

**УДК 631.362:004.896**

*О.І. Цомпель, студент гр. ПБ-41мп, д.т.н., проф. Безуглий М.О.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

## **МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОПОЛКИ БУР'ЯНІВ**

**Анотація.** Представлено систему мобільного робота для автономної прополки бур'янів із використанням сучасних технологій автоматизації. Основу системи становить Raspberry Pi, який керує процесами навігації, обробки зображень та управління виконавчими механізмами. Робот оснащено динамічною телескопічною базою, центральним прополувальним ножом на сервоприводі, камерою та модульною конструкцією корпусу. У публікації наведено опис функціональних вузлів та конструктивної моделі, реалізованої в CAD-середовищі.

**Ключові слова:** Raspberry Pi, робот, прополка, автоматизація, технічний зір, сервопривод, 3D-модель

### **ВСТУП**

Сучасне сільське господарство дедалі більше орієнтується на автоматизацію як засіб підвищення продуктивності та зниження витрат. Автоматизовані системи здатні значно полегшити догляд за посівами, зокрема виконуючи завдання селективного видалення бур'янів, що дозволяє зменшити використання хімічних засобів, таких як гербіциди, і забезпечити екологічну безпеку. Одним із перспективних напрямків у цій сфері є створення автономних роботів для прополки, які працюють на основі сучасних технологій, таких як GPS-навігація, нейронні мережі та технічний зір.

### **МЕТА РОБОТИ**

Здійснити моделювання функціонування автономної автоматизованої системи для селективного видалення бур'янів із використанням GPS-навігації, технічного зору та алгоритмів штучного інтелекту з метою формування технічних і конструктивних передумов для подальшого створення фізичного прототипу мобільного робота, придатного до використання в польових умовах.

### **ОПИС 3D-МОДЕЛІ**

На рисунку 1 представлено створену в Blender 3D-модель робота. Основу конструкції складає прямокутна алюмінієва рама, до якої кріпляться всі компоненти. Корпус має знімну верхню кришку для доступу до електроніки.

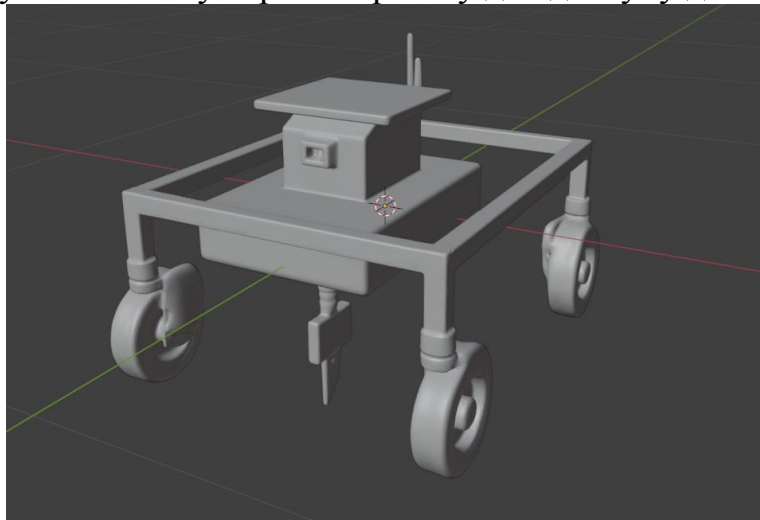


Рис.1. 3D модель автоматизованої системи для прополки бур'янів

У центральній частині корпусу розміщено обчислювальний модуль Raspberry Pi, який виконує функції обробки зображень, отриманих із вбудованої камери технічного зору, запуску алгоритмів глибинного навчання (наприклад, у форматі TensorFlow Lite) та управління виконавчими пристроями системи, зокрема сервоприводами і електроприводами коліс.

Прополювальний модуль представлено у вигляді одного ножа, змонтованого по центру шасі. Керування його положенням здійснюється за допомогою двох сервоприводів, які забезпечують зміну положення ножа у вертикальній та горизонтальній площинах, що дозволяє точно реагувати на координати, визначені системою технічного зору.

Конструкція колісної бази є телескопічною, що дає змогу регулювати ширину між колесами в залежності від ширини міжрядь на полі. Кожне колесо кріпиться до рами за допомогою індивідуального кронштейна та оснащено окремим мотор-редуктором.

Фронтальна камера, інтегрована в передню панель корпусу, орієнтована під кутом до ґрунту, забезпечуючи оптимальний огляд оброблюваної зони. Отримані зображення в режимі реального часу передаються безпосередньо до обчислювального модуля, де піддаються аналізу для виявлення небажаної рослинності.

## **РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РОСЛИН**

Однією з ключових функцій автономного робота є можливість автоматичного виявлення бур'янів на основі аналізу зображень, отриманих із вмонтованої камери технічного зору. Для цього було реалізовано програмне забезпечення, побудоване на основі згорткової нейронної мережі, оптимізованої для роботи в реальному часі на мікрокомп'ютері Raspberry Pi. Навчання мережі здійснювалося на основі спеціально сформованої вибірки зображень культурних рослин і бур'янів, які попередньо було анотовано вручну. У процесі обробки даних використовувались сучасні методи аугментації (дзеркалення, масштабування, повороти), що підвищували стійкість моделі до зміни умов навколишнього середовища.

Розпізнавання здійснюється за сукупністю візуальних ознак, серед яких головну роль відіграють геометричні характеристики (форма листя, контури, симетричність), текстурні особливості поверхні та колірні компоненти. Зокрема, форма листків бур'янів часто має хаотичну або зубчасту структуру, тоді як культурні рослини характеризуються більш впорядкованими та типовими обрисами. Текстура аналізується з урахуванням мікропатернів, які формуються на поверхні листя й дозволяють ідентифікувати характерні ознаки навіть при однаковій кольоровій гамі. Колір також враховується, однак через вплив зовнішнього освітлення його інформативність вважається допоміжною; для компенсації варіацій застосовується попередня нормалізація яскравості та контрасту.

Результати класифікації зображень використовуються для визначення просторових координат виявлених бур'янів відносно корпусу робота. Ці

координати передаються до модуля керування прополювальним механізмом, після чого активуються сервоприводи, що позиціонують ніж у точці виявлення. Такий підхід дозволяє забезпечити високу точність вибіркового видалення небажаних рослин без шкоди для культурних. Застосування методів глибинного навчання у поєднанні з оптимізованою обробкою зображень забезпечує стабільну роботу системи в умовах змінного освітлення, нерівного рельєфу та різноманітності форм бур'янів.

## **ВИСНОВКИ**

Розроблена система для селективної прополки бур'янів сприяє підвищенню рівня автоматизації сільськогосподарських процесів, зменшенню залежності від хімічних засобів захисту рослин та скороченню потреби в ручній праці. Інтеграція технологій супутникової навігації, комп'ютерного зору та алгоритмів штучного інтелекту може забезпечити високу точність виявлення та видалення бур'янів у польових умовах. Подальший розвиток системи передбачає вдосконалення програмних алгоритмів обробки зображень, підвищення енергоефективності системи та розширення її функціональних можливостей для адаптації до різноманітних агротехнічних задач.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Іваненко, А.І. Автоматизовані системи управління: навчальний посібник. — Київ: КПІ, 2020.
- [2] Сидоренко, Б.В. Математичне моделювання процесів керування в робототехніці. — Київ: Либідь, 2019.
- [3] Гончаров, В.О. Технічне зір і нейронні мережі в робототехніці: підручник. — Харків: Фоліо, 2021.
- [4] Цомпель О.І., Безуглий М.О., Кравченко І.М. Автоматизована система для прополки бур'янів // Збірник праць XX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 04–05 грудня 2024 р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. — С. 138–141.