О. Вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Сучасні проблеми взаємозамінності та стандартизації у машинобудуванні*: матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і здобувачів вищої освіти (м. Миколаїв, 24-26 квітня 2019 р.). Миколаїв: МНАУ, 2019. С. 46–57.

Abstract. *The paper reviews the potential of computer vision for assessing soil surface conditions after ploughing. Approaches to measuring surface microrelief, visible soil clods and crop residue cover are discussed. A vision module mounted on a ploughing unit and integrated with additional sensors is proposed. The limitations of optical assessment and requirements for field validation are outlined.*

Keywords: *ploughing, soil tillage quality, computer vision, stereo vision, microrelief, crop residues, measurement system.*

Науковий керівник:

Дьяконов С. О.

Канд. техн. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет

УДК 631.3:004.932:681.5

КОМП’ЮТЕРНИЙ ЗІР У КЕРУВАННІ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Юрій КРИВОРУЧКО

Здобувач вищої освіти спеціальності Н7 Агроінженерія

Державний біотехнологічний університет

м. Харків, Україна

Анотація. *Розглянуто застосування комп’ютерного зору для керування робочими органами сільськогосподарських машин. На прикладах міжрядного культиватора, обприскувача та роботизованого збирача визначено вимоги до розташування камер, виконавчих механізмів і синхронізації їхньої роботи. Обґрунтовано необхідність урахування швидкості руху, затримки керування та похибок позиціювання під час конструювання машин.*

Ключові слова: *комп’ютерний зір, робочі органи, автоматизація,*

культиватор, вибіркове обприскування, роботизоване збирання, виконавчий механізм.

Розвиток сільськогосподарської техніки пов’язаний із підвищенням вибірковості та точності дії робочих органів. За традиційного виконання операцій їхнє положення й режим роботи переважно задаються оператором для всієї оброблюваної смуги. Однак розташування рослин, міжряддя та доступність плодів змінюються в межах робочої ділянки. Це створює потребу в системах, які визначають положення цільового об’єкта й відповідно коригують механічну дію.

Комп’ютерний зір забезпечує отримання інформації про об’єкт за цифровими зображеннями. Для керування машиною результат розпізнавання необхідно перетворити на команду виконавчому механізму: змістити секцію культиватора, відкрити клапан форсунки або підвести захват до плоду. Тому впровадження камер потребує узгодженого проєктування системи спостереження, контролера, привода та робочого органа.

Мета роботи – узагальнити принципи використання комп’ютерного зору для керування робочими органами сільськогосподарських машин та визначити конструктивні вимоги до таких систем. Робота має оглядовий характер і ґрунтується на аналізі наукових публікацій та технічних матеріалів [1–6]. Наведені інженерні пропозиції не є результатами власних польових випробувань.

Керування положенням міжрядного культиватора. Під час міжрядного обробітку необхідно забезпечувати рух робочих органів поблизу рядків без пошкодження культурних рослин. Камера дозволяє визначати напрям рядка та поперечне відхилення знаряддя. Khan та співавтори [1] розглянули розпізнавання рядків із застосуванням перетворення перспективи, сегментації за кольором, кластеризації й апроксимації ліній. Отримані геометричні параметри можуть використовуватися як вхідні дані системи наведення.

Прикладом конструктивної реалізації є система ROW-GUARD, у якій камера поєднана зі зміщувальною рамою культиватора [2]. За результатами

спостереження система коригує поперечне положення знаряддя відносно рядків рослин.

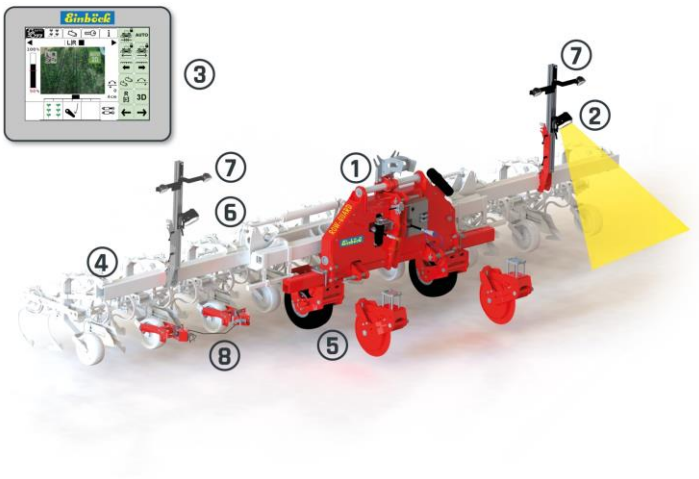


Рис. 1. Приклад інтеграції камери та зміщувальної рами культиватора

Під час конструювання такого механізму необхідно визначити потрібний хід рами, швидкість її переміщення та точність позиціювання. Камеру слід установлювати так, щоб рядки залишалися в полі огляду за допустимих відхилень агрегату. Водночас надмірне наближення робочих органів до рослин обмежується сумарною похибкою розпізнавання, калібрування, переміщення рами та деформаціями конструкції. Захисну зону потрібно призначати з урахуванням цих складових і перевіряти під час випробувань.

На етапі компонування необхідно забезпечити достатній огляд, стабільність кріплення камери та доступ для обслуговування. Слід передбачити захист оптики від пилу, вологи й механічних пошкоджень. Зміщення камери відносно робочого органа внаслідок вібрацій або деформацій може порушувати калібрування та збільшувати похибку виконання операції.

Для контролю фактичної дії доцільно використовувати датчики переміщення, швидкості й орієнтації. Приклад побудови вимірювальної системи для дослідження мобільних машин наведено [6]. У системах візуального керування пропонується синхронізувати зображення з показаннями датчиків, щоб узгоджувати момент спостереження з положенням машини та робочого органа.

Окремою вимогою є визначена реакція на втрату достовірних даних.

Забруднення об’єктива, перекриття рослин або різка зміна освітлення можуть унеможливити надійне розпізнавання. Залежно від операції необхідно передбачати припинення вибіркової дії, відведення робочого органа або передавання керування оператору.

Висновки. Комп’ютерний зір створює передумови для керування робочими органами відповідно до фактичного розташування рослин і плодів. Основними напрямами є поперечне позиціювання культиватора, вибіркове керування форсунками та просторове наведення захвата. Практична реалізація потребує спільного проєктування камер, контролера й виконавчих механізмів, урахування затримок та калібрування їхнього взаємного положення. Результативність системи необхідно оцінювати за точністю і якістю виконання технологічної операції в реальних умовах.

Список використаних джерел

1. Khan M. N., Rahi A., Rajendran V. P., Al Hasan M., Anwar S. Real-time crop row detection using computer vision- application in agricultural robots. Frontiers in Artificial Intelligence. 2024. Vol. 7. 1435686. DOI: 10.3389/frai.2024.1435686.

2. Einböck. Camera steering system and sideshift frame ROW-GUARD. URL: https://www.einboeck.at/en/products/crop-care/accessories-for-hoes/row-guard/.

3. John Deere. See & Spray Select. URL: https://www.deere.ca/en/sprayers/see-spray-select/.

4. Tang S., Xia Z., Gu J., Wang W., Huang Z., Zhang W. High-precision apple recognition and localization method based on RGB-D and improved SOLOv2 instance segmentation. Frontiers in Sustainable Food Systems. 2024. Vol. 8. 1403872. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1403872.

5. Антощенков Р. В., Галич І. В., Мікла І. А., Козлов О. С., Сизько А. А. Інтелектуальні інформаційні системи у сільському господарстві. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. Вип. 199. С. 205-212.

6. Антощенков Р. В., Галич І. В., Корсун А. О., Тюпа Д. В., Колодяжний І. О. Вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Сучасні*

проблеми взаємозамінності та стандартизації у машинобудуванні: матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і здобувачів вищої освіти (м. Миколаїв, 24-26 квітня 2019 р.). Миколаїв : МНАУ, 2019. С. 46-57.

Abstract. *The paper reviews computer vision applications for controlling the working elements of agricultural machines. Examples of inter-row cultivator guidance, selective nozzle actuation and robotic fruit harvesting are considered. Requirements for camera placement, actuator performance, calibration and synchronization are outlined. The importance of accounting for machine speed, control latency and positioning errors is emphasized.*

Keywords: *computer vision, working elements, automation, cultivator, selective spraying, robotic harvesting, actuator.*

Науковий керівник:

Галич І.В.

Канд. техн. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет