

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Овчар Катерина Віталіївна

УДК 004.925.5

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО
РОЗПІЗНАВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

Напрямок підготовки 6.0501.02 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат
бакалаврської роботи
на здобуття кваліфікації бакалавра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

Керівник: **Бурлаченко Іван Сергійович,**
ЧНУ ім. Петра Могили,
старший викладач кафедри
комп'ютерної інженерії

Рецензент: канд. техн. наук
Сіденко Євген Вікторович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
доцент б. в. з. кафедри інтелектуальних
інформаційних систем

Консультант: **Алексєєва Анна Олександрівна,**
ЧНУ ім. Петра Могили,
старший викладач кафедри екології
Медичного інституту

Захист відбудеться «21» червня 2019 року на засіданні Екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406.

З бакалаврською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили за посиланням <http://chmnu.edu.ua>.

Автореферат оприлюднений « 18 » червня 2019 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Як одна із ключових галузей промисловості України, агропромисловість ставить за мету отримання продуктів високої якості при зниженні їх собівартості та часу на їх підготовку. Ефективне рішення цієї проблеми – заміна ручної праці на машинну, оскільки людина має меншу ефективність праці, не може довго виконувати повторювані задачі, та здатна продуктивно працювати лише в рамках обмеженого часу.

Одними з основних задач, які мають бути автоматизовані, є задачі автоматичного збирання та сортування плодів сільськогосподарського виробництва. Втім, велика складність задачі автоматичного збирання врожаю полягає не в розпізнаванні плодів, а безпосередньо в їхньому збиранні. Досить складно запобігти пошкодженню, які може отримати плід в процесі автоматичного збирання. Плоди, стійкі до пошкодженню, такі як мигдаль або оливки, можна досить ефективно збирати шляхом струшування їх з дерев. Очевидно, що цей метод не підходить для більш м'яких плодів, таких як апельсини чи виноград.

Така ж проблема існує і при вирішенні задачі автоматичного сортування врожаю. Дослідження пропонують різні методи сортування – магнітогідродинамічні установки, Байєсівські класифікатори (за насиченістю кольору), модулі технічного зору. Втім, більшість з цих методів не враховують фізичні властивості плодів, або мають порівняно складну конструкцію та високу вартість.

Дана робота присвячена автоматизації одного з важливих етапів агропромислового процесу – автоматичному сортуванню врожаю з мінімальними пошкодженнями для плоду.

Мета: досягти високої якості розпізнавання об'єктів с/г виробництва за допомогою бібліотеки OpenCV та забезпечити сортування об'єктів за властивостями.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- досягти високої якості розпізнавання об'єктів с/г виробництва за допомогою бібліотеки OpenCV та забезпечити сортування об'єктів за властивостями;
- розробити апаратний комплекс, який би забезпечував автоматичне сортування розпізнаних об'єктів в режимі реального часу;
- знайти оптимальний спосіб визначення координат об'єкта та його відстані до маніпулятора;
- реалізувати захоплення об'єкту маніпулятором без пошкодження форми об'єкта;
- розробити питання з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Об'єкт: процес розпізнавання об'єктів с/г виробництва та автоматичного сортування за допомогою руки-маніпулятора.

Предмет: програмно-апаратний комплекс для розпізнавання об'єктів с/г виробництва на основі відео, отриманого з відеокамер, та автоматичного сортування розпізнаних об'єктів в режимі реального часу.

Використані методи: лінійна регресія, експеримент, статистичні методи, тестування.

Практичне значення одержаних результатів: розроблений програмно-апаратний комплекс може бути рекомендовано до застосування на підприємствах з конвеєрними лініями сортування зібраного врожаю, наприклад Sandora LLC.

Апробація результатів бакалаврської роботи відбулася в рамках XXI Всеукраїнської науково-методичної конференції «Могилянські читання-2018. Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти» (м. Миколаїв, ЧНУ ім. Петра Могили).

Публікації. За результатами бакалаврської роботи опубліковано тези у збірнику матеріалів Всеукраїнської конференції.

Структура та обсяг роботи. Бакалаврська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 34 найменувань, 5 додатків на 10 сторінках, спеціальної частини з охорони праці та безпеки життєдіяльності. Основна частина роботи становить 65 сторінок, серед яких 37 рис. та 16 табл.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми бакалаврської роботи – необхідність автоматизації агропромисловості як однієї з ключових галузей промисловості України. Наведено мету, об’єкт та предмет дослідження, а також завдання, поставлені для досягнення мети. Вказано методи дослідження, використані при виконанні бакалаврської роботи (лінійна регресія, статистичні методи, експеримент, та тестування). Описано практичне значення роботи. Наведено інформацію про конференцію, в рамках якої відбулася апробація результатів роботи, та тези, опубліковані за результатами матеріалів роботи.

У **першому розділі** бакалаврської роботи «**Аналітичний огляд методів автоматичного сортування об’єктів сільськогосподарського виробництва та керування рукою-маніпулятором**» проведено огляд методів розпізнавання та сортування об’єктів сільськогосподарського виробництва, та конструкцій руки-маніпулятора, пристосованих до виконання різноманітних задач.

Розглянуто методи сортування плодів сільськогосподарського виробництва, що базуються на технологіях машинного зору. Різними вченими запропоновано такі методи: дискримінантний аналіз, алгоритми нечіткої логіки, Баєсівські класифікатори на основі гаусових сумішей, методи кластеризації, та нейронні мережі. Серед розглянутих методів, алгоритми нечіткої логіки та дискримінантний аналіз показали найвищу точність.

Також розглянуто різні варіанти конструкції руки-маніпулятора: на сервоприводах DME 38B50G-115, Cytron C36R, TO-08208, та SSC-32. Встановлено, що серед розглянутих моделей, найбільшу вантажопідйомність мають маніпулятори на сервоприводах DME 38B50G-115, в той час як маніпулятори на сервоприводах Cytron C36R мають найвищу точність виконання команд.

У другому розділі бакалаврської роботи «Розробка руки-маніпулятора» описано процес розроблення руки-маніпулятора як апаратної частини комплексу. Розроблена рука-маніпулятор є результатом зворотної розробки, виконаної за прототипом open-source моделі uArm від UFACTORY. Наведено креслення деталей, та 3-D модель розробленої руки-маніпулятора, наведену на рис. 1.

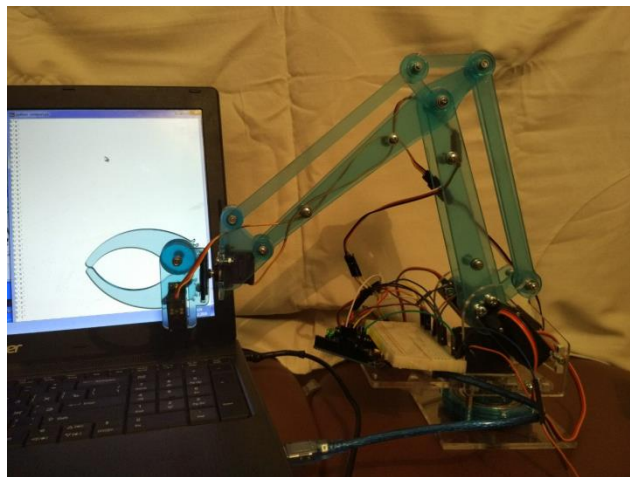


Рисунок 1 – 3D-модель маніпулятора

В якості апаратної платформи, для реалізації проекту було обрано Arduino Uno Rev 3. Такий вибір зумовлено обмеженістю бюджету проекту та обмеженістю функцій, які необхідні безпосередньо від апаратної обчислювальної платформи. Для обертання підшипника в основі руки-маніпулятора, а також управління плечем та ліктем було обрано сервоприводи TowerPro MG995. Для керування відкриттям-закриттям клешні та її обертання було обрано менш потужні, але більш дешеві сервоприводи TowerPro MG90S.

Задля економії ресурсів, було вирішено, що відеокамера та робоча плата будуть живитись від комп'ютера, до якого підключена система. Втім, таке саме підключення для сервоприводів загрожує виникненням несправностей через недостатнє живлення. Тому, слід було підібрати додаткове, більш потужне джерело живлення для сервоприводів. Розроблена система споживає струм 5 В, 5 А при активній роботі.

В розділі також наведено схему підключення сервоприводів до Arduino, принципову електричну схему, відомості про скрипт для керування платою Arduino, та відомості про відеокамеру, що використана у роботі.

У третьому розділі бакалаврської роботи «Розробка алгоритму розпізнавання та сортування яблук» описано процес розроблення алгоритму, призначеного для сортування яблук за двома кольорами (червоний та жовтий). Алгоритм реалізовано мовою програмування Python. Визначення кольору реалізовано засобами бібліотеки OpenCV. Діаграму станів розробленої програми наведено на рис. 2.

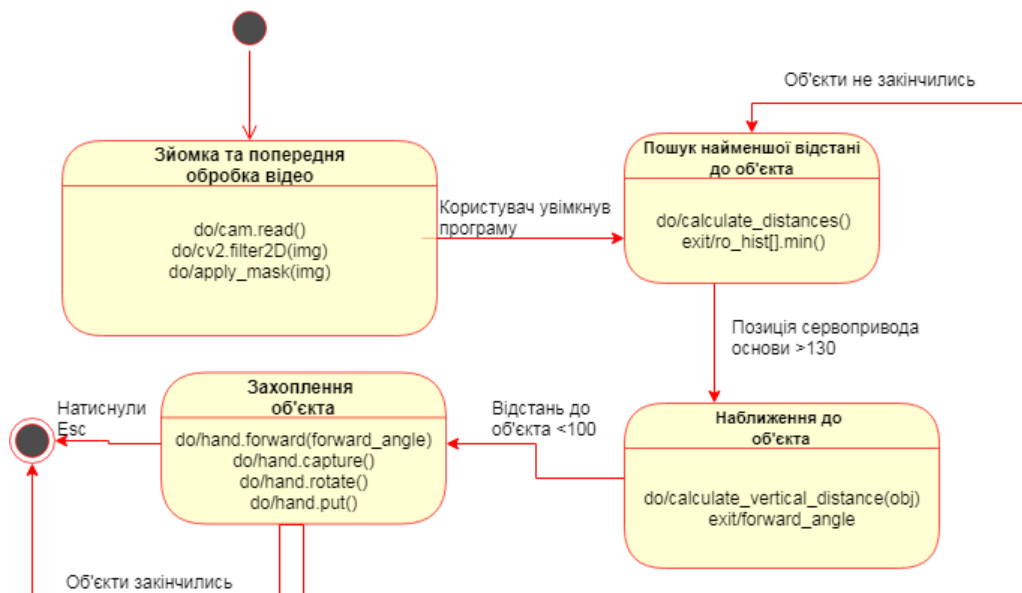


Рисунок 2 – Діаграма станів розробленої програми

Розроблена програма поділяється на три частини – обробка зображення, пошук об'єкта, та безпосередньо його захоплення та переміщення. В першій частині, використані наступні методи: згладжування методом усереднення по області, накладання фільтрів (створення мап

кольорів), та морфологічні перетворення (морфологічне відкриття та закриття як різні комбінації морфологічної ерозії та дилації).

В другій частині, описано процес формування горизонтальної та вертикальної проєкцій частот білого кольору для кожної з карт червоного та жовтого кольорів. Також описано процес пошуку згладжених та незгладжених центрів мас шуканих об'єктів за допомогою формул експоненціального рухомого середнього та рухомого середнього. Користувацьке вікно з центрами мас об'єктів зображено на рис. 3.

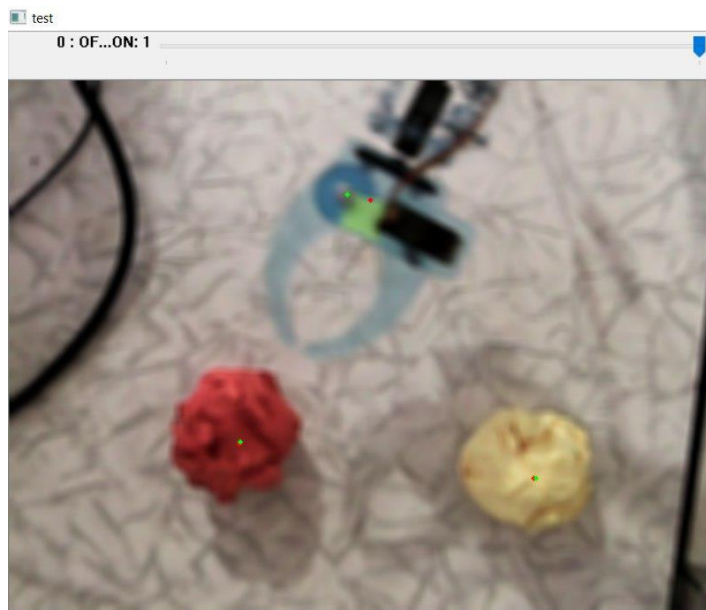


Рисунок 3 – Зображення координат центрів мас у користувацькому інтерфейсі програми

В третій частині, описано процес захоплення знайденого об'єкта, що реалізовано за допомогою лінійної регресії. Тестування показало, що загальна точність розпізнавання — 93,4%. Точність захоплення та переміщення плоду складає 78,3%. Згідно з результатами тестування, відстань від плодів в діапазоні від 23 см до 35 см є оптимальною для розміщення маніпулятора.

Додатки містять лістинги кодів для керування Arduino Uno, керування маніпулятором із серверної частини ПЗ (клас Hand), та серверної частини ПЗ; блок-схеми алгоритмів роботи серверу та керування сервоприводами.

У спеціальній частині «Охорона праці та безпека життєдіяльності» розглянуто умови праці у відділі розробки програмного забезпечення ТОВ «Global Logic Ukraine LTD», та запропоновано деякі заходи з покращення умов праці на підприємстві.

ВИСНОВКИ

В ході виконання бакалаврської роботи розроблено програмно-апаратний комплекс для сортування яблук, що складається із руки-маніпулятора та програми для обробки відеопотоку. Апаратна база руки-маніпулятора (Arduino Uno Rev 3, та сервоприводи TowerPro MG995 та TowerPro MG90S) виявилася достатньою для ефективної роботи маніпулятора. Програмне забезпечення для обробки відеопотоку визначає фрукти з вірогідністю 93,4% за кольором. Точність захоплення та переміщення плоду складає 78,3%.

Однією з основних переваг розробленої руки-маніпулятора є те, що в процесі переміщення плодів вона не пошкоджує їхню форму (або пошкоджує її незначно).

Основні недоліки розробленого комплексу – порівняно низька швидкість руху маніпулятора, та низька вірогідність захоплення та переміщення плоду. Під час подальшого розвитку проекту, планується додати функцію розпізнавання форми, використавши нейронні мережі та алгоритми машинного навчання. Покращення апаратного комплексу може бути досягнене заміною мікропроцесорної системи на більш швидкий аналог.

Результати роботи можуть бути рекомендовані до застосування на підприємствах з конвеєрними лініями сортування зібраного врожаю, наприклад Sandora LLC.

Виконано спеціальну частину з охорони праці. Проаналізовано умови роботи в лабораторному приміщенні, в якому проводились дослідження. Для

покращення робочих умов, запропоновано встановити більш потужні освітлювальні пристрої, запровадити інший режим роботи, та більш ефективні моделі менеджменту. Вказані заходи можуть призвести до підвищення продуктивності праці співробітників відділу на 8,42 %.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. К. В. Овчар, І. С. Бурлаченко, "Могилянські читання," in *Використання алгоритмів розпізнавання об'єктів для автоматичної локалізації та класифікації плодів у сільськогосподарському виробництві*, Миколаїв, 2018.

АНОТАЦІЯ

Овчар К. В. Система автоматизованого розпізнавання та сортування об'єктів сільськогосподарського виробництва. – Кваліфікаційна робота бакалавра зі спеціальності 6.050102 Комп'ютерна інженерія на здобуття кваліфікації «фахівець з інформаційних технологій». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2019.

Бакалаврська робота присвячена розробці апаратно-програмного комплексу для автоматичного сортування яблук. Розглянуто наявні в наш час методи автоматичного сортування плодів с/г виробництва, та варіанти конструкції руки-маніпулятора. Практичне значення результатів дослідження та розроблення полягає у можливості їх використання на підприємствах з конвеєрними сортувальними стрічками.

Пояснювальна записка бакалаврської роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, п'яти додатків та спеціальної частини з охорони праці та безпеки життєдіяльності. У вступі визначається актуальність теми, сформульовані мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження та розроблення бакалаврської роботи. У першому розділі досліджуються наукові публікації, що описують методи автоматичного сортування плодів та

організації рухів руки-маніпулятора. У другому розділі наведені дані про розроблену руку-маніпулятор, її апаратну базу, та схеми її організації. У третьому розділі наведені дані про програмну частину комплексу та результати тестування ПЗ. У висновках наведено аналіз виконаної роботи та отриманих результатів дослідження та розроблення. У додатках А, Б, та В, наведено програмний код, що використовувався в проекті. У додатках Г та Д наведені блок-схеми розробленого ПЗ. Спеціальна частина присвячена охороні праці на підприємстві, де проводилось тестування комплексу.

В цілому, бакалаврська робота без додатків містить 65 сторінок, 37 рисунків, 16 таблиць, 34 джерела посилання.

Ключові слова: автоматичне сортування фруктів, рука-маніпулятор, сортування фруктів за кольором, OpenCV, Arduino, сервоприводи.

ABSTRACT

Ovchar K. The system of the automated recognition and sorting of the agricultural objects. – Bachelor's thesis in specialty 6.050102 Computer Engineering. – Petro Mohyla Black Sea National University, 2019.

This bachelor's thesis is devoted to the development of hardware and software complex for the automatic sorting of apples. The existing methods of automatic sorting of agricultural products, along with the variants of the robotic arm design are considered. The practical value of the research and development results is the possibility of their use in the manufactures with conveyor sorting tapes.

An explanatory note of the bachelor's thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions, five annexes, and the special part, devoted to the labor protection. The introduction determines the relevance of the topic, formulates the purpose, object, subject and objectives of the research and development of this bachelor's thesis. The first section contains the review of the scientific publications, devoted to the methods of automatic fruit sorting. The methods of

the robotic arm controlling are also considered. The second section provides information about the robotic arm developed, its hardware base, and its organization schemas. The third section describes the program part of the complex, algorithms' flowcharts, and the results of the testing. The conclusions give an analysis of the work performed and the results of research and development. Annexes A, B and C contain the program code used in the project. Annexes D and E contain the flowcharts of the program code developed. The special part is devoted to the labor protection at the enterprise where the complex was tested.

In general, the bachelor's thesis without annexes contains 65 pages, 37 pictures, 16 tables, 34 reference sources.

Keywords: automatic sorting of fruits, robotic arm, fruit sorting by color, OpenCV, Arduino, servo drives.