

Національний лісотехнічний університет України
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут деревообробних та
комп'ютерних технологій і дизайну
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інформаційних технологій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему: “Розробка мобільного додатку для контролю якості
сільськогосподарської продукції за допомогою аналізу її
фотозображення”

Виконав: студент 6 курсу групи КН-61М
спеціальності
122 “Комп’ютерні науки”
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Сумін В. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник проф. Шабатура Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент проф. Соколовський Я.І.

(прізвище та ініціали)

Національний лісотехнічний університет України
(повне найменування вищого навчального закладу)

НН інститут деревообробних та комп'ютерних технологій і дизайну

Кафедра інформаційних технологій

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 122 “Комп'ютерні науки”

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТ

Крошній І.М.

“ _____ ” _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Суміну Владиславу Павловичу

1. Тема роботи: “Розробка мобільного додатку для контролю якості сільськогосподарської продукції за допомогою аналізу її фотозображення”

Керівник роботи Шабатура Ю.В., доктор технічних наук, професор

Затверджені наказом вищого навчального закладу

від “ _____ ” _____ 2021__ року № _____

2. Термін подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до роботи Постановка задачі та її формалізації.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Розділ 1. Опис предметної області.

Розділ 2. Інформаційне забезпечення.

Розділ 3. Математичне забезпечення

Розділ 3. Програмне забезпечення.

Висновки. Список використаних літературних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу: *слайди для доповіді.*

6. Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу роботи	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Вивчення літератури за тематикою проекту	04.04.2022	+
2.	Розроблення та узгодження технічного завдання	10.05.2022	+
3.	Аналіз існуючих рішень	11.06.2022	+
4.	Обґрунтування вибору та перевірка роботи кращого алгоритму на тестовій вибірці;	10.07.2022	+
5.	Розробка програмного забезпечення	20.09.2022	+
6.	Оформлення пояснювальної записки до дипломної роботи	29.11.2022	+

Студент

(підпис)

Сумін В.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шабатура Ю.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 53 сторінок пояснювальної записки, 10 рисунків, 4 таблиці, 1 додаток, 17 джерел.

В даній роботі розроблено застосунок для контролю якості сільськогосподарської продукції за допомогою аналізу її фотозображення. Кросс-платформена система, що створена на базі фреймворку Flutter, може використовуватися як особами, що працюють на сільськогосподарських підприємствах, так і звичайними користувачами з метою оцінки якості того чи іншого товару.

Ключові слова:

Dart, Flutter, Мобільний застосунок, TensorFlow, нейронні-мережі, якість, сільськогосподарська продукція.

ABSTRACT

The thesis contains 53 pages of explanatory note, 10 figures, 4 tables, 1 appendix, 17 used literary sources.

This work develops an application for quality control of agricultural products through photo analysis. The cross-platform system, based on the Flutter framework, can be used by both people working in agricultural enterprises and ordinary users to assess the quality of a product.

Keywords:

Dart, Flutter, Mobile development, TensorFlow, neural networks, quality, agricultural products.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Необхідно розробити програмне та алгоритмічне забезпечення системи оцінки якості сільськогосподарської продукції з використанням машинного зору, а саме:

1. Реалізувати засоби збору інформації про оцінювання на аналізу зображень;
2. Провести попередній аналіз та обробку даних;
3. Вибрати декілька бібліотек машинного зору;
4. Перевірити роботу кращого алгоритму на тестовій вибірці;
5. Провести інтерпретацію отриманих результатів;
6. Розробити програмне забезпечення для представлення результатів роботи.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ	8
1.1 Актуальність задачі оцінки якості сільськогосподарської продукції	9
1.1.1 Аналіз аспектів оцінки якості сільськогосподарської продукції	9
1.1.2 Важливість оцінки якості сільськогосподарської продукції	11
1.2. Формулювання об'єкта, предмета і постановка завдання дослідження.	11
Висновки до розділу	11
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ І АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРОБЛЮВАННОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ.	12
2.1. Обґрунтування вибору методу автоматичного розпізнавання і аналізу зображень	12
2.2 Нейронні мережі	12
2.3 Віоли Джонса	17
2.4 Шаблонний метод	20
2.5 Детектор точок	21
2.6 Контурний аналіз	23
Висновки до розділу	26
РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ І ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	28
3.1 Проблематика розпізнавання об'єктів	28

3.2 Елементарні методи обробки зображень	29
3.3 Фільтрація зображення	33
3.4 Розпізнавання об'єктів	34
3.5 Мова програмування Dart	35
3.6 Фреймворк Flutter	37
3.7 Firebase	39
3.8 TensorFlow	43
Висновки до розділу	44
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	45
4.1 Опис ідеї проекту	45
4.2 Розроблення ринкової стратегії	45
4.3 Розроблення маркетингової програми	48
4.4 Вимоги до технічного та програмного забезпечення	50
Висновки до розділу	50
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	52

Вступ

Якість товару є сукупністю його характеристик і характеризує ступінь здатності цього товару задовольняти потреби споживачів відповідно до його цільового призначення. Іншими словами, це функція рівня розвитку науково-технічного прогресу та ступеня реалізації його результатів у виробництві. Чим вище якість продукції, тим повніше можуть бути задоволені потреби споживачів, тим ефективніше вирішуються соціально-економічні проблеми, пов'язані з розвитком суспільства. Контроль за якістю сільськогосподарської продукції є основою для забезпечення суспільства якісною продукцією. У ринкових умовах масового виробництва, саме висока якість є вирішальним фактором. Ринок сільськогосподарських продуктів — це ринок з інтенсивною конкуренцією різних виробників. Рівень конкурентоспроможності визначається здатністю товару відповідати вимогам кінцевого споживача. Вимоги кінцевого споживача до продуктів харчування стосуються зазвичай якості та ціни. Саме тому важливо мати можливість відрізнити якість продукту та співвідносити з ціною для того, щоб знайти найбільш оптимальне співвідношення для споживача між ціною та якістю. Метою даної дипломної роботи є розроблення функціонуючого, точного та багатоплатформеного мобільного додатку для контролю якості продукції за допомогою аналізу її фотозображення на базі фреймворку Flutter. Об'єктом дослідження даної роботи є процес обробки цифрової інформації машинним зором. Предметом даної праці є системи розпізнавання зображень. Завданням дипломної роботи буде дослідити та обрати найточніший алгоритм автоматичного розпізнавання об'єктів та підібрати найкращу бібліотеку для його реалізації, розробити архітектуру додатку та сам додаток. Звісно, готового ідеального та універсального рішення для досягнення мети додатку не буде, тому в процесі розробки цей алгоритм та бібліотеку буде оптимізовано та покращено саме для вимог моєї програми. Вибір фреймворку для подальшої розробки я вважаю дуже практичним для даного завдання, адже кінцевий результатом буде кроссплатформений додаток, який можна буде використовувати на абсолютно різних платформах – включаючи windows, Linux, IOS та Android. Розроблений застосунок

будуть мати змогу використовувати багато користувачів – контролери якості на масових виробництвах, заводах та підприємствах, а також прості покупці та продавці на ринках. Також він буде корисним для людей з вадами зору при підключенні до належних пристроїв і налаштувань.

У результаті виконання цієї дипломної роботи було розроблено кроссплатформений додаток на базі фреймворку Flutter. Процес розробки відбувався в середовищі IDE Android Studio за допомогою використання мобільного емулятора та додаткових можливостей цього середовища. Кінцевим результатом є цілком працездатна можливість використання цього додатку для розпізнавання якості продукції.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Актуальність контролю якості сільськогосподарської продукції.

Контроль якості є важливим аспектом сільськогосподарської галузі, оскільки він гарантує, що продукти, які виробляються та розповсюджуються, безпечні для споживання та відповідають певним стандартам. Це може бути особливо важливим для продуктів, які експортуються або продаються великій кількості людей, оскільки проблема з якістю продукту може мати значні наслідки. У випадку сільськогосподарської продукції заходи визначення якості можуть включати тестування на забруднювачі або патогени, забезпечення того, що продукт відповідає певним стандартам розміру чи зовнішнього вигляду, а також перевірку того, що продукт зберігався та транспортувався за належних умов. Перевірка якості також може включати перевірку того, що продукт вирощено або виготовлено за допомогою затверджених методів, таких як органічні або стійкі методи землеробства.

Контроль якості важливий з кількох причин. По-перше, це допомагає забезпечити

безпеку харчових продуктів і захистити споживачів від потенційно шкідливих продуктів. Це також може допомогти зберегти репутацію сільськогосподарської галузі та підвищити довіру споживачів до продукції, що виробляється. Крім того, контроль якості може допомогти підвищити ефективність і зменшити кількість відходів у сільськогосподарській промисловості, забезпечуючи незмінно високу якість продукції.

Також контроль якості сільськогосподарської продукції впливає на випуск конкурентоздатної продукції, що в свою чергу, створює стабільний розвиток економіки та ринкових відносин. Успіх діяльності підприємства, що виготовляє сільськогосподарську продукцію на пряму залежить від якості, що відповідає усім стандартам – як внутрішнім, так і міжнародним. Якість харчової продукції на пряму залежить від сільськогосподарської продукції, що використовують для її виготовлення. Проте, якість продукції сільського господарства в останні роки суттєво знизилась. Для того, щоб підприємства могли і надалі надавати якісні товари, варто не впинно спостерігати за якістю продукції та сприяти підвищенню цієї якості. Якість продукції є запорукою розвитку не тільки економіки країни, але й підвищення ефективності виробництва. Саме підвищення якості породжує здорову конкуренцію та сприяє розвитку вільного ринку. Відомо, що попит породжує пропозицію. Саме тому, питання щодо якості продуктів харчування в Україні набуло особливого значення. Особливо нагальною є проблема зовнішнього вигляду, адже вона є первинною ознакою якості.

1.1.1 Аналіз аспектів оцінки якості сільськогосподарської продукції

Сільськогосподарську продукцію використовують за різними призначеннями. За цим стандартом вони поділяються на три види: кінцевого споживання, проміжні та сировинні. До продуктів кінцевого споживання відносяться продукти, які в силу своїх біологічних якісних характеристик можуть бути використані відразу для споживання. Продукція, що не підходить безпосередньо для споживання, може бути використана у виробництві в подальших селекційних циклах і вважається напівпродукцією (до

таких відносять матеріал для посадки, насіння або корми). До сировинної продукції відносять ті види, що використовують для подальшої переробки. Звісно, оцінка якості має суттєве значення і на неї ніяк не впливає тип сільськогосподарської продукції. Проте, найбільш суттєвою якістю є саме для продукції кінцевого споживання. Важливим аспектом є і сенсорні характеристики: сюди входять смак, запах і зовнішній вигляд продукту. Наприклад, продукти, які привабливі на вигляд і мають приємний смак, можуть вважатися якіснішими.

У конкурентній боротьбі лише компанії, що послідовно працюють над підтримкою та покращенням якості своєї продукції, враховуючи ті показники, що за оцінкою споживачів є важливими, зберігають та покращують свої позиції на ринку. Такі поліпшення вплинуть на попит і, отже, на прибутковість компанії в короткостроковій та довгостроковій перспективі. Як уже згадувалося, також важливо, щоб атрибути якості продукту мали кількісний аспект і були перевірені споживачем. В такий спосіб виробництва зможуть швидко реагувати на формування якості продукції, а споживачі, в свою чергу, зможуть відразу перевіряти відповідність якості до загальноприйнятих стандартів.

При проведенні моніторингу сільськогосподарської продукції потрібно обробляти величезний потік даних. Це створює значні труднощі формалізації алгоритмів обробки даних і забезпечення високої якості їх роботи. З'являються і нові завдання, такі як розпізнавання об'єктів і явищ, адаптація режимів роботи технічних засобів моніторингу. Виникає необхідність використання апріорної інформації про характер зміни фізичних параметрів продукції, можливо вираженого і в нечіткій формі. Часто класичних методів вирішення подібних завдань немає.

Одним з перспективних напрямів побудови ефективних систем обробки інформації є використання технології нейронних мереж. Нейронні мережі передбачають застосування принципово нового підходу до синтезу методів обробки в алгоритмічному сенсі. Дана технологія надає комп'ютерній системі можливість навчатися на прикладах, а штучні нейронні мережі – отримувати розв'язання для проблем, що раніше вважалися нерозв'язними без участі людини. При цьому

досягається гнучкість і адаптивність роботи. Нейронні мережі успішно застосовуються в широкому спектрі від побутових приладів, в яких з їх допомогою здійснюється вибір найбільш сприятливих режимів роботи, до систем фінансового аналізу і обчислювальних комплексів управління бойовими діями. Все це свідчить про необхідність впровадження нейромережних технологій в системи обробки моніторингової інформації щодо якості сільськогосподарської продукції.

1.1.2 Важливість оцінки якості сільськогосподарської продукції.

Якість також слугує формуванню та підвищенню конкурентоспроможності на ринку. Для подальшого забезпечення розвитку стандартів якісної сільськогосподарської продукції необхідно застосовувати всі можливі технології, що дасть можливість досягнути максимально результативності. З розвитком науки вдосконалюються методи виробництва сільськогосподарської продукції, відкриваються її нові якості і можливості для використання людиною. Так само як і нові методи виробництва, контроль якості потребує вдосконалення і змін. Нейронні мережі можуть стати ключем до забезпечення високої якості сільськогосподарської продукції.

1.2. Формулювання об'єкта, предмета і постановка завдання дослідження

Об'єктом дослідження даної роботи є процес обробки цифрової інформації машинним зором. Предметом даної праці є системи розпізнавання зображень. Завданням дипломної роботи буде дослідити та обрати найточніший алгоритм автоматичного розпізнавання об'єктів та підібрати найкращу бібліотеку для його реалізації, розробити архітектуру додатку та сам додаток.

Висновки до розділу

Аналіз якості сільськогосподарської продукції є актуальним не тільки для звичайних споживачів, а й для підприємств.

Багато таких підприємств в цілях підвищення ефективності намагаються організувати свою діяльність на основі сучасних наукових досліджень. Використання нейронних мереж дає ряд переваг для дослідження якості та її покращення.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ І АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРОБЛЮВАННОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ.

2.1. Обґрунтування вибору методу автоматичного розпізнавання і аналізу зображень.

Дослідження, розробка та впровадження методів розпізнавання та оцінки об'єктів в зображеннях є провідним напрямком розвитку сучасного програмного забезпечення. Останнім часом розпізнавання зображень використовується все частіше. Здатність сприймати зовнішній світ у вигляді образів дозволяє вивчати властивості об'єктів і моделювати процес розпізнавання об'єктів. На даний момент розроблено багато різних методів розпізнавання об'єктів на зображеннях, кожен з яких створено для роботи з певним типом зображення. З точки зору конкретних завдань необхідно вибрати найбільш оптимізований і досконалий метод. Вибір падає на використання автоматичного розпізнавання, оскільки можливості комп'ютерного зору дозволяють отримувати точні результати і ідеально вписуються в концепцію мобільних кросплатформних додатків.

2.2 Нейронні мережі

Нейронні мережі - це якісна сучасна технологія, заснована на роботі людського мозку. Нейрони є будівельними блоками людського мозку. Одним із компонентів штучної нейронної мережі є перцептрон. Основою нейронних мереж є штучний нейрон. Його модель зображена на рис. 1.1.

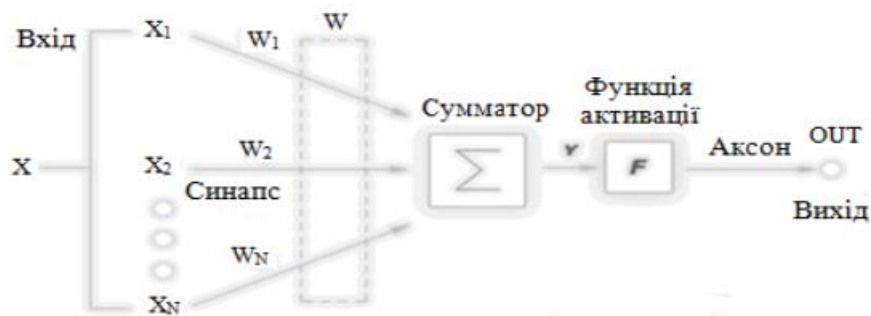


Рисунок 1.1 – Модель штучного нейрону

Існує багато видів штучних нейронних мереж, і кожна з них унікальна. Штучні нейрони - це нейронні мережі, які рухаються. У цій нейронній мережі дані рухаються в одному напрямку, зворотного поширення немає. Нейронна мережа може мати 1 або 2 приховані шари. На рис. 1.2 приклад рухомої нейронної мережі.

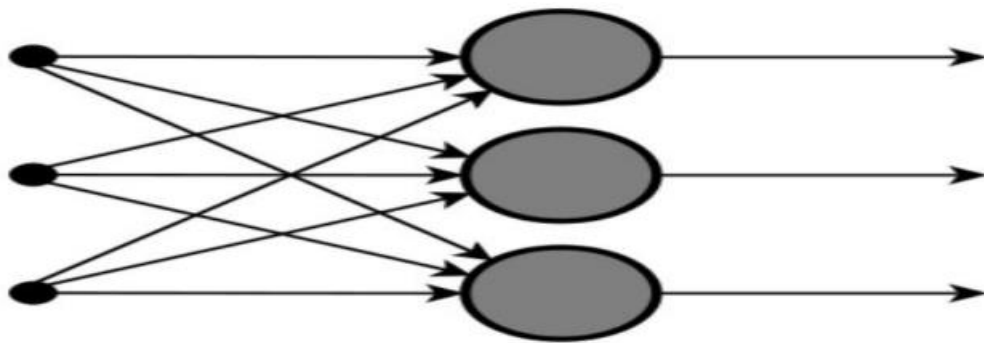


Рисунок 1.2 - Одношарова нейронна мережа, що рухається.

Ці нейронні мережі використовуються для розпізнавання об'єктів, облич на зображеннях. Перевага простої нейронної мережі полягає в тому, що вона відносно проста в обслуговуванні і більше підходить для роботи з зашумленими даними. Багатошаровий перцептрон має 3 або більше шарів. Прикладом слугує рис. 1.3, що зображує багатошаровий перцептрон.

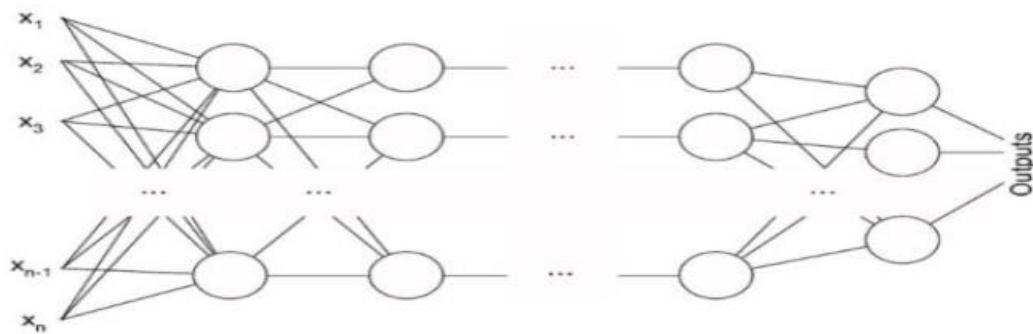


Рисунок 1.3 - Багатошаровий перцептрон

Згорткові нейронні мережі (CNN) забезпечують ефективні результати в розпізнаванні об'єктів на зображеннях і відео. Для організації згорткової нейронної мережі використовуються 3 рівні:

- згортка;
- підвибіки;
- повністю зв'язані шари.

Першим кроком слугує внесення даних «Input», що містить інформацію про зображення (128x128, 3 кольори: червоний, зелений та блакитний).

Наступним кроком є шар згортання «Convolution». Тут відбувається множення кожного елементу, після чого всі ці множення додаються і записуються у нову структуру даних.

Згорткова мережа має численний об'єм фільтрів, саме завдяки їм відбувається пошук характеристик. Унікальність позиції зображення, що було введено, створює число, яке вноситься структуру даних. Використання п'яти фільтрів змінює дані на 128x128x5 (рис. 1.4)

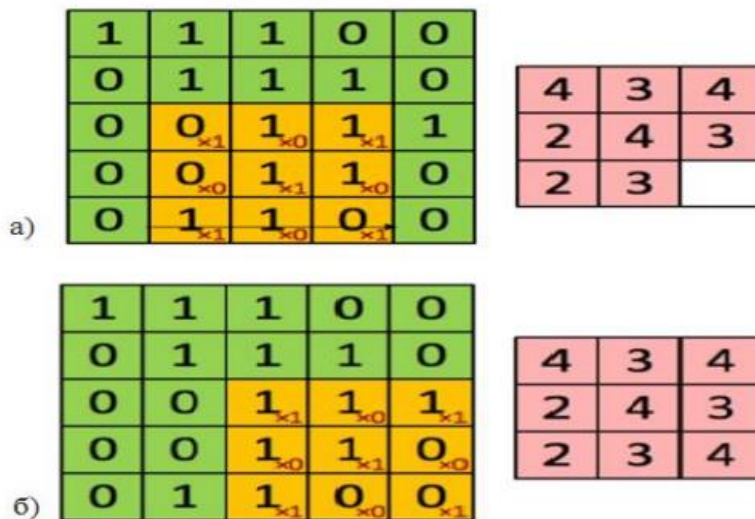


Рисунок 1.4 – а) фільтр на одному з каналів зображення;

б) результат накладання фільтру.

Наступним кроком «Pool» є зменшення розміру зображення. Виконує нелінійне стиснення карток функцій. Серед пікселів вибираємо той, що має максимальне значення. Наступним кроком є нормалізація блоку «Виправлені лінійні одиниці» для скасування ознак, які не є важливими для розпізнавання образів. Наступний крок "повністю зв'язаний шар" виводить N-вимірний вектор. На цьому кроці дані з попереднього кроку порівнюються з типами об'єктів, які навчилася розпізнавати нейронна мережа. Така структура надає можливість мережі розпізнавати різноманітні типи об'єктів та мати високу результативність та продуктивність. Шари нейронної мережі використовують власний спосіб перетворення. Результатом такого способу перетворення є правильність класифікації та правильно обраний об'єкт, що зображений. Наприклад, такі розпізнавання зображені на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 Розпізнавання об'єктів нейронних мереж

Використання нейронних мереж є широкогалузевим. Здатність класифікації об'єктів знайшла своє особливо ефективне застосування в медицині, зокрема, в МРТ-діагностиці (рис.1.6).

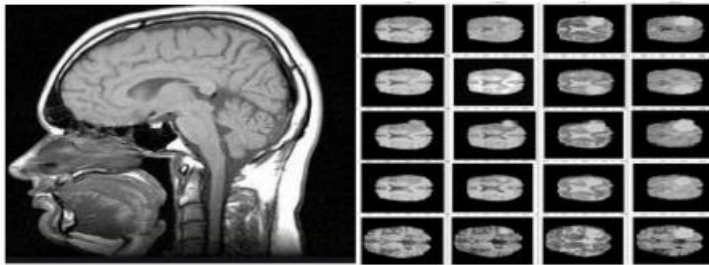


Рисунок.1.6 – Знімки МРТ

Агрономи використовують нейронні мережі для визначення рівня врожаю певної земельної ділянки.(рис. 1.7).

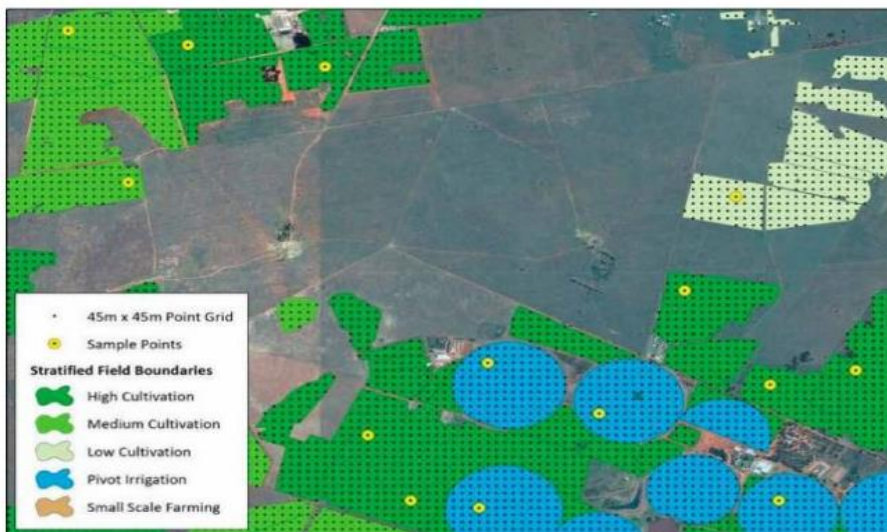


Рисунок 1.7 – Знімки спутнику з використанням розпізнавання

Використання нейронної мережі для ідентифікації об'єктів на зображенні, застосовується до відеоспостереження, безпілотних автомобілів тощо. Для відеоаналітик також використовує нейронні мережі. Окрім реконструкції обличчя, згорткові мережі також використовувалися для реконструкції інших 3D-об'єктів із зображень.



Рисунок 1.8 – Реконструкція 3D-облич.

Однією із сфер застосування розпізнавання об'єктів за допомогою нейронних мереж є візуальний пошук. Суть методу полягає в тому, що людина просто фотографує предмет або наводить на нього камеру, а програма за лічені секунди знаходить товар і повідомляє його характеристики та ціну. Нейронні мережі є невід'ємною частиною вирішення деяких проблем, з якими традиційні обчислювальні системи не можуть або не можуть впоратися.

2.3 Віоли Джонса

Віоли Джонса — це алгоритм комп'ютерного зору для виявлення об'єктів на зображеннях і відео. Він був запропонований Полом Віолою та Майклом Джонсом у їхній статті 2001 року «Швидке виявлення об'єктів за допомогою посиленого каскаду простих функцій» і є ключовим алгоритмом у галузі виявлення об'єктів. Алгоритм працює шляхом навчання класифікатора за допомогою великого набору позитивних і негативних зразків. Потім класифікатор використовується для виявлення об'єктів на нових зображеннях, ковзаючи вікном по зображенню та використовуючи класифікатор, щоб визначити, чи містить вікно об'єкт, що цікавить. Алгоритм розроблений як швидкий і ефективний, що робить його придатним для використання в програмах реального часу, таких як відеоспостереження та моніторинг руху. Віола

Джонс отримала широке поширення та мала значний вплив на сферу комп'ютерного зору. Він надихнув на створення багатьох подальших алгоритмів виявлення об'єктів і використовувався в різноманітних програмах, включаючи безпеку та спостереження, робототехніку та автономні транспортні засоби.

Алгоритм Віоли Джонс базується на ідеї бустингу, яка є технікою машинного навчання, яка поєднує набір слабких класифікаторів для створення сильного класифікатора. У випадку алгоритму Віоли Джонс слабкі класифікатори — це прості ознаки, які використовуються для визначення присутності об'єкта на зображенні. Ці функції можуть включати такі речі, як грані, лінії та кути, і розроблені таким чином, щоб їх було легко обчислити та мати високу вибірковість.

Під час фази навчання алгоритм використовує великий набір позитивних і негативних зразків, щоб дізнатися про характеристики, які є найбільш ефективними для виявлення об'єктів інтересу. Потім алгоритм використовує ці функції для створення каскаду класифікаторів, причому кожен класифікатор у каскаді перевіряє набір дедалі складніших функцій. Каскад класифікаторів дозволяє алгоритму швидко відхиляти зображення, які не містять об'єктів, що цікавлять, і водночас точно виявляти об'єкти на зображеннях, де вони присутні.

Однією з ключових переваг алгоритму Віоли Джонс є його здатність працювати з зображеннями в градаціях сірого, що дозволяє використовувати його в широкому діапазоні програм. Він також високоефективний, що робить його придатним для використання в програмах реального часу, таких як відеоспостереження та моніторинг руху. Незважаючи на численні сильні сторони, алгоритм Віоли Джонс має деякі обмеження, зокрема потребу у великій кількості навчальних даних і можливість хибнопозитивних виявлень.

Для візуального пошуку об'єктів найкращими способами є прямокутні комбінації.

Чи є функція Хаара можна вирахувати за допомогою світлих та темних пікселів, а точніше - середнього значення їх областей: $Haar = R(\text{білі}) - R(\text{чорні})$. (1)

У випадку коли їхня різниця є вищою за порогове значення, тоді функція існує.

Вчені застосували метод інтегрального представлення зображення.

Інтегральне зображення, також відоме як таблиця сумарної площі, — це представлення зображення, яке дозволяє більш ефективно виконувати певні операції обробки зображення. Це особливо корисно для швидкого обчислення суми значень пікселів у певній прямокутній області зображення. Інтегральні зображення часто використовуються в алгоритмах виявлення об'єктів, таких як алгоритм Віоли-Джонса, для швидкого обчислення таких функцій, як сума значень пікселів у прямокутній області зображення. Вони також використовуються в інших завданнях обробки зображень, таких як зміна розміру зображення та згортання зображення.

Щоб створити цілісне зображення, ви починаєте з оригінального зображення та створюєте нове зображення з тими ж розмірами. Тоді значення кожного пікселя в цілісному зображенні дорівнює сумі значень пікселів у вихідному зображенні від верхнього лівого кута зображення до поточного пікселя. Це можна обчислити за такою формулою (2):

$$integral[i][j] = original[i][j] + integral[i-1][j] + integral[i][j-1] - integral[i-1][j-1] \quad (2)$$

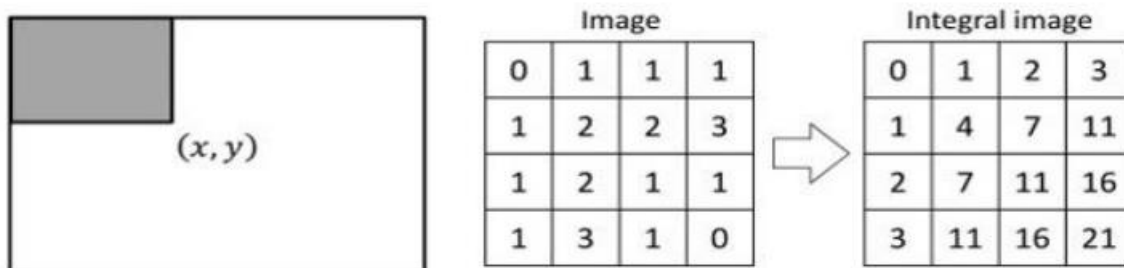
Де «інтеграл» - це цілісне зображення, «оригінал» — вихідне зображення, а i та j — індекси рядків і стовпців поточного пікселя.

Після створення цілісного зображення його можна використовувати для швидкого обчислення суми значень пікселів у будь-якій прямокутній області вихідного зображення. Наприклад, щоб знайти суму значень пікселів у прямокутнику з верхнім лівим кутом $(x1, y1)$ і нижнім правим кутом $(x2, y2)$, ви можете скористатися такою формулою:

$$sum = integral[x2][y2] - integral[x1-1][y2] - integral[x2][y1-1] + integral[x1-1][y1-1]$$

За такою формулою можна швидко вирахувати суму пікселів довільного прямокутника, довільної площі (рис 1.9).

Ця формула дозволяє розрахувати суму пікселів прямокутника за найбільш короткий час (рис. 1.9).



Найбільш поширена реалізація цього підходу належить бібліотеці комп'ютерного бачення ОпенСВ. В даний час метод Віоли-Джонса має кілька оптимізацій, що дозволяє підвищити надійність розпізнавання об'єктів і прискорити швидкість пошуку.

2.4. Шаблонний метод

Шаблонний метод – один із способів розпізнавання об'єктів на зображеннях. Алгоритм роботи шаблонного методу заснований на зіставленні об'єктів зображення з ідеальними шаблонами. Цей метод використовується в транспортній галузі, в медицині, виробництві.

Основні види розпізнавання образів об'єктів:

- Проста відповідність. Суть способу полягає в порівнянні вхідного зображення з певним шаблоном. Кожний крок вимірює ступінь відповідності ділянок зображень та шаблонів. Результатом є виділення ділянки зображення, що найбільш відповідає до шаблону;
- Відповідність згідно з характерними рисами. Метод, що використовується у випадку, коли зображення та існуючий шаблон мають однакові риси та певні контрольні точки, а не цілим образом. Характерні риси порівнюються відповідно до шаблону. Метою такої порівняльної характеристики це знаходження зв'язків між зображенням та шаблоном
- Відповідність, що базується на областях – це тип методів зіставлення зображень, які порівнюють зображення на рівні пікселів, щоб знайти шаблони та встановити відповідності між ними. Ці методи корисні у

випадках, коли візерунки на зображеннях не мають явних спільних рис і можуть бути застосовані до зображень з різними умовами освітлення та контурними контрастами. Вони особливо корисні під час роботи із зображеннями, які містять складні візерунки або форми, які неможливо легко описати за допомогою інших методів, таких як виявлення країв або зіставлення форм.

- Кореляція зображень. Тут, первинне зображення разом з шаблонним можуть мати різну інтенсивність зображення. Порівняння здійснюється за подібністю відповідно до кореляції між шаблоном і оригінальним зображенням.

Шаблонний метод за своєю природою є простим в реалізації і у випадках, коли перешкоди відсутні, він є надійним та швидким, надзвичайно точно розпізнає об'єкти. Але, цей метод надто сильно залежить від шаблонів і його застосування ускладнюється підбором шаблонів для найефективнішої роботи. Це також уповільнює роботу даного методу, на рівні з чутливістю до обертань з шумами чи спотворень.

2.5 Детектор точок

Кожний об'єкт, що розташований на зображенні, містить особливі точки, за допомогою яких можна описати цей об'єкт. Детектор та дескриптор використовується для визначення таких точок.

Детектор є методом, що вилучає особливі точки із зображення. Детектор, в свою чергу, визначає ці особливі точки та ідентифікує їх серед інших існуючих точок.

У 1991 було встановлено вимоги до особливих точок[9]:

- Відмінність. Точка має бути особливою та виділятися серед інших;
- Інваріантність. Визначення особливої точки повинно бути незалежним до афінних перетворень
- Стабільність. Таке визначення має бути повністю незалежним та стійким до перешкод

- Унікальність. Точки мають бути унікальними для покращення
- Розрізнення повторюваних шаблонів;
- Інтерпретованість . Необхідно ідентифікувати особливості, щоб їх можна було використовувати для аналізу відповідності зображенням.

У 2006 додається набір атрибутів, які повинна мати спеціальна точка: повторюваність;

- локальність;
- кількість;
- точність;
- ефективність.
- Повторність

Найбільш ранньо запропонованим детектором особливих точок зображення є оператор Моравека. Він вираховував зміни зображення у блоці 4x4 в усіх напрямках(рис. 2.12). Сила кута розраховується як різниця за методом найменших квадратів між полем і його сусідами. Модифікацією методу Моравця є кутовий детектор Харріса. Метод Гарріса інваріантний до обертання, а також до афінних змін яскравості, але він чутливий до шуму та залежить від масштабу зображення. За результатами досліджень, це один з найкращих детекторів кутів. Детектор Харріса бачить зображення функцією двох змінних. Для кожного пікселя, що є на зображенні виконується обчислення функції відгуку кута. Саме для цього відбувається розрахунок матриці Харріса(4-6).

$$R = \det M - k(\text{tr}M)^2 > k, \quad (4)$$

$$M = \sum_{(u,v) \in w} w(u,v) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$R = \det M - k(\text{tr}M)^2 > k, \quad (6)$$

R – є мірою кута, а k – емпіричною константою.

Shi-Tomasi – застосовується така ж матриця, але різниця полягає у визначення мінімальних власних чисел у матриці напрямку. Засновано на припущенні

стабільного алгоритму пошуку кутів.

SIFT- відбувається побудова пірамід Гаусіан і визначення екстремумів. Після цього відбувається фільтрація точок та визначається орієнтація ключових особливих точок. В кінцевому результаті будуються дескриптори.

2.6 Контурний аналіз

Контурний аналіз розпізнає об'єкти, що розташовані на зображенні, адже контур містить ту інформацію про форми об'єктів, що необхідна для розпізнавання. Внутрішні точки упускають та не беруть до уваги. Такий аналіз суттєво зменшує складність в обчисленні та алгоритмах.

Методи контурного аналізу є різногалузевими та широко використовуються у сучасному світі. Базуються вони на розривності. Для того, щоб знайти таку властивість як розривність, застосовують ковзну маску. Вона використовується для просторової фільтрації в тому числі.

Градiєнт яскравості, властивістю якої є розривність, обраховують в кожній точці окремо. Якщо зображення є однотонним, рівень градієнту буде низьким і вихідне положення таких просторів потемнішає. Якщо ж рівень градієнта буде високим- то, навпаки, простори будуть яскравими.

Щоб почати, варто визначити рівень фільтрації(7):

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1), \quad (7)$$

Тобто це сума добутку коефіцієнта маски на значення пікселя, до якого застосована маска. Градієнт яскравості визначається шляхом дискретного моделювання першої та другої похідних. Перша похідна $a(x)$ — це різниця між значеннями сусідніх пікселів. Наступна похідна - це різниця суміжних значень першої похідної(8).

$$\frac{\delta f}{\delta x} = f(x + 1) - f(x), \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x). \quad (8)$$

За допомогою двох змінних (x, y) обчислюють часткові похідні вздовж двох

просторових осей. Перша похідна зображення обчислюється на основі дискретної апроксимації 2D-градієнта. Градієнт зображення є векторним(9):

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\delta f}{\delta x} \\ \frac{\delta f}{\delta y} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Важливою частиною методу аналізу профілю є величина вектора градієнта функції (10):

$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}. \quad (10)$$

Обчислення градієнта вектору (11):

$$a(x, y) = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right). \quad (11)$$

Якщо взяти контур (a,b) то його напрямок буде перпендикулярним до напрямку вектора градієнта. Для знаходження контуру об'єкта на зображенні використовується метод лінійної фільтрації.

У цьому випадку використовують такі фільтри:

- фільтр Робертса

$$y_{i,j} = \sqrt{(a_{i,j} - a_{i+1,j+1})^2 + (a_{j+1,j} - a_{i,j+1})^2} \quad (14)$$

- фільтр Прюїтта

$$y_{ij} = \frac{1}{2} \sqrt{\left[(a_{i,j} - a_{i,j+2}) + (a_{i+1,j} - a_{i+1,j+2}) + (a_{i+2,j} - a_{i+2,j+2}) \right]^2 + \left[(a_{i,j} - a_{i+2,j}) + (a_{i,j+1} - a_{i+2,j+1}) + (a_{i,j+2} - a_{i+2,j+2}) \right]^2} \quad (15)$$

- фільтр Собеля

$$y_{ij} = \sqrt{\left[(a_{i,j} - a_{i,j+2}) + 2 \cdot (a_{i+1,j} - a_{i+1,j+2}) + (a_{i+2,j} - a_{i+2,j+2}) \right]^2 + \left[(a_{i,j} - a_{i+2,j}) + 2 \cdot (a_{i,j+1} - a_{i+2,j+1}) + (a_{i,j+2} - a_{i+2,j+2}) \right]^2} \quad (16)$$

- амплітудний фільтр різниці

$$y_{ij} = \frac{1}{2} \sqrt{[(a_{i,j} - a_{i,j+1}) + (a_{i+1,j} - a_{i+1,j+1})]^2 + [(a_{i,j} - a_{j+1,i}) + (a_{i,j+1} - a_{i+1,j+1})]^2} \quad (12)$$

- максимальний амплітудний фільтр різниці

$$y_{ij} = |\max(a_{i,j}; a_{i,j+1}; a_{i+1,j}; a_{i+1,j+1}) - \min(a_{i,j}; a_{i,j+1}; a_{i+1,j}; a_{i+1,j+1})| \quad (13)$$

Маски 3 на 3 відображаються так:

а) Робертса:

Для осі ОХ		
0	0	0
0	-1	0
0	0	1

Для осі ОУ		
0	0	0
0	0	-1
0	1	0

б) Собеля:

Для осі ОУ		
-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Для осі ОХ		
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

в) Превітта:

Для осі ОХ		
-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

Для осі ОУ		
-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Оператор Prewitta підходить для обробки високоякісних зображень з найменшою вартістю. Він працює шляхом застосування до зображення набору ядер згортки, чутливих до горизонтальних і вертикальних країв. Фільтр Превітта використовує два ядра 3x3, одне для виявлення горизонтальних країв, інше для виявлення вертикальних країв. Ядра застосовуються до зображення за допомогою згортки, а результатом є зображення у градаціях сірого, яке підсвічує краї вихідного зображення.

Оператор Робертса не найточніший, але він доволі швидкий та простий. Оператор Робертса працює, застосовуючи до зображення набір ядер згортки, чутливих до діагональних країв. Ядра застосовуються до зображення за допомогою

згортки, а результатом є зображення у градаціях сірого, яке підсвічує краї вихідного зображення. Щоб застосувати оператор Робертса до зображення, діагональне та антидіагональне ядра згортаються із зображенням окремо, а отримані результати об'єднуються для створення остаточного зображення з виявленням краю.

Оператори Собеля використовують два ядра 3×3 , одне для виявлення горизонтальних країв, інше для виявлення вертикальних країв. Ядра застосовуються до зображення за допомогою згортки, а результатом є зображення у градаціях сірого, яке підсвічує краї вихідного зображення. Щоб застосувати фільтр Собеля до зображення, горизонтальне та вертикальне ядра згортаються із зображенням окремо, а отримані результати об'єднуються для створення остаточного зображення з визначенням країв. Він більш точний, ніж деякі інші методи виявлення країв, наприклад оператор Робертса, але також повільніший через більший розмір ядра.

Контурний аналіз дозволяє описувати, зберігати, порівнювати та ідентифікувати об'єкти у вигляді зовнішніх контурів.

Висновки до розділу

В розділі були визначені і розглянуті методи, що часто використовують для визначення об'єкту на певному зображенні. Встановлено, що універсального методу для всіх умов розпізнавання, на жаль, не існує і для того, щоб обрати певний метод, варто розглянути всі існуючі умови. У випадках, коли складність об'єкту є високою, але добре виділяється на зображенні, ефективними будуть методи виділення країв та контурний аналіз.

Якщо об'єкт на зображенні сильно відрізняється від шаблону, є повернутим чи відрізняється від шаблону за масштабом, метод співставлення не може застосовуватись через низьку ефективність в такому випадку і варто застосовувати методи, що використовують особливі точки.

При розпізнаванні об'єктів, що відносяться до певного класу, можна використовувати такі методи: метод позитивних-негативних колекцій зображень, виділення кластерів дескрипторів особливих точок і створення словника з

дескрипторів.

Також було зроблено висновок, що не дивлячись на високу ефективність розпізнавання за допомогою нейромережевих методів, їхнє застосування не вигідне у випадках, коли потрібне швидке розпізнавання об'єкту через потребу в часі та великій кількості ресурсів для обчислення.

Таким чином зрозуміло, що розпізнавання можливе лише в певних умовах і тому важливо розробити найбільш ефективний і швидкий метод обробки об'єктів на зображення.

В силу науково-технічного прогресу, застосування таких методів і технологій є широким і в різних галузях і сфера застосування розширюється з кожним роком

РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ І ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1. Проблематика розпізнавання об'єктів

Основне завдання розпізнавання - дізнатися, чи пов'язані дані на зображенні з потрібним об'єктом. Необхідно виділити предмет і точно вказати його положення і розмір в системі зображення. Розпізнавання зображень є складним завданням, яке включає кілька викликів і проблем. Серед поширених проблем із розпізнаванням зображень:

- Оклюзія: об'єкти на зображенні можуть бути частково або повністю закриті іншими об'єктами, що ускладнює їх точне розпізнавання.
- Варіації масштабу: розмір об'єктів на зображенні може значно відрізнятися, що ускладнює їх точне розпізнавання.
- Варіації освітлення: освітлення на зображенні може відрізнятися, що ускладнює точне розпізнавання об'єктів.
- Варіанти пози: поза або орієнтація об'єктів на зображенні може відрізнятися, що ускладнює їх точне розпізнавання.
- Безлад на фоні: фон на зображенні може бути безладним, що ускладнює точне розпізнавання об'єктів.
- Відсутність навчальних даних: для певних типів об'єктів може бути брак навчальних даних, що ускладнює їх точне розпізнавання.
- Змагальні атаки: Змагальні атаки можна використовувати для навмисного введення в оману систем розпізнавання зображень, змушуючи їх робити неправильні прогнози.

Загалом, розпізнавання зображень є складним завданням, яке потребує розробки надійних і точних алгоритмів для подолання цих проблем.

Представимо головні методи, які використовують сьогодні для вирішення вищесказаних проблем:



Рисунок 2.1 – Основні методи розпізнавання об'єктів

3.2. Методи обробки зображень

Загалом, можна виділити такі основні етапи:

- 1) попередня обробка;
- 2) сегментація;
- 3) фільтрація;
- 4) фінальний етап розпізнавання.

Попередня обробка.

Так, попередня обробка зображень є важливим етапом у розпізнаванні об'єктів, так як вона дозволяє зменшити перешкоди та шуми, які можуть ускладнювати процес розпізнавання. Серед різних методів попередньої обробки можна виділити такі, як фільтрування, сегментування, виділення

особливостей, стиснення, реконструкція, реєстрація, класифікація та розпізнавання. Вибір конкретного методу залежить від конкретної задачі та потреб замовника.

Сегментація

Сегментація — це поділ зображення на сегменти. Основна мета сегментації — спростити зображення для легшого аналізу. Сегментація базується на двох принципах: розривності та подібності. Відповідно до принципу переривчастості основний метод заснований на визначенні контурів. Дотримуючись принципу подібності, вони зосереджені на визначенні порогових рівнів і областей розширення. Результати сегментації — це набори, що охоплюють усе зображення або вибрані набори із зображення. Основними способами сегментації є:

- морфологічні методи;
- пороговий методи;
- методи нарощування областей;
- текстурні методи;
- контурна сегментація.

а) Морфологічні методи

Морфологічні методи використовуються для обробки чорно-білих зображень. Ці методи частіше використовуються для представлення форми об'єктів.

б) Пороговий метод

Сегментація порогової величини. Цей метод характеризується вибором порогової величини. Існує метод з оптимальним порогом і метод з адаптивним порогом. Усі інші методи випливають із них. Частіше бінаризація використовується в обробці зображень. Бінаризація — це процес перетворення кольорового зображення на чорно-біле. Матриця $M \times N$ - це порогова поверхня, відповідна отриманому нами зображенню. Кожна комірка матриці встановлює поріг яскравості для пікселя вихідного зображення. Порівняйте яскравість кожного пікселя з порогом яскравості. Якщо значення перевищує порогове значення яскравості, піксель буде «чорним» або «білим» у бінарному зображенні. У методі глобальної бінаризації порогова поверхня

є постійним пороговим значенням яскравості. Якщо значення перевищує порогове значення яскравості, піксель буде «чорним» або «білим» у бінарному зображенні. У методі глобальної бінаризації порогова поверхня є постійним пороговим значенням яскравості. Метод локальної бінаризації полягає у зміні значення порогової яскравості точка за точкою на зображенні, а розрахунок виконується в області локальних ознак навколо пікселя. Основною метою бінаризації є зменшення обсягу інформації. Існує багато методів бінаризації. Кожен метод має свої переваги та недоліки. До прикладу, метод Отцу призводить до втрати дрібних деталей і «залипання об'єкта», але він швидкий і має нижчу якість помилок, ніж інші методи. Рекомендують використовувати метод Niblik, коли зображення неоднорідне і має низький контраст. Можуть з'явитися зайві об'єкти, але цей метод використовується для швидкої фільтрації контрастних зображень і може досягти високої швидкості обробки. Метод Бернсена є найшвидшим з інших, але при використанні цього методу для ділянок рівномірної яскравості з'являються помилкові чорні точки, що призводить до додаткової обробки - постобробки. Метод Ekvel добре працює для різких і висококонтрастних зображень. Під час роботи з зображеннями з низьким контрастом можуть з'явитися розриви та помилкові чорні області. При роботі з зображеннями з нерівномірними характеристиками яскравості використовується метод Яновіца і Брукштейна, але він є найменш ефективним з локальних методів бінаризації. Отже, можна зробити висновок, що кожен метод слід використовувати в конкретних ситуаціях.

в) Метод нарощування областей

Метод вирощування регіону – це метод сегментації, заснований на принципі подібності. Він починається з вибору вихідної точки на зображенні та поступово додає до сегмента всі пікселі, які відповідають визначеному порогу подібності.

Метод регіонального нарощування можна реалізувати різними способами, наприклад, лінійним вирощуванням і вирощуванням по фронту. Лінійне зростання працює шляхом поступового розширення сегмента, перевіряючи кожен піксель у сусідній із сегментом області та додаючи його до сегмента, якщо він відповідає

порогу подібності. Фронтальне вирощування працює шляхом створення «фронта» на межі між сегментом і несегментованою областю та додавання пікселів до сегмента, якщо вони відповідають порогу подібності.

Метод збільшення області корисний для сегментації однорідних областей на зображенні та може бути застосований у різних сферах, таких як аналіз медичних зображень, робототехніка та розпізнавання зображень. Однак він може бути чутливим до шуму та може не працювати належним чином для сегментування областей із різкими межами або областей із сильною текстурою.

д) Текстурний метод

Текстури є потужною функцією сегментації. Існують різні методи аналізу текстури, включаючи статистичні методи, структурні методи та методи на основі перетворень. Статистичні методи обчислюють статистику інтенсивності пікселів в області текстури та використовують цю статистику для опису текстури. Структурні методи аналізують просторові відносини між пікселями, наприклад матриця спільного розташування, яка підраховує кількість разів, коли пари пікселів із певними значеннями інтенсивності зустрічаються разом на зображенні. Методи, засновані на перетвореннях, використовують математичні перетворення, такі як перетворення Фур'є або вейвлет-перетворення, для аналізу частотних компонентів зображення та виділення особливостей текстури.

г) Контурна сегментація

Одним з методів сегментації контуру є метод виділення межі. Цей метод популярний через простоту використання. Основою для побудови контурного методу є детектор країв, який контролює маніпуляції пікселями країв зображення з точки зору контрасту за допомогою маски. Частіше використовуються симетричні маски, маски інваріантного обертання. Недоліком цього методу є те, що відокремлення об'єкта від фону в пікселях зменшується. Це може призвести до нестабільної сегментації. Щоб подолати це, використовуються спрямовані маски. Щоб знайти межі, ми використовуємо маску, створену перетворенням Фур'є. Користуватися ними складніше і займає більше часу. Після вибору пікселів межі наступним кроком є

з'єднання контурів для побудови межі зображення. У цьому випадку можуть виникнути дві проблеми. Поява прогалин і товщина кордону. Щоб подолати проблему порушення меж, ми використовуємо маски для з'єднання фрагментів границь, які знаходяться на одній лінії, гістерезисом. Пошук по графу використовується для побудови меж зображення. До переваг контурного методу можна віднести простоту рішення, толерантність до невеликих змін яскравості та контрастності зображення. До недоліків належать труднощі з видаленням помилкових меж, коли контраст низький, і труднощі з видаленням порушених меж, коли поріг високий.

3.3. Фільтрація

На більшість зображень впливають різні типи шуму. Наявність шуму на зображенні може призвести до неточностей та спотворень, які ускладнюють процес розпізнавання зображення. Фільтрування зображення виконується для видалення різних типів шумів на зображенні та досягнення бажаного результату. Розрізняють частотну фільтрацію та просторову фільтрацію. Частотний метод ґрунтується на методі Фур'є. Якщо функція періодична, її уявлення називається рядами Фур'є. Аперіодичні функції, виражені як інтеграли від тригонометричних функцій, помножених на вагові функції, називаються перетвореннями Фур'є. Просторова фільтрація використовується для покращення та відновлення зображень. Поліпшення зображення робить зображення придатним для подальшої обробки. Це завдання видалення перешкод та шуму із зображення, посилення кордонів та зміни контрасту. Відновлення зображення означає отримання зображення, близького до ідеального. Вирішення цієї задачі усуває шуми, геометричні спотворення, розмиття, нерівності фону і т.д.

Існують різні типи фільтрів, які можна використовувати для розпізнавання зображень, зокрема:

1. Фільтри низьких частот: ці фільтри пропускають низькочастотні сигнали та блокують високочастотні сигнали. Їх можна використовувати для згладжування зображення або видалення шумів.

2. Фільтри високих частот: ці фільтри пропускають високочастотні сигнали та блокують низькочастотні сигнали. Їх можна використовувати для покращення деталей або країв зображення.

3. Смугові фільтри: ці фільтри дозволяють пропускати певний діапазон частот і блокувати частоти за межами цього діапазону. Їх можна використовувати для фокусування на певному діапазоні частот зображення.

4. Смугові фільтри: ці фільтри блокують певний діапазон частот і пропускають частоти за межами цього діапазону. Їх можна використовувати для видалення певного діапазону частот із зображення.

5. Середні фільтри: ці фільтри усувають шум, замінюючи кожен піксель на зображенні середнім значенням сусідніх пікселів. Вони ефективно видаляють шум солі та перцю.

6. Фільтри Гауса: ці фільтри згладжують зображення, застосовуючи функцію Гауса до кожного пікселя зображення. Вони ефективні для видалення гаусового шуму.

Покращення якості зображення є важливою складовою нашого життя, і потребує постійного покращення та удосконалення методів вирішення цих завдань.

3.4 Розпізнавання об'єктів

Розпізнавання об'єктів є завершальним етапом обробки зображення. Для вирішення завдань розпізнавання використовуються такі методи:

- Кореляційний метод – заснований на знаходженні максимальної кореляції між точками шаблону та областями зображення. Ці методи використовуються для виявлення та розпізнавання зображень у системах моніторингу руху машин, навігаційних системах, системах безпеки, системах розпізнавання тощо.

- Метод ознак — це метод, який вибирає характерні ознаки для пошуку та порівнює їх із областями зображення, що мають ці ознаки. Основною проблемою під час використання цього є вибір ознак.

- Синтаксичний метод – заснований на придбанні структурних мовних ознак. Правила підключення цих ознак однакові для стандартних та вхідних зображень.

- Методи нормалізації. Метою цих методів є автоматичне обчислення невідомих параметрів перетворення вхідного зображення та приведення їх до стандартного вигляду.

- Перетворення здійснюється за допомогою операторів нормалізації, а параметри обчислюються за допомогою функціоналів.

3.5 Мова програмування Dart

Dart — мова програмування, розроблена Google. Це об'єктно-орієнтована мова на основі класів, яка розроблена для розробників, які мають досвід роботи з такими мовами, як Java і C#. Dart використовується для створення програм для Інтернету, мобільних пристроїв і настільних комп'ютерів.

Однією з головних особливостей Dart є його підтримка асинхронного програмування, що дозволяє розробникам писати код, який можна виконувати одночасно з іншими завданнями. Це полегшує створення адаптивних і масштабованих програм.

Dart також приділяє особливу увагу зручності використання з такими функціями, як необов'язковий набір тексту та синтаксис, який легко читати та писати. Він також має багатий набір бібліотек та інструментів, які спрощують створення та розгортання програм.

Dart використовується в ряді відомих проєктів, включаючи фреймворк розробки мобільних додатків Flutter і операційну систему Fuchsia. Він також використовується для створення програм і сценаріїв на стороні сервера, а також має потужну підтримку веб-розробки за допомогою таких інструментів, як веб-сервер Dart і платформа AngularDart.

Dart пропонує надійну нульову безпеку, тобто значення не можуть бути нульовими, якщо ви не скажете, що вони можуть бути нульовими. Завдяки надійній нульовій безпеці Dart може захистити вас від нульових винятків під час виконання за допомогою статичного аналізу коду. На відміну від багатьох інших нуль-безпечних мов, коли Dart визначає, що змінна не допускає нуль, ця змінна завжди не допускає нуль. Якщо ви перевірите свій написаний код у налагоджувачі, ви побачите, що відсутність нульових значень зберігається під час виконання (отже, надійна нульова безпека).

Серед інших ключових функцій Dart:

- Сильна підтримка об'єктно-орієнтованого програмування з класами, інтерфейсами та наслідуванням. Забезпечення швидкого запуску і високої продуктивності для всіх сучасних веб браузерів і різних типів оточень, від портативних пристроїв до потужних серверів;
- Підтримка як статично, так і динамічно введеного коду, що дозволяє розробникам вибирати рівень перевірки типу, який підходить для їх проекту. Необов'язкове вказування типів, використовувати чи ні статичні типи вирішує розробник. Вказування типів дозволяє спростити зневадження і виявлення помилок, робить код яснішим і читаним, спрощує його доопрацювання та аналіз сторонніми розробниками.
- Збирач сміття, який автоматично керує пам'яттю та допомагає запобігти поширеним проблемам, пов'язаним із пам'яттю, наприклад витоку пам'яті.
- Хороші можливості для тестування, вбудовані всередину
- Підтримка як своєчасної (JIT), так і завчасної (AOT) компіляції, що дозволяє вибрати підхід, який найбільше підходить для вашого проекту. Набір готових інструментів для підтримки розробки мовою Dart, включаючи реалізацію засобів динамічної розробки та зневадження з виправленням коду на льоту ("edit-and-continue");

Dart — це сучасна мова зі зростаючою спільнотою розробників і сильною екосистемою інструментів і бібліотек. Він використовується для створення широкого діапазону додатків, включаючи веб-додатки та програми для мобільних пристроїв, сценарії на стороні сервера та додатки для настільних ПК. Якщо ви шукаєте мову, яку легко вивчити, потужну та гнучку, Dart може стати гарним вибором для вашого проекту

Ось ще кілька деталей про Dart:

Dart — це мова з відкритим кодом, вихідний код якої доступний на GitHub.

Її розроблено так, щоб її було легко вивчити, її синтаксис подібний до інших популярних мов, таких як Java і C#. Dart має надійну підтримку для створення веб-додатків за допомогою таких інструментів, як веб-сервер Dart і платформа AngularDart. Він також використовується для створення мобільних додатків із фреймворком Flutter, який дозволяє розробникам створювати власно скомпільовані додатки для мобільних пристроїв, Інтернету та настільних комп'ютерів з єдиної кодової бази. Окрім використання в веб-розробці та розробці мобільних пристроїв, Dart також використовується для створення інструментів командного рядка та сценаріїв, а також має потужну підтримку асинхронного програмування. Спільнота розробників і компаній, які використовують Dart, зростає, і Google зобов'язався продовжувати інвестувати та підтримувати мову.

3.6 Фреймворк FLUTTER

Flutter — це фреймворк для розробки мобільних додатків з відкритим кодом, створений Google. Це дозволяє розробникам створювати власно скомпільовані додатки для мобільних пристроїв, Інтернету та настільних комп'ютерів з єдиної кодової бази. Flutter використовує мову програмування Dart, яку легко вивчити та читати, якщо у вас є досвід роботи з об'єктно-орієнтованими мовами, такими як Java або C#.

Однією з головних переваг Flutter є його швидкий цикл розробки, що стало можливим завдяки гарячому перезавантаженню, функції, яка дозволяє вам бачити

зміни, які ви вносите у свій код, одразу в додатку. Це дозволяє легко експериментувати та швидко тестувати ідеї, що може заощадити багато часу та зусиль у процесі розробки.

Flutter також має широкий спектр вбудованих компонентів і багатий набір пакетів сторонніх розробників, що дозволяє легко додавати загальні функції до вашої програми, наприклад карти, хмарне сховище та автентифікацію.

Ось деякі додаткові моменти про Flutter, які можуть бути корисними знати:

- Flutter використовує графічний движок Skia, який дозволяє узгоджено відтворювати програми на багатьох пристроях і платформах, включаючи iOS і Android. Це означає, що ви можете написати єдину кодову базу та запустити її на обох платформах з мінімальними зусиллями.

- Flutter має швидкий і чутливий дизайн, що робить його придатним для створення високопродуктивних програм. Він також має вбудовану підтримку жестів, анімації та інших ефектів, які можуть допомогти вам створити плавний і захоплюючий досвід користувача.

- Flutter має сильну спільноту розробників, у фреймворк додаються регулярні оновлення та нові функції. Є також багато ресурсів, доступних в Інтернеті, таких як блоги, форуми та Stack Overflow, де ви можете поставити запитання та отримати допомогу щодо будь-яких проблем, з якими ви зіткнулися.

- Flutter стає все більш популярним вибором для створення мобільних додатків і використовується такими компаніями, як Alibaba, Google і Groupon. Це також хороший варіант для створення настільних програм, оскільки Flutter підтримує створення програм для Windows, Linux і Mac.

Деякі компанії та організації, які використовують Flutter, включають

- Google: Flutter розроблено компанією Google і використовується внутрішньо для низки програм Google, зокрема програми Google Home.
- Alibaba: Alibaba, найбільша компанія електронної комерції у світі, використовувала Flutter для створення програми Xianyu, яку завантажили понад 50 мільйонів разів.
- Reflectly: Reflectly, популярний додаток для ведення щоденників, було створено за допомогою Flutter.
- Abbey Road Studios: легендарна студія звукозапису використовувала Flutter для створення програми для своєї ініціативи Reducing our Sound Footprint.
- Groupon: компанія щоденних угод використовувала Flutter для створення своєї програми, яку завантажили понад 10 мільйонів разів.
- Tencent: китайський технологічний гігант використовував Flutter для створення низки додатків, у тому числі DingDang, програми голосового помічника з понад 50 мільйонами користувачів.

Є багато інших компаній і організацій, які використовують Flutter для розробки додатків, і популярність Flutter продовжує зростати, оскільки все більше розробників відкривають переваги використання його для створення високоякісних кросплатформних додатків.

3.7 Firebase

Firebase — це хмарна платформа для створення та розгортання мобільних і веб-додатків. Він надає ряд послуг, якими можна користуватися разом або окремо, зокрема:

- База даних реального часу: хмарна база даних NoSQL, яка дозволяє зберігати та синхронізувати дані між користувачами в режимі реального часу.
- Cloud Firestore: база даних документів NoSQL, яка дозволяє зберігати, синхронізувати та запитувати дані для мобільних і веб-додатків.

- Хмарні функції: безсерверна платформа для створення та підключення хмарних сервісів.
- Автентифікація: сервіс для безпечної автентифікації користувачів.
- Хостинг: статична та динамічна служба веб-хостингу для розміщення веб-вмісту.
- Хмарне сховище: масштабована служба хмарного сховища для зберігання та обслуговування створеного користувачами вмісту, наприклад фотографій і відео.

Firestore можна використовувати з різними мовами програмування та фреймворками, включаючи Angular, Vue.js, React тощо. Це популярний вибір для створення додатків для спільної роботи в режимі реального часу та для розробки додатків, які вимагають великої кількості логіки на стороні клієнта.

Firestore Auth

Firestore Auth — це служба, яку надає Firestore і дозволяє автентифікувати користувачів для вашої програми. Він підтримує низку різних методів автентифікації, включаючи електронну адресу та пароль, номер телефону та популярних сторонніх постачальників, таких як Google, Facebook тощо.

Щоб використовувати Firestore Auth у своїй програмі, вам потрібно налаштувати проект на консолі Firestore, а потім інтегрувати Firestore SDK у свою програму. Зробивши це, ви зможете використовувати Firestore Auth API для керування обліковими записами користувачів і автентифікації користувачів. Ось приклад того, як ви можете використовувати Firestore Auth у веб-програмі для реєстрації користувача за допомогою електронної адреси та пароля:

```
// sign up with email and password
firebase.auth().createUserWithEmailAndPassword(email, password)
  .then(function(user) {
    console.log('Successfully signed up user:', user);
  })
  .catch(function(error) {
    console.error('Error signing up user:', error);
  });
```


Firebase Auth також надає ряд інших функцій, таких як перевірка електронної пошти, скидання пароля та багатофакторна автентифікація. Ви можете знайти більше інформації в документації Firebase.

Realtime Database

База даних Firebase Realtime — це хмарна база даних NoSQL, яка дозволяє зберігати та синхронізувати дані між користувачами в реальному часі. Це чудовий вибір для створення програм для спільної роботи, а також для програм, які вимагають багато логіки на стороні клієнта.

Firebase Realtime Database зберігає дані як об'єкти JSON, і ви можете використовувати Firebase Realtime Database API для читання та запису даних у базу даних зі свого клієнтського коду. Дані синхронізуються між усіма підключеними клієнтами в режимі реального часу, і ви можете використовувати серверну логіку для контролю доступу до даних і забезпечення цілісності даних.


Ось приклад того, як ви можете використовувати Firebase Realtime Database у веб-програмі для читання даних із бази даних:

 Copy code

```
// reference to the data we want to read
var usersRef = firebase.database().ref('users');

// read the data once
usersRef.once('value').then(function(snapshot) {
  console.log('Users:', snapshot.val());
});
```

Ви також можете використовувати метод `on()`, щоб прослуховувати зміни в даних у базі даних у реальному часі:

 Copy code

```
// listen for changes to the data
usersRef.on('value', function(snapshot) {
  console.log('Users:', snapshot.val());
});
```

Firestore Storage

Firestore Storage — це масштабована хмарна служба зберігання, надана Firebase, яка дозволяє зберігати та обслуговувати створений користувачами вміст, наприклад фотографії та відео. Це потужний і простий у користуванні сервіс, який може допомогти вам створити насичений і привабливий досвід для ваших користувачів. Щоб використовувати Firestore Storage у своїй програмі, вам потрібно буде налаштувати проект на консолі Firebase, а потім інтегрувати Firestore SDK у свою програму. Зробивши це, ви можете використовувати Firestore Storage API для завантаження та завантаження файлів із Firestore Storage.

Ось приклад того, як ви можете використовувати Firestore Storage у веб-програмі для завантаження файлу:

```
// select a file to upload
var file = document.querySelector('#file').files[0];

// create a storage reference
var storageRef = firebase.storage().ref();

// create a reference to the file you want to upload
var fileRef = storageRef.child('files/' + file.name);

// upload the file
fileRef.put(file).then(function(snapshot) {
  console.log('File uploaded successfully');
});
```

Firebase Storage також надає низку інших функцій, як-от можливість установлювати правила безпеки для контролю доступу до вашого відра зберігання та використовувати підписані URL-адреси, щоб дозволити користувачам завантажувати файли, не вимагаючи від них автентифікації.

3.8 TensorFlow

TensorFlow — це бібліотека програмного забезпечення з відкритим кодом для машинного навчання та штучного інтелекту. Він був розроблений Google і використовується для широкого спектру програм, включаючи обробку природної мови, комп'ютерне зір і робототехніку. TensorFlow надає гнучку та ефективну платформу для навчання та розгортання моделей машинного навчання, і вона широко використовується в дослідженнях і промисловості. Однією з головних особливостей TensorFlow є його підтримка програмування потоків даних, що дозволяє користувачам створювати складні моделі машинного навчання шляхом визначення та підключення обчислювальних графів. TensorFlow також містить ряд інструментів і бібліотек для таких завдань, як попередня обробка даних, візуалізація результатів і

розгортання моделей у виробничих середовищах. TensorFlow доступний для різноманітних платформ, включаючи настільні, мобільні та хмарні, і його можна використовувати з низкою мов програмування, включаючи Python, C++ і JavaScript. Він також дуже розширюваний і має велику й активну спільноту розробників і користувачів, що сприяє його постійному розвитку та вдосконаленню. TensorFlow був вперше випущений у 2015 році і з тих пір став однією з найпопулярніших і широко використовуваних бібліотек машинного навчання. Він розроблений, щоб бути гнучким, ефективним і масштабованим, і його використовували для створення широкого спектру моделей машинного навчання для таких програм, як розпізнавання зображень і мови, обробка природної мови та прогнозне моделювання. Однією з ключових особливостей TensorFlow є його підтримка програмування потоків даних, що дозволяє користувачам визначати складні обчислювальні графіки та виконувати їх на різноманітних апаратних платформах, включаючи центральні процесори, графічні процесори та TPU (блоки обробки тензорів). TensorFlow також містить низку інструментів і бібліотек для таких завдань, як попередня обробка даних, навчання моделі та оцінка. На додаток до основних можливостей машинного навчання, TensorFlow також містить ряд інструментів і бібліотек для таких завдань, як візуалізація даних, розгортання моделі та обслуговування моделі. Він також має багату екосистему бібліотек та інструментів, які були розроблені спільнотою, включаючи бібліотеки для таких завдань, як системи рекомендацій, аналіз часових рядів і обробка графіків.

Висновки до розділу

Програмне забезпечення складнішає з кожним днем. Для розробки хорошого проекту в першу чергу потрібно скласти план. У ньому має бути розглянута загальна архітектура проекту, його мета, вимоги, які він має задовольняти, а також додаткові технічні аспекти – такі як вибір мови, алгоритмів та методів програмування. Правильно проаналізовані всі аспекти математичного та програмного забезпечення приведуть до хорошого результату.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

В сучасному світі якість продуктів відіграє ключову роль у харчуванні людини. Від споживання якісних продуктів залежить не тільки здоров'я, але й тривалість життя та висока продуктивність праці. Тому забезпечення якісною та безпечною сільськогосподарською продукцією є основним фактором підвищення стану здоров'я населення і є надзвичайно актуальним питанням на сьогодні.

Аналізуючи досвід, що сформувався в світовій історії, якість продукції тісно пов'язана з науковим прогресом і як той прогрес реалізований у виробництві. Саме задовольняючи потреби кожного споживача, можна вирішити пов'язані економічні проблеми у суспільстві.

Основна ідея полягає в розробленні функціонуючого, точного та кроссплатформеного мобільного додатку для контролю якості продукції за допомогою аналізу її фотозображення на базі фреймворку Flutter.

4.2 Розроблення ринкової стратегії

Можливі напрямки застосування.

Розроблений застосунок будуть мати змогу використовувати багато користувачів – контролери якості на масових виробництвах, заводах та підприємствах, а також прості покупці та продавці на ринках. Також він буде корисним для людей з вадами зору при підключенні до належних пристроїв і налаштувань.

- Основні вигоди, що може отримати користувач.

Насамперед, користувач зможе здійснювати посилений контроль за якістю та безпечністю сільськогосподарської продукції та зберігати пріоритетність зміцнення здоров'я людини вживанням лише якісної продукції.

- Відмінність від існуючих аналогів.

Програма є надійною та простою у використанні. Вона є універсальною та кросплатформною і може бути використана в різних сферах різними користувачами. Також додаток враховує потреби людей з вадами зору.

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Спершу, при дослідженні ринку, потрібно окреслити максимальний прибуток, що можна отримати на цьому ринку, чи є конкуренти, якщо є, чи можна створити їм конкуренцію, який клієнт та які його потреби. Для розроблення ринкової стратегії, насамперед, необхідно визначити, хто буде потенційними споживачами, описати цих споживачів та визначити їхні потреби, оцінити готовність споживання нового продукту і встановити ціну на продукт на цьому ринку, проаналізувати рівень конкуренції та поріг входу на ринок.

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Споживач сільськогосподарської продукції віком від 35 років	Висока	Середній	Низька	Середній рівень
Споживач сільськогосподарської продукції віком до 35 років	Середня	Низький	Низька	Низький рівень

Для роботи в обраних сегментах ринку сформовано базову стратегію розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Створення додатку з подальшим розповсюдженням	Визначити потреби певної групи та розробити відповідно до них стратегії	Універсальність продукту, <u>орієнтованість на кінцевого користувача</u>	концентрований маркетинг

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект <u>«першопрохідцем»</u> на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у <u>конкурентів?</u>	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Так	Шукати нових	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

Фінальним кроком є розробка стратегії позиціонування, зроблена на аналізі конкурентної поведінки, стратегії охоплення ринку та базової стратегії розвитку.

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
Легкість розуміння, зручний інтерфейс	Стратегія концентрованого маркетингу	Позиція на основі порівняння фірми зі схожими застарілими аналогами;	Економія часу; Зручність застосування; Практичність та точність результату

В результаті аналізу було отримано узгоджену систему рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії.

4.3 Розроблення маркетингової програми

Для успіху додатку на ринку необхідний чіткий маркетинговий план. Так як сучасний ринок є істотно вразливим та нестабільним, доцільно буде розробити стратегію входу додатку і вектор його розвитку на ринку всього на рік. Вийти на ринок першим – величезна перевага і лише у першого є короткий проміжок часу, щоб закріпитися з новим продуктом до того, як інші складуть конкуренцію. Так як додаток майже не має аналогів у світі і є новим на українському ринку, він матиме величезну перевагу.

Насамперед, варто провести оцінку клієнтів продуктів інноваційних проектів та стартапів. За основу використано дві методології: Customer Development Methodology (клієнт-орієнтована методологія) і Product Development Methodology (продукт-орієнтованої методології), основна ідея яких – якомога раніше і частіше перевіряти всі свої ідеї та припущення про майбутнє продукту на потенційних клієнтах.

Перший крок це розміщення запиту на фінансування інноваційного проекту на краудфандінговій платформі, що дозволяє визначити зацікавленість потенційних споживачів і більш чітко визначити свою цільову аудиторію, ознайомити велику чисельність людей з ідеєю нового продукту і отримати фінансування стартапу.

Було виявлено, що потрібно зосередити увагу на якомусь конкретному сегменті ринку, тобто скористатись стратегією концентрованого маркетингу.

Портрет споживача продукту:

- Люди жіночої та чоловічої статі у віці від 35 років з великих міст
- Цікавляться здоровим харчуванням.
- Мають стабільну зайнятість, сім'ю та дітей.
- Спостерігають за методами стандартизації сільськогосподарської продукції та контролюють, що споживають.

Наступний етап—створення попиту. Для формування попиту дуже часто застосовують різні методи, вони, в свою чергу, відносяться до маркетингового стимулювання. Найбільш поширеним і дієвим методом вважається реклама. На початковому етапі виведення продукції на ринок реклама формує загальну думку споживача про товар і вкладає ідею нового товару у свідомість потенційних споживачів. Ефективно буде подавати рекламу продукту, що тільки з'являється на ринку, порівнюючи його вже з існуючими товарами і робити акцент на перевагах нової продукції.

Не дивлячись на це, варто продовжувати спостерігати за змінами у ставленні споживачів до продукту. Так, в результаті пандемії, велику актуальність має здоровий спосіб життя, саме тому виведення додатку на ринок є вкрай актуальним.

Важливим є вивчення конкурентів та їх взаємодія зі споживачами. Було визначено, що на українському ринку конкуренція відсутня. Щодо міжнародного ринку, то додаток виділяє його здатність допомагати людям з обмеженими можливостями, простий та зрозумілий інтерфейс.

Знаходячись на дуже конкурентоспроможному ринку, що постійно розвивається та росте, варто встановити стратегії позиціонування, маркетингу та просування, щоб спробувати змусити продукт рости і залишатися серед уподобань.

4.4 Вимоги до технічного та програмного забезпечення

Для розробки додатку потрібно буде мати ноутбук на macOS, який підтримуватиме кросплатформену розробку додатків, адже саме він надає можливість розробки для андроїду, іосу та інших платформ. Для оптимальної і комфортної роботи потрібно, щоб задовільнялися такі параметри: 4-ядерний процесор Intel, або ж процесор на базі Apple з чіпом M1/M2, 16 гб оперативної пам'яті. Для тестування можна використовувати як і телефон на базі Android, так і телефон на базі операційної системи IOS. Програма підтримуватиме телефони з версії sdk 21 та вище. Тестувальний пристрій має мати хорошу, а головне справу камеру. З програмного забезпечення нам потрібний фреймворк Flutter та IDE Android Visual Studio.

ВИСНОВКИ

Мета цього диплому була в створенні програми для оцінювання якості сільськогосподарської продукція за допомогою аналізу її фотозображення. Перед виконанням цього завдання я визначив актуальність цієї теми. Було проведено аналіз предметної галузі та розглянуто існуючі програмні рішення. Були вивчені методи та алгоритми обробки зображень та обрані найбільш точні. Для реалізації програми був проведений аналіз розглянутих мов та засобів реалізації.. Для покращення точності розпізнавання вибраний алгоритм був змінений з врахуванням вимог поставленої задачі. Проаналізовано ефективність використання можливих бібліотек для розробки програми «Розпізнавання об'єктів на зображеннях». Для розробки програми було обрано фреймворк Flutter, бібліотеку TensorFlow. Основна мова для написання - Dart. В результаті було розроблено архітектуру програми та алгоритми роботи. Хороші результати показало також тестування програми. Ця програма надійна та проста у використанні, вона універсальна, кросплатформна і може використовуватися багатьма користувачами у різних сферах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тутковський О. В. Розпізнавання зображень. Навчальний посібник / 2015 - 320 с.
2. Вовк С.М., Гнаташенко В.В., Бонко М.В. - Image processing methods and computer vision / 2015 - 130 с.
3. Selection of objects in the image using of the Viola-Jones method - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://api-2d3d-cad.com/viola-jones-method/> - Дата доступу: Дата доступу: Вересень 2022.
4. Початковий вступ до розпізнавання об'єктів із глибинним навчанням - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://learningmachinemastery.com/object-recognition-with-deep-learning/> - Дата доступу: Вересень 2022.
5. Шевченко В.Є. Іваненко О.Ф. Гаврилів В.В. - Теорія розпізнавання образів. Посібник для навчання - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://studfile.net/preview/56072/> - Дата доступу: Вересень 2022.
6. Pattern recognition theory – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96%D0%B2> – Дата доступу: :Вересень 2022.
7. Frank Zammetti - Practical Flutter / 2019 – 396с
8. Priyanka Tyagi - Pragmatic Flutter. Building Cross-Platform Mobile Apps for Android, iOS, Web & Desktop / 2021 - 370с
9. Julien Triland - Développez vos applications mobiles multiplateformes avec Dart / 2020 – 470с
10. Eric Windmill - Flutter in action.1st Edition / 2017 - 170с
11. Richard Szeliski - Computer Vision: Algorithms and Applications (Texts in Computer Science) / 2010 – 832с
12. Richard Hartley - Multiple View Geometry in Computer Vision / 2004 – 670с
13. Simon J. D. Prince - Computer Vision: Models, Learning, and Inference / 2012 – 598с

14. Обробка зображень та її методи – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nmetau.edu.ua/file/07_7.5_lbr_gr_rbr_.pdf – Дата доступу: Вересень 2022.

15. Optical flow [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://habr.com/post/123136> – Дата доступу: Вересень 2022.

16. Methods for finding key points in an image and their descriptors [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nauchkor.com/pubs/methods-for-finding-key-points-in-image587d36515f1be77c40d58c79> - Дата доступу: Вересень 2022.

17. Управління якістю продукції і послуг [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

http://lib.htei.org.ua/sites/default/files/83/2016/upravlinnya_yakistyu_produkciiyi_ta_poslug.pdf - Дата доступу: Вересень 2022.