierdziły przydatność wskaźnika PSRI do prowadzenia działań monitoringowych na obszarach o zróżnicowanej charakterystyce uprawianych roślin w sposób efektywny i szybki.

Słowa kluczowe: teledetekcja, ogród botaniczny, monitoring upraw, detekcja stresu, wskaźnik spektralny PSRI, bezzałogowy statek powietrzny (BSP), rolnictwo precyzyjne

References

- [1] Neupane K., Baysal-Gurel F.: *Automatic identification and monitoring of plant diseases using unmanned aerial vehicles: A review*, Remote Sens (Basel), vol. 13, no. 19, 2021, doi: 10.3390/rs13193841.
- [2] Stupen R., Ryzhok Z., Stupen N., Stupen O.: *The modeling of the yielding capacity of winter cereals due to satellite monitoring data of agricultural lands in Ukraine*, Geodesy and Cartography, vol. 47, no. 1, pp. 1-9, 2021, doi: 10.3846/gac.2021.11740.
- [3] Radoglou-Grammatikis P., Sarigiannidis P., Lagkas T., Moscholios I.: *A compilation of UAV applications for precision agriculture*, Computer Networks, vol. 172, 2020, doi: 10.1016/j.comnet.2020.107148.
- [4] Marzec P.: *Wykorzystanie wskaźników spektralnych do monitoringu stresu roślin na terenie ogrodu botanicznego w Kielcach*, Master Thesis, Kielce University of Technology, 2022.
- [5] Vanegas F., Bratanov D., Powell K., Weiss J., Gonzalez F.: *A novel methodology for improving plant pest surveillance in vineyards and crops using UAV-based hyperspectral and spatial data*, Sensors (Switzerland), vol. 18, no. 1, pp. 1-21, 2018, doi: 10.3390/s18010260.
- [6] Hunt E.R., Dean Hively W., Fujikawa S.J., Linden D.S., Daughtry C.S.T., McCarty G.W.: *Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring*, Remote Sens (Basel), vol. 2, no. 1, pp. 290-305, 2010, doi: 10.3390/rs2010290.
- [7] Mularz S., Drzewiecki W., Pirowski T.: *Teledetekcyjne metody rejestracji krajobrazu*, Roczniki Geomatyki, vol. V, no. 8, pp. 67-80, 2007.
- [8] Warchoł A.: *Analiza dokładności przestrzennej danych z lotniczego, naziemnego i mobilnego skaningu laserowego jako wstęp do ich integracji*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 25, pp. 255-260, 2013.
- [9] Smith P.: *The challenge for botanic garden science*, Plants People Planet, vol. 1, no. 1, pp. 38-43, 2019, doi: 10.1002/ppp3.10.
- [10] Drzewiecki W.: *Land-Use / Land Cover Monitoring Based on Multitemporal Remote Sensing Images*, Roczniki Geomatyki, vol. VI, no. 3, pp. 132-142, 2008.
- [11] Velusamy P., Rajendran S., Mahendran R.K., Naseer S., Shafiq M., Choi J.-G.: *Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in Precision Agriculture: Applications and Challenges*, Energies (Basel), vol. 15, no. 217, pp. 1-19, 2022, doi: https://doi.org/10.3390/en15010217.
- [12] Balawejder M., Matkowska K., Colak H.E.: *The Impact of Surveying Works on the Development of Smart City*, Geographic Information Systems Conference and Exhibition "GIS ODYSSEY 2018", no. 2623-5714, pp. 20-32, 2018.
- [13] Hejmanowska B., Twardowski M., Żądło A.: *An application of the "traffic lights" idea to crop control in integrated administration control system*, Geomatics and Environmental Engineering, vol. 15, no. 4, pp. 129-152, 2021, doi: 10.7494/geom.2021.15.4.129.
- [14] Sagan V. et al.: *UAV/Satellite multiscale data fusion for crop monitoring and early stress detection*, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 42, no. 2/W13, pp. 715-722, 2019, doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-715-2019.
- [15] Curnel Y., Oger R.: *Agrophenology Indicators From Remote Sensing: State of the Art*, Isprs.Org, pp. 31-38, 2007, [Online]. Available: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/8-W48/31_XXXVI-8-W48.pdf.
- [16] Luo D. et al.: *Using UAV image data to monitor the effects of different nitrogen application rates on tea quality*, J Sci Food Agric, vol. 102, no. 4, pp. 1540-1549, 2022, doi: 10.1002/jsfa.11489.
- [17] Scher C.L. et al.: *Application of remote sensing technology to estimate productivity and assess phylogenetic heritability*, Appl Plant Sci, vol. 8, no. 11, pp. 1-14, 2020, doi: 10.1002/aps3.11401.

- [18] Rafa N., Nuzhat S., Uddin S.M.N., Gupta M., Rakshit R.: Ecotourism as a forest conservation tool: An ndvi analysis of the sitakunda botanical garden and ecopark in chattogram, bangladesh, *Sustainability*, vol. 13, no. 21, 2021, doi: 10.3390/su132112190.
- [19] Minh Chinh L.: Using Satellite Images To Retrieve the River Turbidity and Water Flow Velocity for Monitoring Their Influences on Bridge Substructures, *Structure and Environment*, vol. 15, no. 2, pp. 63-72, 2023, doi: 10.30540/sae-2023-006.
- [20] Backoulou F.G., Elliott N., Giles K., Alves T., Brewer M., Starek M.: Using multispectral imagery to map spatially variable sugarcane aphid infestations in sorghum, *Southwest. Entomol.*, vol. 43, pp. 37-44, 2018, doi: <https://doi.org/10.3958/059.043.0122>.
- [21] Feng L., Chen S., Zhang C., Zhang Y., He Y.: A comprehensive review on recent applications of unmanned aerial vehicle remote sensing with various sensors for high-throughput plant phenotyping, *Comput Electron Agric.*, vol. 182, 2021, doi: 10.1016/j.compag.2021.106033.
- [22] Liang H., Li W., Lai S., Zhu L., Jiang W., Zhang Q.: The integration of terrestrial laser scanning and terrestrial and unmanned aerial vehicle digital photogrammetry for the documentation of Chinese classical gardens – A case study of Huanxiu Shanzhuang, Suzhou, China, *J Cult Herit.*, vol. 33, pp. 222-230, 2018, doi: 10.1016/j.culher.2018.03.004.
- [23] Hajdukiewicz M., Romanyshyn I.: An accuracy assessment of spot heights on Digital Elevation Model (DEM) derived from ALS survey: case study of Łysica massif, *Structure and Environment*, vol. 9, no. 2, pp. 125-132, 2016.
- [24] Zhang Y., Song C., Sun G., Band L.E., Noormets A., Zhang Q.: Understanding moisture stress on light use efficiency across terrestrial ecosystems based on global flux and remote-sensing data, *J Geophys Res Biogeosci.*, vol. 120, no. 10, pp. 2053-2066, 2015, doi: 10.1002/2015JG003023.
- [25] Geonatura Kielce – Botanical Garden website. Accessed: Nov. 20, 2022. [Online]. Available: <https://geonatura-kielce.pl/ogrodbotaniczny/informacje-ogolne/>.
- [26] Sobura S.: Calibration of the Low-Cost Uav Camera on a Spatial Test Field, *Geodesy and Cartography*, vol. 48, no. 3, pp. 134-143, 2022, doi: 10.3846/gac.2022.16215.
- [27] Micasense producer website. Accessed: Nov. 20, 2022. [Online]. Available: <https://support.micasense.com/hc/en-us>.
- [28] Sobura S., Hejmanowska B., Widłak M., Muszyńska J.: *The Application of Remote Sensing Techniques and Spectral Analyzes to Assess the Content of Heavy Metals in Soil – A Case Study of Barania Góra Reserve*, Poland, *Geomatics and Environmental Engineering*, vol. 16, no. 4, pp. 187-213, 2022, doi: 10.7494/geom.2022.16.4.187.
- [29] Pyka K.: *Wavelet-based local contrast enhancement for satellite, aerial and close range images*, *Remote Sens (Basel)*, vol. 9, no. 1, 2017, doi: 10.3390/rs9010025.