

Прогнозирование урожайности зеленых культур на основе мониторинга морфометрических параметров посредством машинного зрения и нейронных сетей

М. А. Астапова¹, М. Ю. Уздяев¹, В. М. Кондратьев²

¹Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук
199178, Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, 39

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
196601, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, 2

Аннотация. Средства искусственного интеллекта и технического зрения играют важную роль в автоматическом определении стадий роста растений. Исследование направлено на изучение современных технологий для автоматического анализа и измерения характеристик растений, таких как высота, площадь листьев и другие морфометрические параметры. В данной статье рассматривается применение машинного зрения и нейронных сетей для мониторинга морфометрических параметров и прогнозирования урожайности зеленых культур. Разработан алгоритм определения стадий роста салата, который осуществляет сбор данных о растениях с помощью мультиспектральной камеры, а затем анализирует полученную информацию с использованием нейронных сетей. Обучение классификации стадий роста выполнялось на подвыборке исходного датасета, состоящей из 273 случайно отобранных изображений с соблюдением баланса классов (91 изображение в каждом классе). Размер обучающей выборки для каждого класса – 45 изображений и размер тестовой выборки – 46 изображений для каждого класса. Классификация стадий роста показала высокие результаты: более 95 % верно распознанных экземпляров; более 93 % верных распознаваний отдельных стадий роста. По отдельным метрикам (Precision, Recall, F1-score) лучше всего себя показала архитектура ResNet34.

Ключевые слова: техническое зрение, нейронные сети, прогнозирование урожайности, автоматизация производства

REFERENCES

1. Щербина Т. А. Цифровая трансформация сельского хозяйства РФ: опыт и перспективы // Россия: тенденции и перспективы развития. 2019. № 14-1. С. 450–453. EDN: UGBYZT
Shcherbina T.A. Digital transformation of agriculture in the Russian Federation: experience and prospects. *Rossiia: tendentsii i perspektivy razvitiya* [Russia: trends and development prospects]. 2019. No. 14-1. Pp. 450–453. EDN: UGBYZT. (In Russian)
2. Zhao C., Zhang Y., Du J. et al. Crop phenomics: current status and perspectives. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 714. DOI: 10.3389/fpls.2019.00714
3. Shukla R., Dubey G., Malik P. et al. Detecting crop health using machine learning techniques in smart agriculture system. *Journal of Scientific & Industrial Research*. 2021. Vol. 80. No. 08. Pp. 699–706.
4. Varshney D., Babukhanwala B., Khan J. et al. Plant disease detection using machine learning techniques. 2022 *3rd International Conference for Emerging Technology (INCET)*. IEEE, 2022. Pp. 1–5.
5. Jiang Y., Li C. Convolutional neural networks for image-based high-throughput plant phenotyping: a review. *Plant Phenomics*. 2020. DOI: 10.34133/2020/4152816
6. Adhikari N.D., Simko I., Mou B. Phenomic and physiological analysis of salinity effects on lettuce. *Sensors*. 2019. Vol. 19. No. 21. P. 4814. DOI: 10.3390/s19214814
7. Simko I., Hayes R.J., Furbank R.T. Non-destructive phenotyping of lettuce plants in early stages of development with optical sensors. *Frontiers in plant science*. 2016. Vol. 7. P. 1985. DOI: 10.3389/fpls.2016.01985

8. Grahm C.M., Benedict C., Thornton T., Miles C. Production of baby-leaf salad greens in the spring and fall seasons of northwest Washington. *HortScience*. 2015. Vol. 50. No. 10. Pp. 1467–1471. DOI: 10.21273/HORTSCI.50.10.1467
9. Wen Y., Zha L., Liu W. Dynamic responses of ascorbate pool and metabolism in lettuce to light intensity at night time under continuous light provided by red and blue LEDs. *Plants*. 2021. Vol. 10. No. 2. P. 214. DOI: 10.3390/plants10020214
10. Barbedo J.G.A. Detection of nutrition deficiencies in plants using proximal images and machine learning: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 162. Pp. 482–492. DOI: 10.1016/j.compag.2019.04.035
11. Jung D.H., Park S.H., Han X.Z., Kim H.J. Image processing methods for measurement of lettuce fresh weight. *Journal of Biosystems Engineering*. 2015. Vol. 40. No. 1. Pp. 89–93. DOI: 10.5307/JBE.2015.40.1.089
12. Lin Z., Fu R., Ren G. et al. Automatic monitoring of lettuce fresh weight by multi-modal fusion based deep learning. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 980581. DOI: 10.3389/fpls.2022.980581
13. Wang M., Guo X. Extracting the height of lettuce by using neural networks of image recognition in deep learning. *ESS Open Archive*. 2022. DOI: 10.1002/essoar.10510405.1
14. Gang M.S., Kim H.J., Kim D.W. Estimation of greenhouse lettuce growth indices based on a two-stage CNN using RGB-D images. *Sensors*. 2022. Vol. 22. No. 15. P. 5499. DOI: 10.3390/s22155499
15. Lu J.Y., Chang C.L., Kuo Y.F. Monitoring growth rate of lettuce using deep convolutional neural networks. *2019 ASABE Annual International Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 2019. P. 1. DOI:10.13031/aim.201900341
16. Mokhtar A., El-Ssawy W., He H. et al. Using machine learning models to predict hydroponically grown lettuce yield. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 706042. DOI: 10.3389/fpls.2022.706042
17. Martinez-Nolasco C., Padilla-Medina J.A., Nolasco J.J.M. et al. Non-Invasive monitoring of the thermal and morphometric characteristics of lettuce grown in an aeroponic system through multispectral image system. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12. No. 13. P. 6540. DOI: 10.3390/app12136540
18. Zhang Y., Wu M., Li J. et al. Automatic non-destructive multiple lettuce traits prediction based on DeepLabV3+. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2023. Vol. 17. No. 1. Pp. 636–652. DOI: 10.1007/s11694-022-01660-3
19. Wada K. Labelme: Image polygonal annotation with Python. 2016. URL: <https://github.com/labelmeai/labelme>
20. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*. 2014. DOI: 10.48550/arXiv.1409.1556
21. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016. Pp. 770–778.
22. Tan M., Le Q. Efficient net: Rethinking model scaling for convolutional neural networks. *International conference on machine learning, PMLR*, 2019. Pp. 6105–6114.
23. Kumar V., Arora H., Sisodia J. Resnet-based approach for detection and classification of plant leaf diseases. *2020 International conference on electronics and sustainable communication systems (ICESC), IEEE*, 2020. Pp. 495–502. DOI:10.1109/ICESC48915.2020.9155585
24. Elwirehardja G.N., Prayoga J.S. Oil palm fresh fruit bunch ripeness classification on mobile devices using deep learning approaches. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021. Vol. 188. P. 106359. DOI:10.1016/j.compag.2021.106359
25. Wang J., Zhang H., Zhou W. Apple automatic classification method based on improved VGG11. *Third International Conference on Computer Vision and Pattern Analysis (ICCPA 2023)*. SPIE, 2023. Vol. 12754. Pp. 473–478.

Информация об авторах

Астапова Марина Алексеевна, мл. науч. сотр. лаборатории технологий больших данных социкиберфизических систем, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук (СПб ФИЦ РАН);

199178, Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, 39;

astapova.m@iias.spb.su, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9121-894X>, SPIN-код: 3195-0770

Уздяев Михаил Юрьевич, мл. науч. сотр. лаборатории технологий больших данных социкиберфизических систем, Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (СПб ФИЦ РАН);

199178, Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, 39;

uzdyaev.m@iias.spb.su, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7032-0291>, SPIN-код: 7398-2273

Кондратьев Виталий Михайлович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ);

196601, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, 2;

vitsevs@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5822-4144>, SPIN-код: 2148-2591