

УДК 631.004.02

**НАДІЙНІСТЬ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ПЛОДІВ
SMART-ТЕХНОЛОГІЙ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ
ПЛОДОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ САДІВНИЦТВА**

І. О. ДЕРКАЧ, аспірант
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: igorpost@gmail.com

Комп'ютерний зір відіграє ключову роль при побудові роботизованих систем, що призначені для збору фруктів. Потреба розвитку систем комп'ютерного зору полягає в тому, щоб забезпечити точне виявлення, сегментацію та захоплення плодів в режимі реального часу. Сучасні дослідження в першу чергу зосереджені на вдосконаленні глибокого навчання, розробках у галузі стереозору та позиціонуванні систем збору (маніпуляторів) у просторі для підвищення точності та швидкості збирання врожаю. Мета цього аналізу – порівняти моделі нейронних мереж для застосування в садівництві та вказати їх переваги і недоліки при вирішенні задач сегментації плодів.

У застосунках машинного зору з метою сегментації та позиціонування маніпуляторів застосовують як традиційні 2D методи, що базуються на аналізі ознак (форма, колір, текстура) за допомогою SVM та класифікаторів випадкового лісу, так і сучасні підходи з використанням RGB-D камер та нейронних мереж. Сучасні згорткові нейронні мережі (Faster R-CNN, Mask R-CNN, YOLO) дають змогу досягти високої точності в умовах мінливого освітлення й перекриття [1, 2]. Сімейство моделей виявлення об'єктів YOLO є одною з найвідоміших нейронних мереж, що ефективно вирішує задачі виявлення та сегментації. YOLOv8, найновіша одноетапна модель, що включає ряд інновацій в порівнянні з попередніми моделями серії: псевдоконтроль (PS) для покращення надійності, архітектуру Darknet-53 для ефективного вилучення функцій та архітектурні зміни, такі як заміна модуля C3 на модуль C2F для кращої точності та швидкості. Крім того, YOLOv8 включає додатковий згортковий шар 3×3 для зменшення обчислювального навантаження та відокремлену гілку для більш точного виявлення та класифікації об'єктів. В дослідженнях застосування нейронних мереж для задач садівництва саме ця модель використовується найчастіше нарівні з Mask R-CNN та Faster R-CNN. Проте, не дивлячись на ефективність та потенційну застосовність «універсальні» згорткові мережі часто не враховують специфіку садівництва та обмежені при роботі зі складними сценами як то умови саду [3]. Задля ефективної сегментації плодів у складних умовах (перекриття листям, гілками) різними авторами створено нові нейронні мережі на базі вже існуючих. Моделі сімейства DaSNet (v1 та покращена v2) [1] побудовані на базі YOLO, що дозволяє їм ефективно обробляти зображення в режимі реального часу та, водночас, бути адаптованими до вимог садівництва (рис. Рис. 1) [1]. Архітектура DaSNet включає в себе багато-рівневу піраміду ознак, що отримує тензори з шарів C3 (1/8), C4 (1/16), C5 (1/32) та базової мережі (Resnet-101), дозволяючи одночасно визначати положення (нижчі рівні мережі) та тип об'єкта (вищі рівні мережі). Для зменшення просторових зсувів і дисбалансу градієнта в DaSNet застосовується керована піраміда ознак (Gated Feature Pyramid Network (рис.Рис. 1) [1]. Механізм вибіркового керування призначає вагу кожному каналу вхідних ознак за допомогою сигмоїдної функції (значення у діапазоні від 0 до 1) і масштабує ознаки поканальним множенням. Після цього використовується пакетна нормалізація, що стабілізує й прискорює навчання мережі. Завдяки такому підходу DaSNet ефективно виділяє важливі ознаки та покращує точність виявлення і сегментації [1].

Для класифікації об'єктів різних масштабів DaSNet-V2 використовує Atrous Spatial Pyramid Pooling. Вихід $y[i]$ такої просторової вибірки для одновимірного сигналу $x[i]$ довжини K з фільтром $\omega[k]$ буде визначатися

$$y[i] = \sum_{k=1}^K x[i + r \cdot k] \omega[k]$$

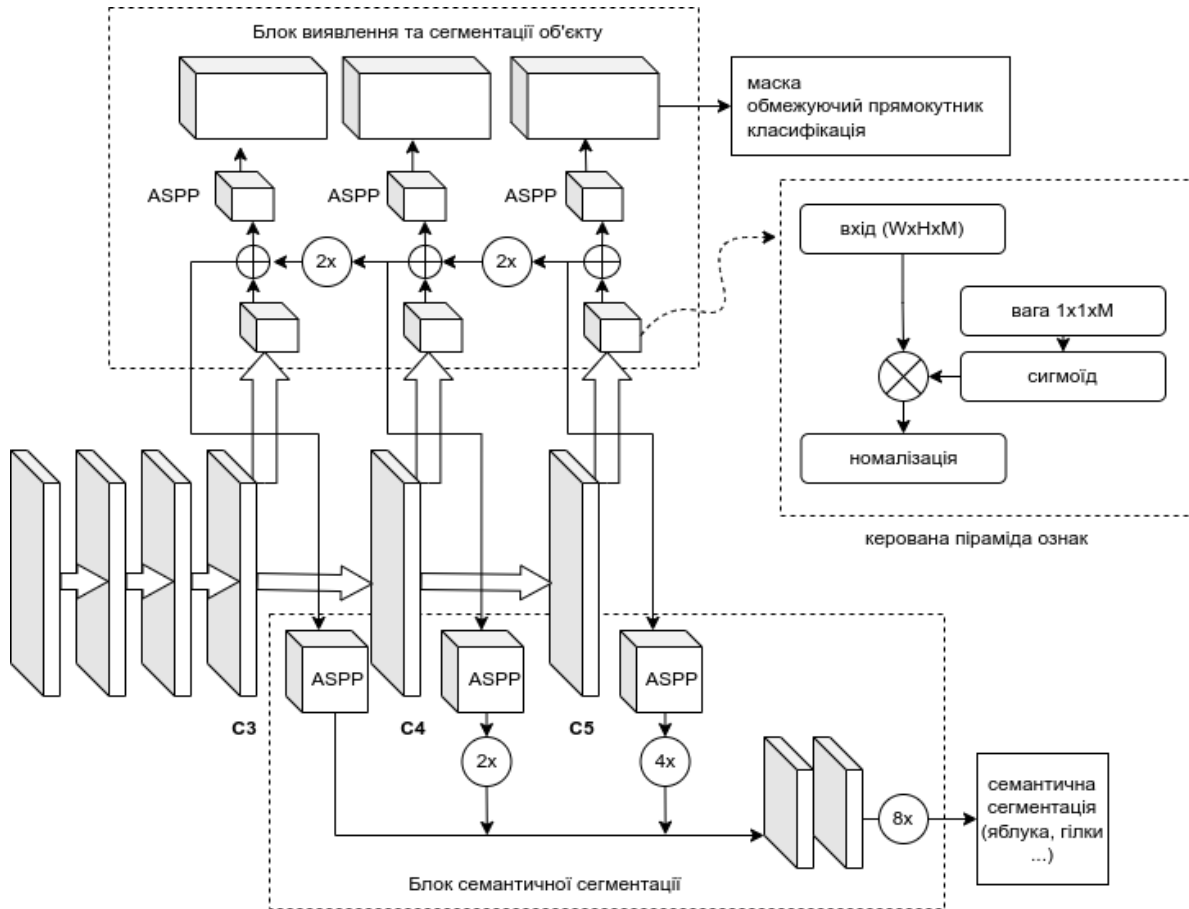


Рис. 1. Архітектура мережі DaSNet-V2.

Для охоплення кожної зони об'єктів, що виявлено, на мапі ознак використовуються 3 розширені згорткові ядра з коефіцієнтами розширення 1, 2 та 4 та ядро 1×1 [1]. Маска об'єкта реконструюється за допомогою апсемплінгу (збільшення роздільної здатності) тензора ознак для кожної комірки мапи ознак. Попри ефективність DaSNet-V2, точність знижується за наявності великих скупчень яблук або численних перешкод, оскільки мережі бракує спеціального механізму для розрізнення затемнених ділянок від плодів, що частково перекриті іншими об'єктами.

Сучасні нейронні мережі з глибоким навчання є важливою частиною роботизованих комплексів для збирання плодів в садівництві. Мережі, що адаптовані для роботи в садах як то DaSNet-V2 і O2RNet демонструють ефективність у складних умовах перекриття, тоді як поширені моделі можуть забезпечити швидкість для роботи в реальному часі, втративши при цьому точність. Порівняльна характеристика різних нейронних мереж що застосовувалися авторами для виявлення яблук наведена в таблиці 1.

Альтернативна модель O2RNet призначена саме для складних випадків виявлення яблук на зображеннях коли присутнє перекриття (Рис. 2) [3]. Вона містить механізм [4], що моделює взаємодію між «закриваючими» (occluders) та «закритими» (occludees) об'єктами [5].

Таблиця 1. Порівняльна характеристика різних нейронних мереж

Мережа	Точність (%)	Швидкість обробки	Підтримує перекриття?	Найкращий сценарій використання
YOLOv8	93%	швидка	частково	Обробка даних в реальному часі
Mask R-CNN	85%	повільна	так	Задачі сегментації
O2RNet	94%	середня	так	Визначення скупчення яблук
DaSNet-V2	84.4%	висока	так	Задачі сегментації
YOLOv5	91%	висока	так	Обробка даних в реальному часі

Архітектурно O2RNet базується на Faster R-CNN [6], але має дві гілки: одну для чітко видимих плодів [7], і другу – для об’єктів під перекриттям [8] (Рис. 2). Це запобігає надмірному придушенню [8] та зменшує хибно-негативні спрацьовування [9]. Під час обробки RoI (Region of Interest) O2RNet розділяє об’єкти на «закриваючі» та «закриті» [10], уточнює їхні межі й не видаляє об’єкти [11], що опинилися під частковим перекриттям, коли застосовується Non-Maximum Suppression [12].

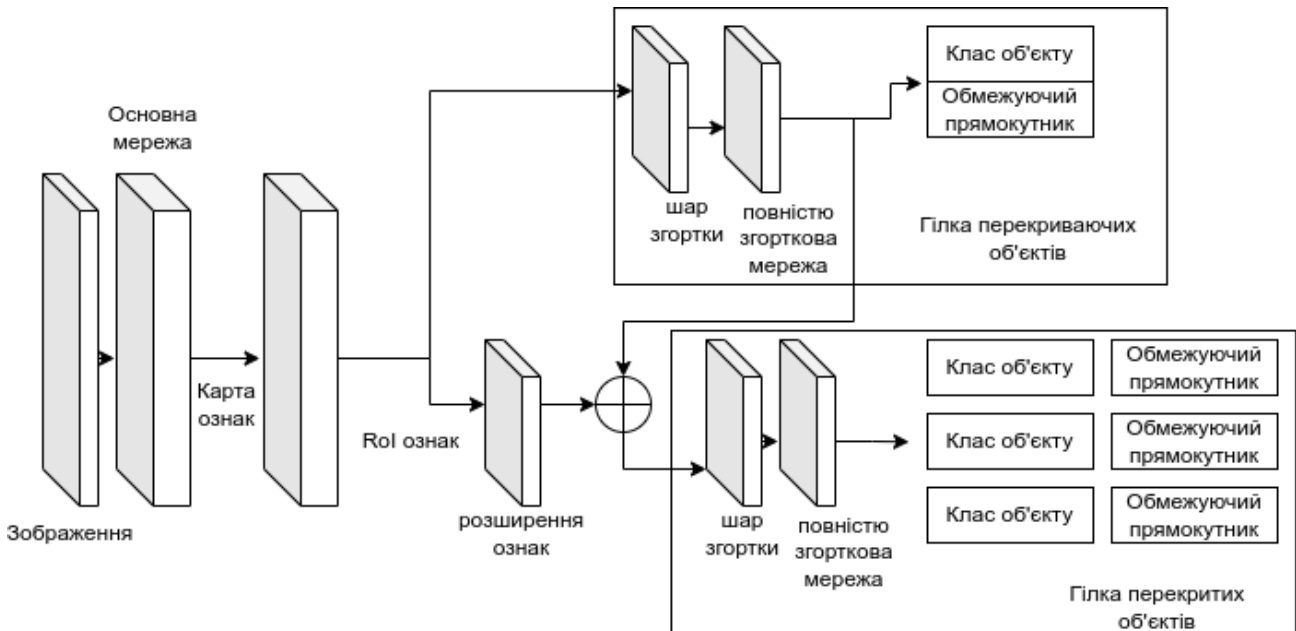


Рис. 2. Архітектура мережі OR2Net.

Список використаних джерел

1. Kang H., Chen C. Fruit detection, segmentation and 3D visualisation of environments in apple orchards. Comput Electron Agric. 2020. Vol. 171. P. 105302.

2. Yoshida T., Kawahara T., Fukao T. Fruit recognition method for a harvesting robot with RGB-D cameras. *ROBOMECH Journal*. 2022. Vol. 9. P. 1–10.

3. Chu P. et al. O2RNet: Occluder-occludee relational network for robust apple detection in clustered orchard environments. *Smart Agricultural Technology*. 2023. Vol. 5. P. 100284.

4. Orfanidis G. et al. A deep neural network for oil spill semantic segmentation in sar images. 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). IEEE. 2018. P. 3773–3777.

5. Rogovskii I. L. Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162>.

6. Zagurskiy O. M., Pokusa Z. S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020; ISBN 978-83-66567-13-9; pp. 162.

7. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. Vol. 10 (3). P. 181–187.

8. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. *Engineering for Rural Development*. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.

9. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. *Engineering for Rural Development*. 2022. Vol. 21. P. 924–929.

10. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2025). Engineering and security management of Smart technology of agtronics of crop production. *Contributions to Finance and Accounting*. Springer, Cham. P. 93–102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10. Scopus. WoS.

11. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, (2025). Vol. 12(1). P. E1–E9. [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).e1](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1).

12. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Y.O., Nadtochiy O.V. Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 839 (5). P. 052055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/5/052055>.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



PROCEEDINGS

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated
to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)*

«KRAMAROV'S READINGS»

*February 20-21, 2025
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;
Тонха О. Л. – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Мельник В. І. – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**
Автухов А. К. – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
Адамчук В. В. – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;
Альмейда А. – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);
Аулін В. В. – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
Арак М. – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
Банний О. О. – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
Бєлоєв Х. – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);
Борак К. В. – заступник директора ЖАТФК;
Братішко В. В. – декан МТФ НУБіП України;
Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;
Булгаков В. М. – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;
Василенко М. О. – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;
Васильковський О. М. – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;
Войтюк Д. Г. – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;
Герук С. М. – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
Джеонг Ілля – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);
Домейка Р. – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);
Захарчук О. В. – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;
Іванишин В. В. – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;
Ковалишин С. Й. – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;
Коренко М. – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

Тін Ю Чен - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

Фіндура П. – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

Шарибура А. О. – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

Яковенко І. А. – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.