

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Модель органайзера для бджолярів на основі C# та Blazor»

на здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності 124 Системний аналіз

освітньо-професійної програми «Інтелектуальні системи управління»

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

(підпис)

Олег СМІХУН

Виконав: здобувач вищої освіти гр. САДМ-61

Олег СМІХУН

Керівник:
к.т.н., доцент

Михайло КУЗЬМІЧ

Рецензен:
науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ – 2024

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра: Інформаційних систем та мереж

Ступінь вищої освіти: Магістр

Спеціальність: 124 «Системний аналіз»

Освітньо-професійна програма: Інтелектуальні системи управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСТ

_____ Каміла СТОРЧАК

«___» _____ 20___ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Сміхун Олег Федорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Модель органайзера для бджолярів на основі C# та Blazor»

Керівник кваліфікаційної роботи: Михайло КУЗЬМІЧ, Доктор філософії (PhD)

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

від «___» _____ 20___ р. № _____

2. Строк подання студентом роботи: «___» _____ 20___ р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Дані про стан вуликів, включаючи температуру, вологість, рівень меду та стан бджолиних сімей;
 2. Інформація про структуру пасік та типові проблеми, з якими стикаються бджолярів;
 3. Технології Інтернету речей (IoT) і їх застосування в аграрній сфері;
 4. Досвід автоматизації процесів моніторингу в інших галузях;
 5. Наукові публікації та дослідження в сфері бджільництва та автоматизації.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
1. Виявлення основних проблем в управлінні пасікою та моніторингу стану бджолиних сімей;
 2. Аналіз існуючих рішень та технологій для автоматизації бджільництва;
 3. Розробка концептуальної моделі інтегрованої системи для моніторингу та управління пасікою;
 4. Пропозиції щодо інтеграції технологій IoT та штучного інтелекту в систему управління пасікою.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення та аналіз предметної області		
2	Дослідження мов програмування та технологій		
3	Огляд необхідних технологій для автоматизації пасіки		
4	Огляд існуючих систем для моніторингу пасіки (SPPR)		
5	Аналіз необхідних систем штучного інтелекту для обробки даних		
6	Огляд технологій для збору даних (датчики, камери, метеостанції)		
7	Інтеграція технологій MQTT та LoRa		
8	Аналіз та вибір платформи для хмарного зберігання даних		
9	Розробка та реалізація алгоритмів роботи моделі		
10	Інтеграція всіх технологій в додаток і підготовка до презентації		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Олег СМІХУН

Керівник

кваліфікаційної роботи

(підпис)

Михайло КУЗЬМІЧ

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської роботи: 75 с., 4 табл., 23 рис., 30 джерел.

Мета роботи – розробка моделі та веб-додатку, які дозволяють бджолярам ефективно моніторити стан вуликів, виявляти потенційні проблеми та отримувати рекомендації для ухвалення управлінських рішень.

Об'єкт дослідження – процеси моніторингу та управління станом бджолиних сімей на пасіках.

Предмет дослідження – використання технологій Інтернету речей (IoT) для збору та обробки даних із сенсорів з метою автоматизації управління пасікою.

Короткий зміст роботи:

У рамках дослідження були виконані такі завдання:

- досліджено ефективність використання IoT для збору даних про температуру, вологість, рівень меду та стан бджолиних сімей;
- розроблено систему на основі технологій машинного навчання для аналізу зібраних даних;
- створено інтегровану систему, яка включає модуль збору даних на основі мікроконтролерів і сенсорів;
- реалізовано автоматичний аналіз даних з використанням технологій машинного навчання;
- розроблено інтерфейс для управління пасікою в реальному часі з використанням C#, Blazor та MQTT.

Результати роботи: розроблена система дозволяє знизити навантаження на бджолярів, підвищити ефективність ухвалення управлінських рішень і мінімізувати ризики для бджолиних сімей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: бджільництво, Інтернет речей, штучний інтелект, мікроконтролери, моніторинг, сенсори, автоматизація, веб-додаток, MQTT, аналітика.

ABSTRACT

Text of the master's thesis: 75 pages, 4 tables, 23 figures, 30 references.

Objective – to develop a model and a web application that enable beekeepers to efficiently monitor the condition of hives, detect potential issues, and receive recommendations for making management decisions.

Object of study – monitoring processes and management of the condition of bee colonies in apiaries.

Subject of study – the use of Internet of Things (IoT) technologies for collecting and processing sensor data to automate apiary management.

Summary of the work:

The following tasks were completed during the study:

- the efficiency of using IoT to collect data on temperature, humidity, honey levels, and the condition of bee colonies was investigated;
- a system based on machine learning technologies for analyzing collected data was developed;
- an integrated system was created, including a data collection module based on microcontrollers and sensors;
- automatic data analysis using machine learning technologies was implemented;
- a real-time apiary management interface using C#, Blazor, and MQTT was developed.

Results of the work: the developed system reduces the workload on beekeepers, enhances the efficiency of management decisions, and minimizes risks to bee colonies.

KEYWORDS: beekeeping, Internet of Things, artificial intelligence, microcontrollers, monitoring, sensors, automation, web application, MQTT, analytics.

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

**ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра**

Направляється здобувач Сміхун О.Ф. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 124 Системний аналіз
(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Системний аналіз

на тему: «Модель органайзера для бджолярів на основі C# та Blazor».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____
(підпис)

Катерина НЕСТЕРЕНКО
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Висновок керівника магістерської роботи

Здобувач Олег СМІХУН виконав дослідження, яке демонструє ґрунтовний підхід до розробки концептуальної моделі системи для автоматизації процесів в бджільництві з використанням технологій Інтернету речей (IoT) та датчиків збору даних. Робота показує глибоке розуміння теоретичних аспектів та практичних можливостей застосування сучасних технологій IoT і датчиків для моніторингу стану бджолиних сімей. Запропонована концепція системи має значний потенціал для підвищення ефективності управління пасікою та автоматизації збору і обробки даних, а також може стати основою для подальших досліджень і розробок у цій галузі. Студент продемонстрував високий рівень аналітичних та практичних навичок, що відповідають вимогам до кваліфікаційних робіт.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача Олег СМІХУН на оцінку «_____» та присвоїти йому кваліфікацію магістр з системного аналізу.

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Михайло КУЗЬМІЧ
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

«_____» _____ 20____ року

Висновок кафедри про магістерську роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Сміхун О.Ф. допускається до захисту даної роботи в Експертній комісії.

Завідувач кафедри ІСТ _____
(назва) (підпис)

Каміла СТОРЧАК
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну роботу
на здобуття освітнього ступеня бакалавра (магістра)

здобувача вищої освіти Сміхуна Олега Федоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему «Модель органайзера для бджолярів на основі C# та Blazor»

Актуальність:

Магістерська робота «Модель органайзера для бджолярів на основі C# та Blazor» є актуальною через зростаючий інтерес до автоматизації процесів у бджільництві. Система дозволяє бджолярам ефективно управляти пасікою, моніторити стан вуликів та отримувати рекомендації для прийняття управлінських рішень. Використання технологій C# та Blazor забезпечує високу продуктивність і зручність в роботі з веб-додатком. Така платформа має значний потенціал для покращення результатів у бджільництві, сприяючи оптимізації управлінських процесів та зниженню ризиків.

Позитивні сторони:

1. Використання сучасних технологій (C#, Blazor) дозволяє створити інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і ефективну систему моніторингу;
2. Детальні методи збору та аналізу даних для контролю стану бджолиних сімей;
3. Висока інтеграція з іншими технологіями, такими як MQTT, для передачі даних у реальному часі.

Недоліки:

1. Недостатня увага до економічної ефективності впровадження платформи;
2. Обмежене розгляд можливостей масштабування системи;
3. Не вистачає деталей щодо інтеграції з мобільними платформами для бджолярів.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної роботи магістерської.

Висновок: кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра заслуговує оцінку «_____», а здобувач Олег СМІХУН заслуговує присвоєння кваліфікації: магістр з системного аналізу.

Рецензент:

науковий ступінь, вчене звання

підпис

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	14
1.1. Історія галузі бджільництва.....	14
1.2. Завдання сучасного бджоляра для продуктивного розвитку пасіки	16
1.3. Мова програмування C#.....	17
1.4. Blazor.....	20
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД НЕОБХІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЇХ СПІВВІДНОШЕННЯ ДО ОБОВ’ЯЗКІВ, ЯКІ НЕОБХІДНІ ПРИ ДОГЛЯДІ ЗА ПАСІКОЮ	22
2.1. Розподіл роботи на пасіці в залежності від поточного сезону.....	22
2.1.1. Ранній весняний огляд	22
2.1.2. Пізній весняний огляд.....	24
2.1.3. Перевезення	32
2.1.4. Етап підготовки до кочових прокачок меду	33
2.1.5. Привезення (кінець серпня).....	35
2.1.6. Осінній етап.....	36
2.1.7. Зимовий етап	37
2.1.8. Підведення підсумків	39
2.2. Пропозиція та розгляд можливих рішень	40
2.3. Огляд існуючих СППР з близьким за функціоналом до необхідного	41
2.4. Hive Tracks – як найбільш наближена до плануємої моделі система	43
2.4.1. Детальний опис важливих етапів внесення/редагування даних у HiveTracks.....	45
2.4.2. Потенційні напрями розширення	47
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ.....	53
3.1. Аналіз необхідних систем ІІІ для обробки даних пасіки та пропозиції рішень	53
3.2. Огляд технологій	58
3.2.1. IP-відеокамера	58

3.2.2 Метеостанція	59
3.2.3 Датчики для вимірювання вологості та температури.....	60
3.2.4 Інтеграція даних в додаток.....	65
3.2.5 MQTT	66
3.2.6 LoRa	69
3.2.7 Arduino, ESP32 та Raspberry Pi	72
3.2.8 Хмарні платформи.....	76
3.2.9 Діаграма IDEF0 та представлення алгоритму роботи моделі	80
3.3 Інтеграція в додаток	83
ВИСНОВКИ	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	91
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ: ПРЕЗЕНТАЦІЯ.....	94

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AWS	(англ. Amazon Web Services) – хмарні сервіси Amazon;
AMQP	(англ. Advanced Message Queuing Protocol) – розширений протокол черги повідомлень;
CNN	(англ. Convolutional Neural Network) – згорткова нейронна мережа;
ESP32	мікроконтролери з підтримкою Wi-Fi та Bluetooth;
HTTPS	(англ. Hypertext Transfer Protocol Secure) – захищений протокол передачі гіпертексту;
IoT	(англ. Internet of Things) – Інтернет речей;
LoRaWAN	(англ. Long Range Wide Area Network) – мережа широкої зони дії з великою дальністю;
MQTT	(англ. Message Queuing Telemetry Transport) – протокол передачі телеметричних даних;
QoS	(англ. Quality of Service) – якість обслуговування;
SSL/TLS	(англ. Secure Sockets Layer/Transport Layer Security) – захищений рівень сокетів / транспортний рівень безпеки;
YoLo	(англ. You Only Look Once) – алгоритм обробки зображень "Дивишся лише один раз";
СППР	(англ. Decision Support System) – система підтримки прийняття рішень;
ІІ	(англ. Artificial Intelligence) – штучний інтелект.

ВСТУП

Бджільництво є однією з важливих галузей сільського господарства, яка не тільки забезпечує отримання меду та інших продуктів, але й відіграє ключову роль у збереженні екологічного балансу завдяки запиленню рослин. Водночас сучасне бджільництво стикається з численними викликами, такими як зміна кліматичних умов, поширення паразитів і хвороб, а також зниження популяції бджіл. Ці проблеми вимагають впровадження нових підходів до управління пасіками та аналізу даних, що дозволить підвищити ефективність та продуктивність галузі.

З розвитком технологій обробки даних, моделювання та аналітики з'являється можливість інтеграції сучасних рішень у практику бджільництва. Одним із ключових аспектів є створення моделей для аналізу стану бджолиних сімей та прогнозування можливих ризиків. Виявлення критичних параметрів, таких як наявність кліщів, стан розплоду, зміни кліматичних умов або рівень меду, дозволяє своєчасно виявляти проблеми та надавати рекомендації щодо їх вирішення.

У ході роботи розроблено концепцію інтегрованої системи для моніторингу та аналітики стану пасіки із використанням технологій об'єктно-орієнтованого програмування (ООП) та побудови інформаційних діаграм (IDF0). Ця концепція дозволяє створити структуру, яка забезпечує як збір даних із сенсорів, так і їх обробку для подальшого аналізу.

Основною метою цієї роботи є розробка моделі для аналізу даних пасіки, яка враховує специфіку галузі та забезпечує підтримку прийняття управлінських рішень. Особливу увагу приділено впровадженню аналітичних методів, які дозволяють ідентифікувати основні проблеми, визначати критичні параметри та генерувати рекомендації на основі зібраної інформації. Використання технологій штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання забезпечує можливість прогнозування змін у стані пасіки, що є важливим для запобігання ризиків.

Удосконалено процеси збору та аналізу даних за рахунок використання технологій Інтернету речей (IoT), що забезпечує автоматизацію моніторингу критичних параметрів, таких як температура, вологість, рівень меду та присутність

паразитів. Веб-додаток, розроблений із використанням мови програмування C# та фреймворку Blazor, став основою для інтерактивної взаємодії бджоляра з системою.

Технологічною основою реалізації є мова програмування C# та фреймворк Blazor, які забезпечують високу швидкість роботи, гнучкість і можливість створення інтерактивного інтерфейсу. Веб-додаток, побудований на цих технологіях, забезпечує зручний доступ до даних у реальному часі, пропонує рекомендації та дозволяє вести інтерактивний журнал для планування дій на пасіці.

Для ефективного збору даних із сенсорів на пасіці та їх передачі на центральний сервер використовуються технології MQTT та мікроконтролери. Ці технології забезпечують надійний, швидкий та енергоефективний спосіб комунікації між різними елементами системи.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) є легким протоколом для обміну повідомленнями, що ідеально підходить для використання в умовах Інтернету речей (ІоТ), де потрібна передача даних з обмеженими ресурсами мережі та пристроїв. Протокол працює за принципом публікації та підписки, що дозволяє пристроям відправляти дані на певні теми, а іншим пристроям — отримувати ці дані. Це дозволяє реалізувати централізовану систему збору даних, де різні сенсори передають свої вимірювання на сервер через MQTT-повідомлення. Протокол має кілька переваг: він використовує мінімальний обсяг заголовків, що робить його ідеальним для пристроїв з обмеженими ресурсами, таких як мікроконтролери. Крім того, MQTT дозволяє вибирати рівень надійності передачі даних, що дає змогу балансувати між швидкістю і точністю, а також забезпечує енергоефективність, що є важливим для пристроїв, які працюють на батареях. У випадку з пасікою, де потрібно передавати дані про температуру, вологість, рівень меду і стан бджолиних сімей, MQTT забезпечує безперервну та надійну передачу інформації, що дозволяє оперативно реагувати на зміни.

Мікроконтролери є важливим компонентом в системах ІоТ для збору, обробки та передачі даних. Це невеликі, енергоефективні пристрої, які виконують основні функції з обробки сигналів від датчиків і передачі даних на сервер. Мікроконтролери, як Arduino або ESP32, є доступними і потужними рішеннями для

реалізації систем моніторингу пасіки. Вони можуть підключатися до різноманітних датчиків (температури, вологості, ваги меду, рівня CO₂) і обробляти зібрані дані перед їх відправкою на сервер через MQTT-протокол. Мікроконтролери, зокрема ESP32, мають вбудовану підтримку Wi-Fi, що дозволяє легко інтегрувати їх у систему IoT і передавати дані на сервер або в хмару в реальному часі.

Поєднання MQTT та мікроконтролерів дозволяє створити ефективну та надійну систему збору та передачі даних. Мікроконтролери виконують роль пристроїв збору даних, обробляючи інформацію з датчиків, а протокол MQTT забезпечує її передачу на сервер для подальшого аналізу. Це забезпечує оптимізацію процесу моніторингу пасіки, даючи змогу бджолярам отримувати оперативну інформацію для ухвалення рішень.

Удосконалено алгоритми аналізу даних за допомогою технологій машинного навчання, які дозволяють виявляти приховані закономірності, передбачати можливі ризики та надавати рекомендації щодо управління пасікою. Інтеграція таких методів значно підвищує ефективність прийняття рішень та сприяє оптимізації роботи бджоляра.

Таким чином, у рамках цієї роботи розроблено систему підтримки прийняття рішень у бджільництві, яка об'єднує аналітику, моделювання та автоматизацію моніторингу. Це дозволяє вивести управління пасікою на новий рівень, зробити його більш ефективним і стійким до зовнішніх викликів.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Історія галузі бджільництва

Історія бджільництва: проблеми та їх вирішення в різних регіонах

Бджільництво має багатовікову історію, яка розпочалася ще в первісні часи, коли людина вперше почала взаємодіяти з медоносними бджолами. Ця взаємодія пройшла кілька етапів розвитку, кожен з яких супроводжувався специфічними проблемами, що вирішувалися з плином часу. Окрім того, регіональні особливості значною мірою впливали на розвиток бджільництва.

На ранніх етапах бджільництво полягало у збиранні меду в дикій природі. Племена спостерігали за бджолами, знаходили їхні гнізда в дуплах дерев і збирали мед. Люди ще не мали достатніх знань про поведінку бджіл, тому не могли ефективно контролювати їхні сім'ї, що призводило до втрати колоній. Крім того, збирання меду було небезпечним, оскільки включало укуси бджіл і падіння з дерев. Проте з часом був винайдений дим як спосіб заспокоєння бджіл, що дозволяло безпечно проникати до гнізд. Також з'явилася здатність виявляти закономірності в поведінці бджіл, що стало основою для їх приручення.

У різних регіонах бджільництво розвивалося по-різному. В Африці й до сьогодні використовуються традиційні методи збору дикого меду, хоча з розвитком сучасних технологій з'явилися навчальні програми для бджолярів. У тропічних регіонах збір меду часто прив'язувався до сезонності, що змушувало громади пристосовуватися до природного циклу бджіл.

У Стародавньому Єгипті, Греції та Римі бджільництво стало важливою складовою господарства. Люди почали використовувати примітивні вулики з глини, очерету або дерева. Проте ці конструкції мали низьку ефективність через руйнування гнізд під час збору меду. Труднощі виникали і через складнощі в підтриманні постійних колоній. Вирішенням стало переміщення вуликів у райони з багатими медоносними рослинами. У Стародавньому Єгипті розвинули методи транспортування вуликів на човнах вздовж Нілу. В середземноморських країнах поширилося використання керамічних вуликів, які добре зберігали тепло, а в

слов'янських країнах зберігалася традиція бортництва, тобто збору меду з дупел дерев, аж до середньовіччя[15].

У середньовіччі бджільництво залишалося переважно примітивним, і основним методом отримання меду в лісових регіонах Європи залишалося бортництво. Борті були вразливі до погодних умов і хижаків, а відсутність розуміння біології бджіл обмежувала ефективність бджільництва. Проте в XVI столітті з'явилися перші праці з біології бджіл, зокрема спостереження за їхньою соціальною організацією, що поклало основу для розвитку нових методів. Тоді ж почали будувати перші переносні вулики, що спростило догляд за бджолами.

У XVIII–XIX століттях відбувся технологічний прорив: Франц Губер і Петро Прокопович створили перші рамкові вулики, які стали основою сучасного бджільництва. Рамкові конструкції дозволяли легко діставати мед і перевіряти стан сімей, що раніше було важко реалізувати через обмеженість старих конструкцій. У цей період також почали активно досліджувати хвороби бджіл. Промислове бджільництво почало розвиватися завдяки колоніальним товарам, таким як цукор і віск. У слов'янських країнах бджільництво залишалося важливою частиною сільського господарства.

У XX і XXI століттях бджільництво зіштовхнулося з новими проблемами, пов'язаними з глобалізацією. Використання пестицидів стало серйозною загрозою для бджіл, так само як і втрата біорізноманіття та кормової бази для бджіл. Також бджолині колонії піддалися загрозам через паразитів, таких як вароатоз. Вирішенням цих проблем стало перехід на органічне землеробство, створення заповідників для збереження біорізноманіття та розробка ліків і методів боротьби з паразитами.

Зараз бджільництво залишається важливою частиною глобального сільського господарства, і вирішення сучасних проблем визначатиме його майбутнє. Сучасні технології, такі як датчики для моніторингу пасік, дозволяють прогнозувати стан колоній і запобігати їхнім втратам. Проте, бджолярі ще стикаються з проблемами, пов'язаними з кліматичними змінами та складністю інтеграції нових технологій у традиційне господарство.

1.2 Завдання сучасного бджоляра для продуктивного розвитку пасіки

Сучасне бджільництво є складною та багатогранною діяльністю, яка вимагає від пасічника не лише базових знань про поведінку та біологію бджіл, але й розуміння сучасних технологій і екологічних викликів. Щоб забезпечити продуктивний розвиток пасіки, бджоляр повинен враховувати кілька важливих аспектів, зокрема управління пасікою, підтримку здоров'я бджолиних сімей та постійний розвиток власних знань[14].

Однією з ключових умов успішного розвитку пасіки є наявність якісної кормової бази. Бджоли потребують доступу до різноманітних медоносних рослин для отримання нектару та пилку. Для цього бджоляр повинен планувати розташування пасіки поблизу полів з медоносами або в лісових регіонах, посівати медоносні рослини на власних або орендованих ділянках землі, а також використовувати підгодовлю у періоди нестачі природних кормів, наприклад, в осінньо-зимовий сезон.

Здоров'я бджолиних сімей є не менш важливим аспектом. Хвороби та паразити, такі як вароатоз, нозематоз або європейський гнилець (див. рис. 1.1), залишаються серйозною загрозою для бджолиних колоній. Бджолярі повинні регулярно оглядати своїх бджіл для виявлення ознак хвороб або слабкості, використовувати сучасні методи лікування, такі як органічні кислоти чи препарати на основі ефірних олій, а також проводити профілактичні заходи, зокрема санітарну обробку вуликів і дотримання правил гігієни на пасіці.



Рис. 1.1 Бджолиний підмор уражений європейським гнильцем

Завдяки технологічному прогресу сучасний бджоляр може використовувати цифрові інструменти для моніторингу стану колоній та оптимізації своєї роботи. Це включає використання датчиків, що вимірюють температуру, вологість і активність бджіл, інтеграцію мобільних додатків для планування сезонних робіт і збору меду, а також застосування вагових платформ для оцінки медозбору в реальному часі.

Крім того, важливим завданням бджоляра є удосконалення конструкцій вуликів. Вибір конструкції вулика має вирішальне значення для комфорту бджіл і продуктивності пасіки. Бджоляр повинен використовувати рамкові вулики для спрощення догляду за бджолами та збирання меду, забезпечити хороше утеплення та вентиляцію вуликів, а також розміщувати їх на сонячних і захищених від вітру місцях.

Не менш важливим є екологічний підхід до бджільництва. Бджолярі повинні уникати застосування хімічних пестицидів поблизу пасік, популяризувати органічне бджільництво та взаємодіяти з місцевими громадами для підтримки екологічного балансу[13].

Успішне управління пасікою потребує ретельного планування та економічного обґрунтування кожного етапу. Бджолярі повинні розраховувати собівартість продукції, такої як мед, віск чи прополіс, оптимізувати витрати на обладнання та лікування бджіл, а також розвивати ринки збуту своєї продукції.

Загалом, успішне бджільництво вимагає постійного вдосконалення знань і вміння адаптуватися до змінюваних умов. Сучасний бджоляр має бути обізнаний у новітніх дослідженнях біології бджіл, методах боротьби з хворобами, а також основах економіки та маркетингу.

1.3 Мова програмування C#

C# (C-Sharp) – це об'єктно-орієнтована мова програмування, яка була розроблена компанією Microsoft в рамках платформи .NET. Вона є однією з найбільш популярних мов програмування для розробки програмного забезпечення під Windows, а також для кросплатформених рішень завдяки .NET Core (зараз

.NET 9+). C# підтримує багаті можливості для розробки веб-додатків, десктопних застосунків, мобільних програм, а також ігор за допомогою Unity[7].

Основні характеристики C#:

- Об'єктно-орієнтованість (ООП): C# підтримує основні принципи ООП, включаючи успадкування, поліморфізм, інкапсуляцію, що дозволяє створювати масштабовані та підтримувані програми.
- Типізація: Мова є статично типізованою, що означає, що типи змінних перевіряються на етапі компіляції, що знижує ймовірність помилок на етапі виконання.
- Простота синтаксису: Синтаксис C# дуже схожий на інші популярні мови програмування, такі як Java і C++, що полегшує навчання та перехід до C# для програмістів, які вже працюють з іншими мовами.
- Підтримка асинхронного програмування: C# має вбудовану підтримку асинхронних операцій через ключові слова `async` і `await`, що дає змогу створювати ефективні додатки з високою продуктивністю.
- Підтримка бібліотек і фреймворків: C# підтримує широке коло бібліотек і фреймворків, таких як ASP.NET для веб-розробки, Xamarin для мобільних додатків, Unity для ігор, що дозволяє використовувати мову для різноманітних цілей.

Переваги C# для цього проекту:

- Простота розробки та підтримки: Завдяки чистому синтаксису та підтримці ООП, C# дозволяє легко створювати, підтримувати та масштабувати програмні рішення. Це важливо для розробки складного системного програмного забезпечення, яке має підтримувати різні типи даних, зокрема інформацію про бджолині сім'ї, їх здоров'я та інші параметри.
- Міцна інтеграція з .NET екосистемою: Оскільки проект розробляється на платформі .NET, використання C# дозволяє ефективно працювати з інтерфейсами, базами даних (через Entity Framework або ADO.NET), а

також з іншими компонентами екосистеми, такими як ASP.NET для веб-інтерфейсів чи Blazor для інтерактивних веб-додатків.

- Масштабованість і гнучкість: С# забезпечує гнучкість у масштабуванні проекту завдяки можливості працювати як на локальних машинах (за допомогою Windows Forms або WPF), так і на веб-серверах, що є корисним для розробки рішення для моніторингу бджолиних сімей у реальному часі.
- Підтримка кросплатформенності: Завдяки .NET Core (тепер .NET 5+), С# дозволяє створювати додатки, які можуть працювати на різних операційних системах (Windows, Linux, macOS). Це може бути корисно для розвитку додатка, який можна запускати на різних платформах.
- Широке ком'юніті та підтримка: Завдяки великій спільноті розробників та широкій підтримці інструментів для С#, завжди можна знайти готові рішення або підказки для швидкого вирішення проблем, що виникають під час розробки.
- Асинхронне програмування: Для розробки додатків, які працюють з великими обсягами даних або вимогливими задачами в реальному часі (як, наприклад, моніторинг стану бджолиних сімей), підтримка асинхронних операцій є великим плюсом. С# дає змогу ефективно обробляти запити без блокування головного потоку виконання.
- Можливості для обробки даних: С# має потужні інструменти для роботи з даними – LINQ, Entity Framework, що дозволяє легко виконувати запити до баз даних і обробляти складні структури даних, такі як параметри бджолиних сімей, що важливо для аналітики та обробки результатів моніторингу.

С# є відмінним вибором для цього проекту завдяки своїй зручності, гнучкості та можливості інтеграції з екосистемою .NET. Мова дозволяє швидко та ефективно розробляти програмне забезпечення, яке є масштабованим, стабільним і підтримує

кросплатформеність. Тому вибір C# для розробки системи моніторингу бджолиних сімей є обґрунтованим і практичним.

1.4 Blazor

Blazor – це фреймворк для створення інтерактивних веб-додатків, який дозволяє розробникам писати клієнтський код на C# замість JavaScript. Це технологія, розроблена компанією Microsoft в рамках екосистеми .NET, що дає можливість створювати веб-застосунки, які виконуються в браузері за допомогою WebAssembly або на сервері з використанням SignalR для взаємодії з клієнтом.

- Основні характеристики Blazor:
- Клієнтська частина на C#: Blazor дозволяє використовувати C# для написання коду, який зазвичай виконується на клієнтській стороні (в браузері). Це дозволяє уніфікувати технології на стороні сервера та клієнта, що знижує складність проекту та покращує підтримку.
- WebAssembly: Важливою перевагою є підтримка WebAssembly (Wasm), що дозволяє виконувати C# код безпосередньо в браузері з високою швидкістю, на відміну від традиційного JavaScript. Це дає можливість створювати швидкі та інтерактивні веб-додатки без необхідності використовувати інші мови.
- Реактивні веб-додатки: Blazor дозволяє створювати сучасні односторінкові веб-додатки (SPA), де зміни в інтерфейсі автоматично оновлюються без перезавантаження сторінки.
- Інтеграція з .NET: Blazor глибоко інтегрований з .NET екосистемою, що дозволяє використовувати вже знайомі бібліотеки, сервіси та інструменти .NET для роботи з даними, а також для розробки серверної частини застосунку.
- Компонентна архітектура: Blazor підтримує компонентну архітектуру, де інтерфейс представлений як набір повторно використовуваних компонентів. Це дозволяє зменшити складність великих проектів та забезпечити зручну масштабованість[5].

Переваги Blazor для цього проекту (ДСС для бджільництва):

1. Уніфікація стеку технологій: Використання Blazor дозволяє розробляти і серверну, і клієнтську частину веб-додатка на С#, що знижує складність підтримки проекту, оскільки розробник може працювати з однією мовою програмування по всьому проекту.
2. Виконання в браузері з WebAssembly: Завдяки WebAssembly, код, написаний на С#, виконується безпосередньо в браузері, що дає змогу створювати більш ефективні та швидкі веб-застосунки порівняно з традиційними JavaScript SPA. Це важливо для додатків, де потрібно швидко обробляти великі обсяги даних про стан бджолиних сімей.
3. Інтерактивний користувацький інтерфейс: Blazor дозволяє створювати динамічні та реактивні інтерфейси, які автоматично оновлюються при зміні даних. Це особливо корисно для додатків моніторингу, де стан бджолиних сімей або результатів аналізів може змінюватися в реальному часі.
4. Вбудована підтримка компонентів: Blazor дозволяє створювати компоненти, які можуть бути використані повторно, що дозволяє швидко масштабувати проект і додає можливість зручно змінювати інтерфейс користувача (наприклад, для відображення результатів аналізів, списків справ чи відомостей про бджолині сім'ї).
5. Відмінна інтеграція з іншими технологіями .NET: Blazor легко інтегрується з іншими компонентами .NET, такими як ASP.NET для серверної частини, SignalR для асинхронних комунікацій в реальному часі, а також із бібліотеками для роботи з базами даних через Entity Framework. Це дозволяє створювати повноцінні рішення для моніторингу і управління бджолиними сім'ями.
6. Простота в навчанні та підтримці: Для розробників, які вже мають досвід роботи з С# та .NET, Blazor є чудовим вибором, оскільки він не вимагає вивчення нових мов чи технологій (наприклад, JavaScript або специфічних фреймворків), що значно пришвидшує процес розробки.

7. **Продуктивність та безпека:** Blazor підтримує всі стандартні можливості .NET для забезпечення безпеки додатка, а також дозволяє легко налаштовувати автентифікацію та авторизацію, що важливо для роботи з чутливими даними, такими як інформація про стан бджолиних сімей чи результати досліджень.

Blazor – це потужний інструмент для створення веб-додатків, який дозволяє використовувати C# як для клієнтської, так і для серверної частини. Завдяки своїм можливостям, таким як інтеграція з .NET екосистемою, підтримка WebAssembly та реактивні компоненти, Blazor є чудовим вибором для розробки додатка моніторингу стану бджолиних сімей. Ця технологія дає змогу створювати сучасні, ефективні та масштабовані веб-застосунки з мінімальною кількістю технологічних стеків, що спрощує підтримку та розширення проекту в майбутньому.

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД НЕОБХІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЇХ СПІВВІДНОШЕННЯ ДО ОBOB'ЯЗКІВ, ЯКІ НЕОБХІДНІ ПРИ ДОГЛЯДІ ЗА ПАСІКОЮ

2.1 Розподіл роботи на пасіці в залежності від поточного сезону

Розподіл роботи на пасіці залежно від поточного сезону є важливим аспектом для ефективного управління бджолиними сім'ями. Бджільництво — це галузь, яка потребує особливого підходу до організації праці, оскільки активність бджіл і потреби пасіки змінюються протягом року в залежності від сезонних умов. Від правильно організованої роботи залежить не тільки продуктивність пасіки, але й здоров'я бджолиних сімей, їх здатність до запилення та виробництва меду. У цьому розділі буде розглянуто, як змінюється робота на пасіці в залежності від пори року, які завдання і процеси потребують особливої уваги в різні сезони.

2.1.1 Ранній весняний огляд

Весняна ревізія на пасіці є одним із ключових етапів у роботі бджоляра, оскільки саме в цей період закладаються основи для продуктивного сезону. Після

зимового періоду необхідно провести комплексний огляд кожної бджолосім'ї, визначити її стан та вжити заходів для подальшого розвитку й зміцнення.

Під час відкриття вуликів бджоляр оцінює загальний стан бджіл, їх активність і чисельність. Особливу увагу слід приділити аналізу підмору – кількості мертвих бджіл на дні вулика. Невелика кількість підмору є нормальною, але його надмірна кількість може свідчити про проблеми під час зимівлі, такі як слабкість сім'ї, несприятливі умови або захворювання. Окрім кількості, бджоляр оцінює вологість підмору – надмірно вологий підмор може свідчити про проблеми з вентиляцією або проникнення вологи у вулик взимку. Підмор ретельно прибирається, а вулик очищається для забезпечення чистоти й подальшого здорового розвитку бджіл.

Наступним кроком є огляд рамок та їх чистоти. Бджоляр перевіряє рамки на наявність цвілі, зіпсованого корму та бджолиних екскрементів. Велика кількість екскрементів на стільниках часто свідчить про хворобу – нозематоз (див. рис. 2.1), яка виникає через проблеми зі шлунково-кишковим трактом бджіл під час зимівлі. Такі рамки слід вилучити та провести їхню заміну або дезінфекцію. Водночас оцінюється загальний стан стільників – пошкоджені, старі або непридатні рамки видаляються, а на їхнє місце встановлюються нові з вощиною.



Рис. 2.1 Рамка уражена нозематозом

Особливу увагу бджоляр приділяє фізичному стану вуликів. Слід перевірити цілісність конструкції, наявність тріщин, пошкоджень або ознак проникнення

вологи. Пошкоджені ділянки необхідно відремонтувати, щоб забезпечити бджолам комфортні умови для подальшого розвитку. Важливо також провести огляд вентиляції – недостатній доступ свіжого повітря призводить до накопичення вологи, що негативно впливає на стан бджолосім'ї та може спричинити хвороби.

Важливим етапом весняної ревізії є оцінка кормових запасів. Бджоляр визначає кількість і якість корму, що залишився після зимівлі. Якщо мед зацукрувався або забродив, його слід вилучити та замінити свіжими кормами. У разі нестачі запасів бджолосім'ї підгодовуються медом або цукровим сиропом, щоб підтримати їх розвиток.

Одним із ключових моментів є оцінка стану матки. Бджоляр перевіряє наявність розплоду та його якість. Рівномірне засівання стільників свідчить про нормальну роботу матки, тоді як відсутність розплоду або його хаотичне розміщення може вказувати на проблеми. У разі потреби матка замінюється, щоб забезпечити успішний розвиток бджолосім'ї.

На завершальному етапі весняної ревізії бджоляр проводить розутеплення вуликів, адже зимові утеплювальні матеріали вже не потрібні. Розутеплення допомагає уникнути перегрівання гнізда та створює більш природні умови для розвитку бджолосім'ї навесні. Також відбувається поступове розширення гнізд шляхом додавання рамок з вощиною, стимулюючи бджіл до будівництва нового стільника.

Таким чином, весняна ревізія включає в себе аналіз підмору, оцінку чистоти рамок, стану вуликів та кормових запасів, а також контроль роботи матки та розширення гнізд. Своєчасно проведена ревізія дає змогу виявити проблеми, які могли виникнути під час зимівлі, та вжити необхідних заходів для забезпечення здорового розвитку бджолосімей і успішного медозбору.

2.1.2 Пізній весняний огляд

Пізня весняна ревізія на пасіці є завершальним етапом весняного огляду й важливим етапом підготовки до першого медозбору. Цей період, що зазвичай припадає на кінець квітня – початок травня залежно від кліматичних умов

регіону(див. рис. 2.2), вимагає від бджоляра особливої уваги до стану бджолосімей та вжиття рішучих і своєчасних дій для підготовки до активного сезону.



Рис. 2.2 Яскраво виражена середина весняного сезону

На цьому етапі бджоляр оцінює силу сімей. Сильні сім'ї, як правило, займають більшу частину рамок гнізда й демонструють високий рівень активності. Слабкі сім'ї, у яких недостатня кількість бджіл або розплоду, слід підтримати – наприклад, об'єднати їх зі слабшими бджолами або підставити їм додаткові рамки з розплодом від сильніших сімей. Оцінка чисельності та активності дозволяє спрогнозувати можливості кожної сім'ї для збору нектару під час першого медозбору.

Розширення гнізд є однією з найважливіших задач на цьому етапі. У міру збільшення кількості бджіл і розплоду, необхідно своєчасно підставляти нові рамки з вощиною. Недостатнє розширення гнізда призводить до перенаселення вулика, перегріву гнізда та стимуляції ройового настрою бджіл, що негативно вплине на медозбір. Розширення повинно відбуватися поступово, орієнтуючись на силу сім'ї. Вощина допомагає стимулювати бджіл до будівництва нових стільників, де матка зможе відкладати яйця, а бджоли – зберігати нектар і пергу.

Контроль за кількістю розплоду на пізній весняній ревізії є ключовим показником здоров'я та продуктивності сім'ї. Наявність великої кількості розплоду, як відкритого, так і запечатаного, свідчить про нормальну роботу матки. Якщо виявлено недостатній засів або відсутність розплоду, це сигналізує про проблеми з маткою чи хвороби бджолосім'ї. Вчасна заміна слабкої або загиблої матки дозволить уникнути ослаблення сім'ї та підготувати її до медозбору.

Проблеми, що можуть виникнути під час пізньої весняної ревізії включають:

- ройовий настрій бджіл через перенаселення та нестачу місця для розвитку;
- недостатні кормові запаси, які можуть обмежувати розвиток сім'ї та виведення розплоду;
- хвороби (зокрема, нозематоз, аскосфероз або гнилець), які виявляються за зовнішніми ознаками або під час огляду розплоду та рамок;
- пошкоджені або старі стільники, які не забезпечують оптимальних умов для відкладання яєць маткою.

Для вирішення цих проблем бджоляр повинен своєчасно:

- підставляти рамки з вощиною для розширення гнізд та зменшення ройового настрою;
- контролювати наявність кормів та, у разі потреби, проводити підгодівлю;
- перевіряти здоров'я розплоду та бджіл, видаляючи старі й непридатні рамки або застосовуючи лікувальні заходи;
- замінювати маток у слабких або проблемних сім'ях.

Особливу увагу слід приділяти своєчасності впровадження цих дій. Запізнення з розширенням гнізд або підставленням вощини може призвести до ройового настрою, що значно знизить продуктивність пасіки. Несвоєчасний контроль розплоду чи здоров'я бджіл може спричинити ослаблення або навіть загибель сімей, унеможливлуючи якісний медозбір.

Таким чином, пізня весняна ревізія є вирішальним етапом підготовки до першого медозбору. Вона дозволяє бджоляру оцінити стан бджолосімей, провести необхідні дії для їх розвитку та усунути можливі проблеми. Вчасно підготовлена та сильна бджолосім'я є основою успішного сезону та високих показників продуктивності пасіки.

Етапи ранніх прокачок меду

Весняний медозбір і перші дві прокачки меду на Київщині – важливі етапи у сезоні бджолярів, які дають перший урожай та задають тон усьому медовому сезону. Сезонні особливості лісової місцевості й близькість яблуневих садів забезпечують гарні умови для медозбору, але водночас вимагають обережного та стратегічного підходу до відбору меду[12].

Весняний медозбір (7-10 травня, станом на 2024 рік)

Весняний медозбір є результатом роботи бджіл на ранніх медоносах, які активно цвітуть на початку травня. Основними рослинами, які формують перший весняний мед, є:

- сади: яблуня, груша, вишня, слива. яблуневі сади у цей час цвітуть особливо інтенсивно, забезпечуючи великий обсяг нектару;
- лісові медоноси: клен гостролистий, верба, черемха, а також ранньоквітучі трави, такі як медунка, мати-й-мачуха та кульбаба;
- лугові квіти: ріпак, жовтець та інші трав'янисті рослини.

Перший весняний мед світлий, ніжний на смак і має легкий квітковий аромат. Однак на цьому етапі важливо враховувати, що до складу весняного меду потрапляють залишки зимових запасів, які бджоли споживали в холодний період. Повністю уникнути цього неможливо, але ранній мед все одно залишається цінним для бджолярів та споживачів завдяки наявності нектару від свіжих медоносів.

Особливості відбору рамок під час весняної прокачки

Бджоляр має особливо ретельно підходити до відбору медових рамок:

- за можливості, відбір запечатаних рамок без розплоду. важливо уникати рамок із личинками або відкритим розплодом, щоб не порушити розвиток бджолосім'ї;
- залишення достатньої кількості меду. під час весняного відкачування важливо залишити у вуликах великі запаси меду на випадок несприятливих погодних умов або нестачі медоносів у подальшому. бджоли активно розвиваються та потребують достатнього корму для виходу молодих бджіл.

Акація (останні дні травня – перші дні червня, станом на 2024 рік)

Медозбір із білої акації є одним із найцінніших та найбільш очікуваних етапів на пасіці. Цей період триває лише 10-14 днів, але завдяки великому медоносному потенціалу акація дає бджолам можливість активно накопичувати нектар.

Головні медоноси у цей період:

- Біла акація (робінія псевдоакація) – основна рослина, що забезпечує прозорий, майже безбарвний мед із легким квітковим ароматом. Акацієвий мед має унікальну здатність довго не кристалізуватися завдяки високому вмісту фруктози;



Рис. 2.3 Робота медоносної бджоли на білій акації

- Лісові медоноси: кущі жостеру, суниці, глоду та чагарники, що ростуть на узліссі;
- Лугові та польові рослини: конюшина, жовта гречка, дикі трави.

Акацієвий мед є дуже продуктивним через рясне цвітіння акації й стабільний нектаровиділ у цей період. Проте успіх медозбору значно залежить від погодніх умов. Холодна або дощова погода може знизити активність бджіл і скоротити кількість зібраного нектару.

Важливість правильного підходу до відбору меду

Під час весняної та акацієвої прокачок особливо важливо дотримуватися балансу між збиранням меду та підтримкою розвитку бджолосімей:

- залишення запасів корму у вуликах є ключовим етапом для забезпечення бджіл необхідною енергією у випадку слабких медоносів надалі. недостатня кількість меду в гнізді може призвести до ослаблення сім'ї та зниження її продуктивності;
- поступовий відбір меду дозволяє контролювати стан бджолосімей і не допустити надмірного навантаження на бджіл;
- правильне використання стільників. важливо вилучати тільки ті рамки, які запечатані не менше ніж на 2/3 меду, щоб гарантувати його зрілість і високу якість(див. рис. 2.4).



Рис. 2.4 Приклад бджолосім'ї готової до прокачки меду

Таким чином, перші дві прокачки меду – весняна та акацієва – закладають основу продуктивного медозбору на пасіці. Весняний мед є перехідним етапом між зимовим періодом і активним сезоном, а акацієвий медозбір – це можливість отримати якісний, висококласний продукт. Вчасний та правильний підхід до відбору меду дозволяє не лише отримати гарний урожай, а й підтримати здоров'я та силу бджолосімей на майбутні медозбори[11].

Липа (кінець червня, станом на 2024 рік)

Кінець червня на Київщині – це час липового медозбору, одного з найбільш очікуваних періодів сезону. Липа є важливим, але примхливим медоносом, оскільки її нектаропроодуктивність сильно залежить від погодних умов. Оптимальними для медозбору є теплі дні з помірною вологістю; у холодну чи посушливу погоду липа практично не виділяє нектару. Саме тому липовий медозбір не завжди буває стабільним, і бджоларі часто стикаються з роками, коли липа майже не медоносить.

Основні медоноси цього періоду:

- Липа – основний медоносний ресурс, що забезпечує ароматний, світлий мед з вираженими лікувальними властивостями;

- Лісові рослини – малина, ожина та іван-чай, які квітнуть на узліссях;
- Польові медоноси – буркун, дзвіночки та конюшина, які доповнюють основний медозбір.

Контроль за розвитком бджолосімей

У цей період важливо контролювати розвиток бджолосімей, оскільки швидке накопичення бджіл у вулику може спричинити ройовий стан. Хоча липовий медозбір вимагає сильної робочої сім'ї, надмірна чисельність без належного контролю призводить до небажаних втрат продуктивності.

Щоб уникнути роїння та забезпечити якісний медозбір, необхідно:

- вчасно розширювати гніздо додаванням рамок із вощиною, це забезпечує роботу для бджіл і допомагає уникнути їх скупчення;
- перевіряти стан сімей: рівень розплоду та кількість зайнятих рамок дозволяють оцінити готовність до медозбору;
- підставляти нові рамки для відкладання меду, щоб максимально використати продуктивні періоди нектарозбору.

Особливості відбору липового меду. При відборі липового меду важливо дотримуватися кількох основних правил:

- відкачувати тільки зрілий мед, коли стільники запечатані. це гарантує його високу якість і стійкість до зберігання;
- залишати достатні запаси меду у вуликах, оскільки липа не завжди є надійним медоносом. у разі непередбачуваних погодних умов подальші медозбори можуть бути менш продуктивними.

Таким чином, липовий медозбір є перспективним, але нестабільним періодом для бджолярів. Залежність липи від погодних умов вимагає гнучкого підходу до управління пасікою та постійного контролю за розвитком бджолосімей. Під час прокачки меду можуть відбуватися напади бджіл, оскільки взяток припиняється, і бджоли, відчуваючи нестачу нектару, активно шукають інші джерела їжі. Це може призводити до підвищеної агресивності та спроб бджіл проникнути до медових

рамок(див. рис. 2.5), що створює додаткові труднощі під час робіт на пасіці, особливо це виражено на липневій прокачці меду.



Рис. 2.5 Підвищена агресивність бджіл під час прокачок меду

Вчасне виконання необхідних дій – розширення гнізд, додавання вощини та ретельний відбір меду – дозволяє ефективно використати цей короткотривалий, але цінний період сезону.

2.1.3 Перевезення

Перевезення пасіки на нові медоносні угіддя є важливою частиною роботи бджоляра, що дозволяє максимально використати потенціал бджіл і забезпечити стабільний медозбір. На 2024 рік одним з основних напрямків перевезення бджолиних сімей було перевезення на сонях та гречку. Ці культури є відмінними медоносами, що забезпечують бджіл нектаром, однак їх медоносні якості значною мірою залежать від погодних умов.

Для успішного перевезення важливо обрати відповідне місце, яке буде відповідати вимогам безпеки та комфорту для бджіл. Місце для розташування

вуликів повинно бути віддаленим від галасливих і забруднених територій, а також з хорошим доступом до різноманітних медоносних рослин, зокрема соняха і гречки. Важливо, щоб вулики були розташовані на достатній відстані від оброблених хімікатами полів та інших шкідливих джерел.

Перевезення вуликів потребує ретельного підходу до транспорту та логістики. Необхідно обрати транспорт, що гарантує стабільність вуликів під час руху, забезпечує безпеку та мінімізує стрес для бджіл. Транспорт має бути достатньо простором для зручного розміщення вуликів і стійким до погодних умов. Логістичний маршрут повинен бути оптимізованим, щоб уникнути непотрібних затримок, які можуть негативно вплинути на бджіл.

Менеджмент вуликів під час перевезення включає правильне обрання часових рамок для відкриття та закриття льотків. Наприклад, льотки зазвичай закриваються перед поїздкою, а відкриваються тільки після того, як вулики досягли нового місця дислокації, щоб уникнути випадкового виліту бджіл під час транспортування.

Найм людей для перевезення також є важливим етапом, оскільки робітники мають бути кваліфікованими, знати, як правильно транспортувати вулики та контролювати їх під час перевезення, а також впоратися з можливими форс-мажорними ситуаціями на маршруті.

Щоб процес перевезення був успішним, важливо проводити його в оптимальні часові рамки. Бджолярі зазвичай обирають ранній ранок або вечір для перевезення, оскільки в цей час активність бджіл значно знижена, і вони менш схильні до стресу. У цей період також менш ймовірно, що на пасіці будуть надмірні температурні коливання, які можуть негативно вплинути на бджіл.

2.1.4 Етап підготовки до кочових прокачок меду

Етап підготовки до прокачки меду є важливою частиною процесу збору меду, і для досягнення високої продуктивності бджіл в цей період необхідно враховувати різні фактори, від попередньої роботи на полях до оптимізації самих робочих процесів на пасіці.

Перш за все, важливо врахувати, що бджоли не тільки працюють на соняху та гречці, але й активно відвідують лугові рослини. Луки на території Київщини часто є додатковим джерелом нектару, що забезпечує бджіл необхідними ресурсами для медозбору. Проте ці рослини мають свої специфічні цикли медоносності, і в період підготовки до прокачки меду бджоляр має бути обізнаний у тому, як співпрацювати з природними умовами та використовувати їх для ефективного збору меду.

Загалом, до підготовки входить й важливий етап комунікації з агрономами. Оскільки багато медоносних культур можуть бути оброблені хімічними речовинами, важливо проводити діалоги з агрономами для того, щоб уникнути потраф на полях. Зазначено, що правильне планування співпраці з агрономами дозволяє отримати інформацію про обробку полів пестицидами, що дозволить уникнути забруднення меду або пошкодження бджолиних сімей.

Перегляд пасіки на даному етапі є обов'язковим, адже це дозволяє не лише контролювати загальний стан бджіл, але й вчасно виявляти проблемні сім'ї, які можуть потребувати додаткової уваги. Важливим моментом є зниження витрат на дорогу, тому оптимізація планування відвідування пасіки для переглядів допоможе скоротити витрати на транспортування та знизити стрес для бджіл. Завдяки правильному моніторингу сімей можна уникнути проблем із слабкими або хворими сім'ями в період медозбору.

Оскільки чим ближче до пікової роботи бджіл, тим менше потрібно турбувати їх, важливо розуміти, що надмірне втручання може негативно позначитись на ефективності роботи бджолиних сімей. Тому більшість переглядів варто здійснювати, коли бджоли найменше активні – зранку, або ввечері (див. рис. 2.6). Це дозволяє мінімізувати порушення їхнього звичного ритму роботи і не збивати їх зі шляху.



Рис. 2.6 Вечірній огляд пасіки

В процесі планування прокачки меду було прийнято рішення не проводити другу прокачку, оскільки спостерігався недолік медоносів для її здійснення. Замість цього було вирішено дещо змістити терміни першої прокачки, аби максимально використати доступні медоносні рослини та забезпечити кращий результат. Це дозволило уникнути втрат у вигляді меду та зробити процес збору більш ефективним, враховуючи наявність медоносів у відповідний час.

Загалом, у цей період важливо зберігати чіткий баланс між необхідним моніторингом та малою кількістю втручань. Тому перегляди повинні бути обмежені до планових дій і лише за необхідності проводити більш детальні огляди для виявлення проблем з медоносними сім'ями.

2.1.5 Привезення (кінець серпня)

Етап простою після прокачки меду полягає у тимчасовому відпочинку бджолосімей перед наступним етапом, коли бджоли мають можливість відновити свої сили, зменшити кількість розплоду та підготуватись до подальшої роботи. Під час цього періоду проводиться моніторинг стану бджіл та підготовка до наступного перевезення.

Перевезення назад після збору меду мало чим відрізняється від початкової вивізки, але з деякими нюансами. Вулики, заповнені медом, стають набагато важчими, що ускладнює їх транспортування. Крім того, хоча жорсткість термінів не

така велика, важливо правильно організувати доставку з урахуванням збереження безпеки бджіл та ефективності самого процесу.

2.1.6 Осінній етап

Осінні перегляди пасіки є важливим етапом підготовки бджолиних сімей до зимівлі. Першим етапом є моніторинг стану бджолосімей, який включає перевірку загального стану бджіл, рівня медових запасів, а також можливих захворювань. Однією з ключових проблем, яку необхідно контролювати, є варроатоз – хвороба, спричинена кліщем *Varroa destructor* (див. рис. 2.7). Осінній перегляд дозволяє визначити рівень інфекції і вжити необхідних заходів для зниження популяції кліщів, щоб забезпечити здорову зимівлю бджіл.



Рис 2.7 – Бджола що уражена кліщем варроа.

Засоби для боротьби з кліщем варроа варіюються залежно від ситуації. Якщо в сім'ї немає розплоду, обробку можна проводити більш агресивними методами, застосовуючи хімічні засоби, що активно діють на кліщів. Такі препарати зазвичай вимагають кілька обробок – до 4 разів, з інтервалами між ними для знищення кліщів на різних етапах розвитку. У разі наявності розплоду у сім'ї необхідно застосовувати спеціалізовані засоби, такі як пластини для обробки, що менш агресивно впливають на бджіл, але ефективно знищують кліщів. Це дозволяє захистити сім'ю, не шкодячи розвитку молодих бджіл.

Якщо популяція кліща знижена до прийнятного рівня, можна перейти до наступного етапу – скорочення бджолосімей. Цей процес зазвичай включає зменшення кількості рамок у вуликах, що дозволяє бджолам зосередитися на більш компактних об'єктах та зберегти свої ресурси. Скорочення сприяє більш ефективному використанню медових запасів і запобігає надмірному розсіюванню сил сім'ї на велику територію вулика.

До пізньої осені важливо правильно утеплити вулики, щоб зберегти температуру всередині, що є критично важливим для успішної зимівлі бджіл. Для утеплення використовують матерчаті мішки, що забезпечують хорошу термоізоляцію. Заставні з пінопласту або поліестиролу також є ефективними засобами для утеплення вуликів. Вони допомагають зберегти тепло в середині вулика, але при цьому не створюють умов для накопичення вологи, що може призвести до захворювань бджіл.

Окремим пунктом варто виділити підготовку до наступного сезону, яка включає роботу, не пов'язану безпосередньо з бджолами. Це може бути виготовлення нових рамок, очищення старих, розтоплення воску та формування товарного вигляду за допомогою воскопресу. Воскові рамки необхідно ретельно очищати та зберігати в оптимальних умовах, щоб уникнути зараження їх грибками чи іншими шкідниками. Крім того, важливо організувати правильне зберігання рамок і вуликів на складі. Для цього необхідно забезпечити сухі, прохолодні місця, де відсутня волога та пряме сонячне світло, що може негативно вплинути на деревину та інші матеріали.

Також, у процесі підготовки до наступного сезону, не обхідно зайнятися виготовленням нових вуликів або придбанням їх для поповнення пасіки. Важливо, щоб вулики були виготовлені з якісних матеріалів і відповідали сучасним вимогам, оскільки від цього залежить не лише комфорт бджіл, але й їх продуктивність.

2.1.7 Зимовий етап

Зимові перегляди на пасіці – це важливий етап догляду за бджолами, під час якого пасічник контролює стан бджолосімей та забезпечує їх успішну зимівлю. У

цей період бджоли перебувають у зимовому клубі, а активність пасічника зводиться до мінімуму, щоб не турбувати комах без зайвої потреби. Основним завданням є регулярний моніторинг загального стану пасіки, що включає прослуховування вуликів для оцінки звуку бджіл. Рівномірне, спокійне дзижчання свідчить про нормальний стан сім'ї, тоді як надто гучний або переривчастий звук може сигналізувати про проблеми, такі як голод або хвороби.

Пасічник також слідкує за рівнем температури та вологості у зимівнику або на вулиці, залежно від способу зимівлі. Надлишкова вологість може призвести до запліснявіння рамок та ослаблення бджіл, тому важливо забезпечити правильну вентиляцію вуликів. У разі значного зниження температури необхідно перевіряти якість утеплення та, за потреби, підкоригувати його.

Періодично пасічник оглядає льотки, щоб переконатися, що вони не заблоковані підмором (загиблими бджолами) або снігом, що забезпечує доступ свіжого повітря до вулика. Якщо підмор накопичується у великій кількості, його обережно видаляють, використовуючи спеціальні інструменти, щоб не потривожити клуб.

Також у зимовий період проводиться контроль за запасами корму. Якщо виявляється нестача меду чи канді, пасічник за сприятливих умов може підгодовувати бджіл. Для цього використовують медово-цукрові підгодівлі або спеціальні кормові суміші, які легко засвоюються бджолами при низькій активності.

Окрім роботи з вуликами, зимовий період є часом, коли пасічник готується до наступного сезону. Це включає ремонт і виготовлення нових рамок, дезінфекцію вуликів, підготовку вощини, а також планування майбутніх робіт на пасіці. Особливу увагу приділяють обліку пасічницького інвентарю, обробці воску, підготовці кормів та оновленню інструментів. Зимові перегляди вимагають уважності й обережності, адже будь-яке втручання у зимівлю має бути мінімальним і виправданим, щоб не завдати шкоди бджолам.

2.1.8 Підведення підсумків

Догляд за пасікою протягом року складається з багатьох етапів, кожен із яких є невіддільною частиною успішного функціонування бджолиних сімей і забезпечення продуктивності пасіки. Від весняної ревізії до зимових переглядів, кожен період вимагає від пасічника уважності, системного підходу, а також своєчасного виконання необхідних дій.

Весняні ревізії є відправною точкою активного пасічницького сезону. Вони дають можливість оцінити стан бджолосімей після зимівлі, усунути проблеми, які могли виникнути, та створити умови для подальшого розвитку. Саме в цей період закладається основа для продуктивного сезону: бджоляр контролює кількість підмору, чистоту рамок, забезпечує достатню кількість кормів та створює сприятливі умови для нарощування сили сімей.

Подальші весняні роботи та підготовка до медозборів включають важливі дії, такі як вчасне розширення сімей, підстановлення вощини та контроль за кількістю розплоду. Від цього залежить сила бджолосімей та їх здатність ефективно використовувати медоносні ресурси. Перші медозбори, починаючи з весняного меду та акації, є критичним етапом, оскільки вони визначають рівень активності бджіл та підготовку до інтенсивного сезону. Під час цих робіт важливо правильно відбирати рамки та залишати достатню кількість кормів для сімей на випадок несприятливих погодних умов.

Літні роботи, пов'язані з липовим медозбором, а також перевезенням пасік на нові медоноси, потребують чіткого планування та управління ресурсами. Процес перевезення вимагає вибору відповідного місця, транспорту, логістичних маршрутів, а також правильного менеджменту вуликів і часових рамок. На цьому етапі особливо важливими є діалоги з агрономами, щоб уникнути хімічної обробки полів, яка може призвести до потрапи бджіл.

Підготовка до прокачки меду та сама прокачка меду є завершенням літньої активності. Саме в цей період спостерігається зменшення кількості розплоду, а бджоли активно заливають рамки медом, що створює складності в організації часу

для робіт. Відмова від додаткової прокачки меду через нестачу медоносів свідчить про важливість гнучкого підходу до планування робіт.

Завершальним етапом є осінні перегляди, які зосереджені на підготовці бджіл до зимівлі. Це включає моніторинг стану сімей, контроль за рівнем кліща та його обробку, а також скорочення гнізд і утеплення вуликів. Робота на пасіці в осінній період охоплює не лише дії, спрямовані на бджіл, а й підготовку інвентарю, виготовлення рамок, переробку воску та організацію зберігання на складі.

Зимовий період, попри зменшення активної роботи з бджолами, також вимагає відповідальності та планування. У цей час важливо контролювати зимівлю сімей, проводити прослуховування вуликів, забезпечувати належну вентиляцію та стежити за запасами корму. Одночасно пасічник займається підготовкою до нового сезону: ремонтом інвентарю, виробництвом рамок та іншими господарськими справами.

Загалом, успішне ведення пасіки вимагає чіткого обліку всіх робіт та їх планування на кожному етапі. Без системного підходу пасічнику важко забезпечити оптимальний розвиток бджолосімей і максимізувати медозбори. Важливо враховувати погодні умови, біологічні особливості бджіл і наявність медоносів у регіоні. Правильний розподіл часу, ресурсів та постійний моніторинг стану пасіки є ключем до ефективного бджільництва. Бджоляр, який приділяє увагу кожному етапу, аналізує результати своєї роботи та вчасно впроваджує необхідні дії, досягає стабільного розвитку пасіки та високих показників продуктивності.

2.2 Пропозиція та розгляд можливих рішень

Враховуючи численні етапи догляду за пасікою та необхідність постійного моніторингу стану бджолосімей, важливим кроком для підвищення ефективності є впровадження сучасних технологій. Комплексним рішенням у цьому контексті стане розробка додатку з системою підтримки прийняття рішень (СППР).

Таке програмне забезпечення дозволить автоматизувати процеси збору, обробки та аналізу даних, забезпечуючи бджоляра необхідною інформацією для

своєчасного виконання ключових дій на кожному етапі. Зокрема, додаток допоможе відстежувати:

- стан бджолосімей на основі основних показників (кількість корму, наявність розплоду, рівень кліща тощо);
- календар робіт, що дозволяє планувати дії відповідно до сезону та потреб пасіки;
- моніторинг продуктивності, включаючи медозбори, аналіз медоносів та планування перевезень пасіки;
- стан інвентарю та запасів, що забезпечить контроль за ресурсами (рамками, воском, препаратами тощо).

Система підтримки прийняття рішень буде не лише надавати рекомендації щодо дій, а й допоможе виявляти проблемні зони на пасіці, визначати критичні періоди та оптимізувати витрати ресурсів.

Таким чином, розробка такого додатку з використанням C# та Blazor є перспективним рішенням, що поєднує зручний інтерфейс, гнучкість і функціональність. Він дозволить бджолярам не лише підвищити ефективність своєї роботи, але й забезпечить комплексний підхід до управління пасікою на основі даних та аналітики.

2.3 Огляд існуючих СППР з близьким за функціоналом до необхідного

Існує кілька систем підтримки прийняття рішень (СППР), які мають схожий функціонал і концепцію, необхідну для органайзера пасічника. Ці рішення вже використовуються в різних сферах сільського господарства, моніторингу та управління процесами[26].

AgriMetrix – це СППР для фермерів, яка допомагає в аналізі даних, моніторингу стану полів і плануванні агротехнічних робіт. Система інтегрує дані зі смарт-датчиків і метеостанцій для точного прогнозування необхідних дій. Подібний підхід можна застосувати для пасіки, адаптувавши функціонал під потреби бджолярів.

BeeInformed Partnership – це система для моніторингу стану пасіки у США. Вона забезпечує аналіз даних про бджолині колонії, дозволяє виявляти загрози (наприклад, кліщі чи хвороби) та надає рекомендації для лікування чи профілактики. Вона працює як консультативна СППР, орієнтована на оптимізацію роботи пасічників.

Climate FieldView – Це сучасний додаток для агробізнесу, що надає комплексний підхід до моніторингу, аналізу та прийняття рішень на основі погодних даних та продуктивності культур. Аналогічно можна інтегрувати дані про погодні умови для прогнозування медозборів і планування робіт на пасіці.

FarmLogs – моніторити виконання робіт, а також аналізувати продуктивність господарства. Подібний функціонал з обліку ресурсів, витрат і врожайності можна реалізувати для управління пасікою.

Hive Tracks – це існуюче програмне рішення, розроблене спеціально для бджолярів. Додаток дозволяє вести облік вуликів, контролювати стан бджолиних сімей та планувати роботи на основі календаря. Hive Tracks показує важливість автоматизації в бджільництві та може слугувати хорошим прикладом для подальшої розробки.

Всі наведені системи мають певні спільні риси:

- збір даних із сенсорів чи ручного вводу;
- аналітика на основі зібраної інформації (хвороби, ресурси, прогнозування продуктивності);
- планування дій на основі отриманих результатів і рекомендацій;
- інтерфейс для управління даними та взаємодії з користувачем.

Розробка органайзера для пасічників з СППР на основі C# та Blazor може інтегрувати ці функції, додаючи при цьому адаптацію під потреби бджолярів, такі як контроль за станом вуликів, моніторинг кліща, прогнозування медозборів і оптимізація робіт на пасіці.

2.4 Hive Tracks – як найбільш наближена до плануємої моделі система

HiveTracks – це програмний додаток, створений спеціально для бджолярів з метою моніторингу стану пасік, управління бджолиними сім'ями та планування робіт. Він поєднує функціонал облікової системи, системи підтримки прийняття рішень (СППР) і органайзера, що дозволяє пасічникам ефективно керувати своєю роботою.

Переваги HiveTracks:

- Централізоване збереження даних. HiveTracks дозволяє вести облік усіх важливих показників пасіки: кількість вуликів, стан бджолиних сімей, рівень медозбору, використання лікувальних засобів та інших робіт. Дані зберігаються централізовано, що дозволяє легко отримати до них доступ;
- Інтеграція з мобільними пристроями. Додаток доступний для мобільних пристроїв, що дозволяє бджолярам вводити інформацію безпосередньо на пасіці. Це мінімізує ризик втрати даних і забезпечує їхню актуальність;
- Функціонал планування робіт. HiveTracks має інструменти для планування дій, як-от календар робіт. Пасічник може створювати графіки догляду за вуликами, контролювати строки обробки від кліща, а також готуватися до медозбору;
- Аналітика та звітність. Додаток аналізує дані про продуктивність вуликів, медозбір, захворювання бджіл і надає звіти у зручному форматі. Це допомагає вчасно приймати рішення щодо управління пасікою;
- Можливість додавання нотаток і фото. Бджолярі можуть додавати текстові замітки, фото і коментарі до кожного вулика, що полегшує моніторинг і дає змогу фіксувати проблеми або зміни в сім'ї.

Недоліки HiveTracks

- Складність інтерфейсу. Незважаючи на функціональність, HiveTracks страждає від перевантаженого інтерфейсу. Візуальна складність та велика кількість опцій можуть ускладнювати швидкий доступ до необхідної інформації. Для пасічників, які працюють у польових умовах, важливими є лаконічність і швидкість взаємодії з додатком. Надлишок елементів інтерфейсу часто відволікає увагу і створює зайві незручності;
- Обмежена можливість редагування даних. Деякі функції внесення чи редагування інформації не оптимізовані для мобільних пристроїв. Для швидкого оновлення записів потрібні зайві кроки, що не завжди зручно під час роботи безпосередньо на пасіці;
- Відсутність гнучкої локалізації. HiveTracks орієнтований переважно на західні ринки, тому відсутня локалізація на багато мов. Це обмежує використання додатка пасічниками з інших регіонів, де специфіка ведення пасіки може відрізнятися;
- Обмежена аналітика для складних пасік. При роботі з великими пасіками (кілька сотень вуликів) система не завжди надає розширену аналітику та індивідуальний підхід до кожного сектора;
- Залежність від інтернет-з'єднання. Деякі функції HiveTracks вимагають активного підключення до інтернету, що може бути проблемою у віддалених регіонах або польових умовах;

Проблема інтерфейсу та її важливість:

Для пасічника, який працює безпосередньо на пасіці, критично важливі швидкий доступ до даних і зручність редагування інформації. Нагромадження елементів інтерфейсу та надмірна кількість кроків для внесення змін суттєво ускладнюють роботу. На практиці пасічник має швидко переглядати стан вуликів, фіксувати проблеми й планувати подальші дії без зайвих витрат часу. HiveTracks не повністю відповідає цим вимогам, оскільки його інтерфейс орієнтований на функціональність, але не на простоту і швидкість[25].

HiveTracks є корисним інструментом для моніторингу пасіки та підтримки прийняття рішень. Однак через складний інтерфейс і недостатню оптимізацію для швидкої роботи він не завжди задовольняє потреби практикуючих бджолярів. Розробка альтернативного органайзера на основі C# та Blazor з акцентом на лаконічність, швидкість роботи та гнучкість інтерфейсу може вирішити ці недоліки та забезпечити більш ефективне управління пасікою[4].

2.4.1 Детальний опис важливих етапів внесення/редагування даних у HiveTracks

I. Внесення даних про новий вулик

Після входу в додаток HiveTracks користувач має перейти до секції "Manage Hives" або "Управління вуликами". Для додавання нового вулика необхідно натиснути кнопку "Add New Hive" або "Додати вулик". У вікні форми потрібно заповнити основну інформацію про вулик, зокрема вказати ідентифікаційний номер або назву вулика, що є обов'язковим полем для унікального розпізнавання. Крім того, слід вибрати тип вулика (Дадан, Рута або Лежак) та вказати локацію, вибираючи її з переліку пасік або через геотегування за координатами. Також необхідно зазначити кількість рамок на момент внесення даних. Додатково користувач може прикріпити фото вулика для візуальної ідентифікації. Після заповнення всіх обов'язкових полів слід натиснути кнопку "Save" або "Зберегти" для збереження запису. Внесені дані з'являються в загальному списку вуликів, де їх можна редагувати в разі необхідності.

II. Редагування інформації про стан вулика

Щоб перейти до відповідного вулика, користувач має зайти в розділ "Manage Hives" і обрати потрібний вулик зі списку. Далі необхідно натиснути на кнопку "Edit" або "Редагувати", яка зазвичай позначена іконкою олівця, щоб увійти в режим редагування. У цьому режимі користувач може оновити основні показники, такі як стан бджолоїної сім'ї (сильна, середня, слабка), кількість рамок з розплодом, що є важливим для моніторингу розвитку сім'ї, та наявність кормів, зокрема кількість

меду і перги. Крім того, можна внести інформацію про обробку від кліща, зокрема дату обробки та використаний засіб.

У разі необхідності можна додати замітки та фото. Наприклад, користувач може залишити короткий текстовий коментар, такий як "Потрібно замінити старі рамки" або "Слабкий розвиток". Також можна прикріпити фото вулика або конкретної рамки для наочності. Після внесення змін необхідно натискати кнопку "Save" для збереження оновленої інформації, після чого додаток синхронізує зміни та оновлює дані у звітах.

III. Внесення даних про лікування бджолосімей

Покрокове виконання починається з переходу до секції "Treatments" або "Обробка". Користувач повинен вибрати цей розділ у головному меню додатку, щоб розпочати процес обробки бджіл. Далі необхідно вибрати вулики, які потребують лікування, позначивши їх у загальному списку. Після цього відкривається форма для заповнення даних про обробку, де користувач може вибрати тип засобу, наприклад, пластини, кислоти чи препарати для боротьби з кліщем, а також вказати дату початку обробки та тривалість лікування. У формі також є поле для додавання замітки, наприклад, про мету обробки, такої як "Обробка від *Varroa destructor*". Якщо потрібно, можна додати фото обробного засобу або його упаковки для подальшої реєстрації. Після заповнення усіх полів користувач натискає кнопку "Save" або "Зберегти", і система автоматично синхронізує зміни в загальну історію вулика.

Однак процес може супроводжуватися кількома проблемами. Одна з них полягає у перевантаженості форм, коли при введенні або редагуванні інформації користувач стикається з надмірною кількістю полів, що не завжди необхідні для базового огляду пасіки. Також, якщо пасічник працює на мобільному пристрої, затримки при введенні даних через неінтуїтивний інтерфейс можуть уповільнити робочий процес. Крім того, відсутність автоматичної синхронізації деяких даних вимагає ручного введення, що створює додаткові кроки. Проблеми можуть виникати і під час редагування на мобільних пристроях через маленький розмір екрану, що ускладнює внесення змін у процесі роботи.

Для оптимізації цього процесу можна спростити інтерфейс, зменшивши кількість полів до найнеобхідніших і додаючи можливість розширеного вводу за потреби. Введення голосових нотаток також може стати корисною функцією для пасічників, які працюють у польових умовах. Щоб пришвидшити редагування, можна додати кнопки-іконки для швидкого доступу до основних параметрів. Для запобігання втраті даних у разі проблем із зв'язком доцільно реалізувати функцію автоматичного збереження. Ці покращення дозволять зробити додаток більш зручним і ефективним під час роботи на пасіці.

2.4.2 Потенційні напрями розширення

Розширення функціоналу додатку: Інтеграція фізичних датчиків та камера для моніторингу бджолиних сімей[30].

Для подальшого удосконалення роботи бджолярів та ефективного управління пасікою можна розглянути інтеграцію нових технологічних рішень, що дозволяють не тільки автоматизувати процеси, але й значно підвищити точність моніторингу стану бджолиних сімей. Зокрема, важливою частиною цього є розширення функціоналу додатку, що включає інтеграцію фізичних датчиків для вимірювання різноманітних параметрів, а також застосування камер для візуального моніторингу стану бджіл.

Завдяки цьому бджолярі зможуть отримувати більш точні та оперативні дані, що дозволить вчасно виявляти зміни в поведінці бджіл, стані вуликів та навколишньому середовищі, що в свою чергу допоможе запобігти проблемам і приймати правильні рішення.

Інтеграція фізичних датчиків:

Один із найбільш перспективних напрямків для розширення функціоналу додатку – це інтеграція фізичних датчиків для вимірювання таких параметрів, як вологість, рівень шуму та забруднення повітря в пасіці. Ці параметри є важливими індикаторами для здоров'я бджолиних сімей та загального стану пасіки.

- Датчики вологості. Вологість є критичним параметром для бджіл, оскільки вони не люблять надмірної вологи в вулику. Вимірюючи

вологість за допомогою датчиків, можна оперативно отримувати дані про поточний стан клімату всередині вулика або на відкритій місцевості. Це дозволяє бджоляреві оперативно коригувати умови, наприклад, за допомогою додаткового утеплення або вентиляції, якщо вологість перевищує норму;

- Датчики шуму. Рівень шуму може бути корисним індикатором рівня активності бджіл. Інтеграція датчиків шуму дозволяє визначати, коли бджоли активно працюють чи під час періодів спокою. Така інформація допоможе з'ясувати, як зміни в погодних умовах чи інших факторах впливають на поведінку бджіл. Додатково, за допомогою аналізу шумових коливань, можна виявляти проблеми з відсутністю або слабким розвитком розплоду;
- Датчики забруднення повітря. Якість повітря є важливим чинником для здоров'я бджіл, оскільки забруднення може впливати на їхню активність, життєвий цикл та навіть викликати різні захворювання. Встановлення датчиків забруднення повітря, які вимірюють рівень пилу, токсичних газів чи інших шкідливих речовин, дозволить бджолярам отримувати важливу інформацію для контролю умов навколо пасіки.

Інтеграція камери для моніторингу робочих періодів бджіл

Ще одним важливим етапом розширення функціоналу є інтеграція камери, що дасть змогу більш точно спостерігати за поведінкою бджіл, особливо в процесах, пов'язаних із збором пилку, медом та інших ресурсів. Камера, встановлена біля льотка, дозволить здійснювати моніторинг активності бджіл, а також сприятиме кращому розумінню динаміки розвитку пасіки.

Розміщення камери біля льотка

- Направленість камери. Камера повинна бути орієнтована на льоток, щоб вона могла фіксувати момент, коли бджоли виходять та повертаються до вулика. Це дасть змогу відстежувати періоди підвищеної активності, що свідчить про хороший медозбір, а також

визначати час, коли бджоли повертаються з поля, несучи пилок або нектар;

- Фотографування час від часу. Для аналізу забруднення льотка пилом можна налаштувати камеру на фотографування через певні інтервали часу (наприклад, кожні 5-10 хвилин). Таким чином, будуть отримані знімки льотка, на яких можна відстежувати зміну кількості пилку, що приноситься бджолами. Це дасть змогу бджоляру оцінити, на які медоноси працюють бджоли, а також вчасно виявити ознаки забруднення, наприклад, пилом з соняшнику;
- Аналіз зібраних даних. За допомогою інтелектуального програмного забезпечення зображення можна автоматично аналізувати для визначення кількості пилку, його складу та походження. Це дозволить бджолярам не лише оцінювати ефективність медозбору, а й проводити своєчасне коригування умов для бджолиних сімей, зважаючи на інтенсивність та характер роботи бджіл.

Підведення до інтеграції цих рішень у додаток

Розробка додатку для бджолярів з використанням C# та Blazor повинна враховувати необхідність інтеграції нових технологій. Використання фізичних датчиків та камер, які автоматично передаватимуть дані в систему, дозволить бджолярам отримувати актуальну інформацію про стан своїх пасік у реальному часі, зменшуючи людську помилку та прискорюючи процеси прийняття рішень.

Такі інтеграції дозволять:

- покращити моніторинг стану пасіки;
- збільшити ефективність збору меду та знизити ризики від Хвороб
- підвищити точність планування медозборів та контролю за станом вуликів.

Покрокова автоматизація процесів, включаючи вимірювання фізичних параметрів і аналіз даних за допомогою камер, дасть змогу не тільки полегшити роботу пасічників, а й значно збільшити їх продуктивність та забезпечити більш точний контроль над усіма етапами роботи на пасіці.

Медіана основних показників на пасіці та виокремлення «червоних маркерів» і їх показників в залежності від сезону(див. табл. 2.1).

Таблиці що дозволяють візуалізувати нормальні показники та потенційні загрози для бджолосімей на різних етапах сезону. Використання системи моніторингу з сенсорами та алгоритмами підтримки прийняття рішень дозволить вчасно виявити червоні маркери та прийняти відповідні заходи для стабілізації ситуації на пасіці. Вхідні данні(див. табл. 2.2).

Таблиця 2.1

Медіана середніх показників по ключовим моментах в бджолосім'ї

Період	Кількість розплоду (рамок)	Кількість меду (кг)	Покриття бджіл (рамок)	Рівень кліща (в %)
Весна (березень - квітень)	4-6	5-10	6-8	1-2%
Літо (травень - липень)	8-12	15-30	10-12	2-3%
Осінь (серпень - вересень)	4-6	10-15	6-8	3-5%
Зима (жовтень - лютий)	0-2	5-7	4-6	0-1%

Таблиця 2.2

Прив'язка критичних показників відповідно до кожного сезону

Період	Червоні маркери	Опис проблем
Весна	Недостача розплоду	Погана робота матки або хвороби розплоду
	Низьке покриття бджіл	Слабка сім'я після зимівлі
	Підвищений рівень кліща (понад 2%)	Варроатоз, потреба в обробці проти кліща
	Європейський або американський гнилець	Зараження розплоду бактеріальними інфекціями
Літо	Недостача меду	Слабкий взяток, неправильна організація робіт
	Надлишок розплоду з малою кількістю меду	Перевантаження сім'ї, загроза роїння
	Підвищений рівень кліща (понад 3%)	Зростання ризику варроатозу, потреба в терміновій обробці
	Нозематоз	Захворювання кишкового тракту, зниження продуктивності бджіл
Осінь	Низький рівень меду	Недостатні запаси на зимівлю
	Зменшення кількості розплоду	Проблеми з маткою або завершення яйцекладки
	Підвищений рівень кліща (понад 5%)	Критична загроза варроатозу перед зимівлею

	Аскосфероз	Захворювання грибкової природи (каменний розплід)
--	------------	---

Продовження таблиці 2.2

Період	Червоні маркери	Опис проблем
Зима	Недостатнє покриття бджіл	Слабка зимівля, загибель частини бджіл
	Надлишок вологи у вулику	Проблеми з вентиляцією, загроза розвитку грибкових хвороб
	Зимовий розпад сім'ї	Зараження вірусними або бактеріальними хворобами
	Поява мертвих кліщів після обробки	Вказує на високу інфекцію кліщем у попередній сезон

РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Аналіз необхідних систем ІІІ для обробки даних пасіки та пропозиції рішень

Для реалізації інтеграції фізичних датчиків та камер на пасіці, важливим етапом є впровадження систем штучного інтелекту (ІІІ), здатних ефективно обробляти та аналізувати отримані дані. Такі системи дозволяють не лише збирати дані, а й проводити їх автоматичну інтерпретацію та пропонувати рекомендації для подальших дій бджоляра. Нижче розглянемо, які типи систем ІІІ можуть бути корисними для аналізу даних з датчиків та камер, а також приклади таких систем і їх доречність у контексті пасіки[20].

1. Системи машинного навчання для обробки даних з датчиків.

Для вимірювання таких параметрів, як вологість, рівень шуму та забруднення повітря, необхідні системи, здатні обробляти великі обсяги даних та знаходити закономірності між змінами цих параметрів та поведінкою бджолиних сімей. Ось як це можна реалізувати:

Типи систем:

- Моделі регресії: Вони використовуються для прогнозування значень певних параметрів, наприклад, передбачення рівня вологості, що може вплинути на активність бджіл. За допомогою таких моделей можна визначити, коли вологість перевищує норму та як це впливає на здоров'я бджіл;
- Класифікаційні моделі: За допомогою таких моделей можна класифікувати стан пасіки (нормальний чи критичний) в залежності від зібраних даних, наприклад, оцінювати, чи перевищує рівень забруднення повітря допустимі норми;
- Аномалії (Anomaly Detection): Це методи для виявлення незвичайних змін у даних, які можуть свідчити про проблеми на пасіці (наприклад, різке підвищення шуму чи рівня забруднення, що вказує на зміну активності бджіл);

Приклад реалізації:

- Використання Алгоритмів K-Nearest Neighbors (KNN) або Support Vector Machines (SVM) для класифікації даних з датчиків за категоріями (нормальний стан/критичний стан);
- Random Forest або Gradient Boosting Machines (GBM) для побудови моделей прогнозування на основі історичних даних про стан пасіки та змін параметрів (вологості, шуму, забруднення повітря).

Доречність:

Системи машинного навчання дозволяють не тільки збирати дані, а й активно прогнозувати й виявляти потенційні проблеми, що підвищує ефективність догляду за пасікою та дає можливість для швидкої реакції на зміну умов[10].

2. Обробка зображень і комп'ютерний зір для аналізу камер.

Камера, що фіксує льоток, є потужним інструментом для аналізу активності бджіл та забруднення льотка пилом. Для обробки зображень потрібні системи комп'ютерного зору, здатні автоматично аналізувати візуальні дані та видавати корисну інформацію.

Типи систем:

- Конволюційні нейронні мережі (CNN): Це основний інструмент для аналізу зображень. CNN можуть допомогти визначити кількість пилку на льотку, а також дозволяють ідентифікувати інші проблеми, такі як наявність хворобливих симптомів на поверхні бджіл чи неприємні зміни в поведінці (зниження активності, нехарактерне переміщення тощо);
- Аналіз об'єктів на зображеннях: Завдяки алгоритмам детекції об'єктів (наприклад, YOLO – You Only Look Once), можна відстежувати на зображеннях кількість бджіл, що приносять пилок, і час, коли вони повертаються до вулика.

Приклад реалізації:

- використання бібліотеки tensorflow для реалізації та навчання cnn, що дозволить автоматично виявляти кількість пилку на льотку, зміну активності бджіл чи інші суттєві зміни;
- інтеграція opencv для попередньої обробки зображень (покращення контрасту, фільтрація шумів) перед подачею на мережу для подальшого аналізу.

Доречність:

Це дозволить автоматизувати процес спостереження за бджолами, що є важливим для пасічника, адже він отримуватиме постійно актуальні дані про стан пасіки без необхідності вручну проводити спостереження.

3. Інтелектуальні системи прийняття рішень

Використання даних від датчиків і камер дозволяє створювати системи підтримки прийняття рішень (СППР), які на основі аналізу даних зберігають інформацію та автоматично пропонують рекомендації щодо дій[16]. Наприклад, система може поради:

- збільшити вентиляцію в вуликах при підвищенні вологості;
- проводити обробку від кліща на основі виявлених аномалій;
- перевести бджіл у більш безпечну зону у разі забруднення повітря.

Приклад реалізації:

- Decision Trees або Bayesian Networks можуть бути використані для формалізації процесу прийняття рішень, базуючись на множині факторів (вологості, рівня забруднення, активності бджіл);
- Fuzzy Logic Systems також можуть бути корисними для прийняття рішень у ситуаціях, де дані не є абсолютно точними, і необхідно працювати з невизначеністю.

Доречність:

СППР дозволяє автоматизувати багато рутинних процесів та знижує ризик людської помилки. Це важливо для бджолярів, оскільки система буде пропонувати

конкретні дії на основі вхідних даних, не покладаючись на інтуїцію чи обмежений досвід.

Висновок

Інтеграція систем ШІ для моніторингу пасік має величезний потенціал для покращення управління та збільшення продуктивності. Машинне навчання дозволяє точніше аналізувати дані з датчиків, тоді як комп'ютерний зір може забезпечити візуальний моніторинг стану бджолиних сімей. Інтелектуальні системи прийняття рішень можуть автоматизувати багато процесів, що дозволить бджолярам ефективно реагувати на зміни навколишнього середовища та стану пасіки, покращуючи здоров'я бджіл та забезпечуючи високу якість медозбору.

Сучасні технології відеоспостереження відкривають широкі можливості для оптимізації управління пасікою та моніторингу ключових процесів. Використання зовнішніх і внутрішніх камер забезпечує контроль активності бджіл, виявлення потенційних загроз та ранню діагностику проблем, що сприяє оперативному прийняттю рішень і підвищенню продуктивності пасіки.

Зовнішні камери відеонагляду дозволяють контролювати роботу бджіл на прилітній дошці, моніторити періоди їх активності та виявляти аномалії, які можуть свідчити про стрес чи отруєння. Однією з ключових переваг є контроль роїння: камери можуть фіксувати виліт рою та передавати оповіщення пасічнику, що дає змогу вчасно вжити заходів і мінімізувати втрати бджолосімей. Важливим є й питання безпеки пасіки – відеокамери з датчиками руху дозволяють відстежувати появу сторонніх осіб або тварин, запобігаючи крадіжкам чи пошкодженням.

Внутрішні камери відеонагляду надають можливість спостереження за станом вулика без необхідності його відкриття. Вони дозволяють контролювати розвиток маточників, фіксувати їхню стадію та вчасно реагувати на зміни. Завдяки високій роздільній здатності камери можна виявити кліща Варроа на тілі бджіл, що значно полегшує боротьбу з ним. Також внутрішні камери забезпечують моніторинг активності бджіл, рівня кормових запасів та температури всередині гнізда, що дозволяє запобігти загибелі сімей у критичні періоди.

Впровадження відеоспостереження на пасіках має значні перспективи. По-перше, автоматизація моніторингу дозволяє постійно збирати дані про роботу пасіки, зменшуючи необхідність фізичних перевірок. По-друге, камери забезпечують своєчасне реагування на роїння, зараження кліщем або інші ситуації, що можуть вплинути на продуктивність. Зібрана інформація дозволяє покращити аналітику та прогнозування, допомагаючи пасічнику краще планувати свою роботу.

Подібні системи вже активно впроваджуються в інших галузях. У сільському господарстві відеонагляд застосовується для моніторингу стану рослин і ґрунту за допомогою дронів та стаціонарних камер. У тваринництві камери допомагають контролювати здоров'я худоби, аналізувати поведінку тварин і виявляти потенційні проблеми на ранніх етапах. Промисловість і логістика використовують відеоспостереження для оптимізації робочих процесів, забезпечення безпеки та зниження втрат.

Переваги впровадження таких систем на пасіці очевидні: мінімізація втручання у вулик, підвищення продуктивності бджіл, своєчасне виявлення критичних ситуацій і оптимізація ресурсів. Технології відеоспостереження у поєднанні зі штучним інтелектом дозволяють аналізувати відеодані для прийняття рішень, що забезпечує сучасний підхід до ведення пасіки.

Розвиток подібних систем у бджільництві є логічним продовженням загальних тенденцій у сільському господарстві та інших галузях. Впровадження камер відеонагляду дає змогу підвищити ефективність пасіки, зменшити трудовитрати та покращити контроль за здоров'ям бджіл.

Ці технології не тільки знижують навантаження на пасічників, але й дають змогу значно підвищити точність і швидкість прийняття рішень, що в кінцевому підсумку веде до підвищення ефективності роботи пасіки.

3.2 Огляд технологій

3.2.1 IP-відеокамера

IP-відеокамера з сонячною панеллю(див. рис. 3.1) є ефективним рішенням для спостереження за пасікою, особливо у віддалених місцях, де немає можливості підключитися до електромережі. Завдяки сонячній панелі та вбудованому акумулятору, камера працює автономно й забезпечує стабільне відеоспостереження навіть уночі або в похмурі дні. Це дозволяє пасічнику контролювати ситуацію на пасіці безперервно, використовуючи смартфон чи комп'ютер для віддаленого доступу до відеопотоку.



Рис. 3.1. IP-відеокамера з сонячними панелями

Використання камери на пасіці є доцільним для забезпечення безпеки бджолосімей та оптимального контролю за роботою пасіки. За допомогою відеоспостереження можна стежити за активністю бджіл протягом дня, що дозволяє вчасно виявити відхилення в їхній поведінці, наприклад, зниження активності через хвороби чи несприятливі погодні умови. Крім того, камера допомагає моніторити процес роїння, коли бджолина сім'я готується до поділу. Своєчасне виявлення рою дозволяє запобігти його втраті та забезпечити переселення у вулик.

Крім контролю бджіл, відеокамера виконує важливу функцію захисту пасіки від потенційних загроз. Завдяки відеоспостереженню можна виявити підозрілу активність, таку як наближення тварин чи сторонніх людей, які можуть пошкодити

обладнання або викрасти вулики. Камера дозволяє переглядати записи в разі інцидентів, а також контролювати загальний стан пасіки в реальному часі.

Окрім безпеки, відеокамера корисна для моніторингу погодних умов на пасіці. Спостереження за змінами погоди дозволяє оцінювати, як умови впливають на роботу бджіл. Наприклад, у дощові чи вітряні дні активність бджіл знижується, а в сприятливі умови можна відстежувати інтенсивність медозбору.

Загалом, IP-відеокамера з сонячною панеллю допомагає пасічнику ефективно керувати пасікою, своєчасно реагувати на проблеми та забезпечувати безпеку бджіл. Віддалений доступ до відео, автономна робота та можливість архівації записів роблять цей інструмент незамінним у сучасному бджільництві.

3.2.2 Метеостанція

Мобільна метеостанція (див. рис. 3.2) як рішення для контролю погодних умов на пасіці. Мобільна метеостанція є компактным і зручним рішенням для моніторингу навколишнього середовища на пасіці. Завдяки своїй мобільності вона легко транспортується та встановлюється в будь-якій точці, що дозволяє оперативно отримувати точні дані про погодні умови. Це особливо важливо для пасік, які розташовані у віддалених або сезонних місцях, де природні фактори можуть змінюватися досить швидко [27].



Рис. 3.2 Мобільна метеостанція

Метеостанція вимірює ключові параметри, такі як температура, вологість, атмосферний тиск та рівень опадів, що дозволяє пасічнику оцінювати поточний стан навколишнього середовища та прогнозувати вплив погодних умов на активність бджіл. Наприклад, під час сприятливої погоди можна очікувати інтенсивний виліт бджіл для збору нектару, а різке зниження температури чи дощ вказує на необхідність моніторингу роботи сімей у вуликах.

Особливість мобільної метеостанції полягає у можливості швидкого переміщення разом із кочовою пасікою, коли бджоли перевозяться ближче до медоносних рослин. Вона дозволяє контролювати мікроклімат навіть на новій локації, своєчасно фіксувати зміни умов і запобігати можливим проблемам.

Спостереження за погодою під час роїння стає значно ефективнішим завдяки мобільній метеостанції. Пасічник може своєчасно отримувати дані про температуру та вологість, що допомагає передбачити піки роївової активності та вжити заходів для контролю.

Мобільна метеостанція також сприяє моніторингу загальної безпеки пасіки. Дані про сильний вітер або зливи допомагають своєчасно укріпити вулики, забезпечивши їхню стабільність, а фіксація несприятливих умов дозволяє пасічнику мінімізувати втрати бджолосімей.

Завдяки сучасним технологіям мобільна метеостанція може передавати дані на смартфон або інші пристрої в режимі реального часу. Це дозволяє контролювати ситуацію навіть віддалено, забезпечуючи ефективне управління пасікою без необхідності постійного перебування на місці.

Таким чином, мобільна метеостанція є універсальним рішенням для збору даних, які допомагають пасічнику адаптувати свою роботу до погодних умов, контролювати активність бджіл і забезпечувати стабільний розвиток пасіки в будь-якій локації.

3.2.3 Датчики для вимірювання вологості та температури

Датчик вологості у вулику є важливим інструментом для моніторингу мікроклімату всередині бджолиних житлових камер. Цей пристрій вимірює рівень

відносної вологості повітря у вулику, передаючи дані пасічнику для оперативного аналізу та прийняття рішень. Сучасні датчики вологості компактні, енергоефективні та можуть працювати у зв'язці з іншими пристроями, передаючи дані в реальному часі на мобільні або комп'ютерні додатки(див. рис. 3.3).



Рис. 3.3 Датчик температури та вологості

Важливість контролю вологості у вулику. Оптимальний рівень вологості у вулику є критичним для здоров'я бджолосім'ї та якості меду. Бджоли самостійно регулюють вологість, підтримуючи її на рівні **55–65%**. Якщо цей рівень порушується, виникає низка проблем, які можуть негативно вплинути на бджіл:

- **Здоров'я бджіл:** Висока вологість створює сприятливі умови для розвитку плісняви та грибкових інфекцій у вулику, які можуть заражати стільники та послаблювати імунітет бджіл. Низька вологість, навпаки, призводить до пересихання розплоду та утруднює підтримку оптимального мікроклімату.
- **Зимівля бджіл:** Під час зимівлі надмірна вологість конденсується на стінках вулика у вигляді крапель води, які можуть охолоджувати вулик та викликати захворювання бджіл (наприклад, нозематоз). У таких

умовах бджоли витрачають більше енергії для обігріву сім'ї, що призводить до швидкого виснаження кормів та ослаблення колонії.

Особливості розташування датчика вологості

Правильне розташування датчика у вулику є ключовим для точності показників. Датчик слід встановлювати у центральній частині вулика, де бджоли активно підтримують оптимальний мікроклімат. При цьому важливо ізолювати датчик так, щоб бджоли не могли його покрити **прополісом**. Бджоли мають природну схильність до герметизації будь-яких сторонніх предметів у вулику, що може призвести до блокування датчика і спотворення показників. Для захисту датчик можна помістити у спеціальну сітчасту або ізольовану конструкцію, яка дозволяє циркулювати повітря, але недоступна для покриття прополісом.

Як працює датчик вологості

Датчик постійно вимірює рівень вологості повітря всередині вулика та передає дані через дротове або бездротове з'єднання на мобільний додаток чи комп'ютер. Це дозволяє пасічнику оперативно відстежувати зміни вологості й вчасно вживати заходів, якщо показники виходять за межі норми.

Датчик для вимірювання температури у вулику та його важливість

Датчик температури у вулику є незамінним інструментом для моніторингу мікроклімату всередині бджолосім'ї. Температура відіграє критичну роль у житті бджіл, впливаючи на їх активність, розвиток розплоду, зимівлю та загальний стан колонії. Сучасні температурні датчики дозволяють пасічникам отримувати точні дані у реальному часі, забезпечуючи швидке реагування на будь-які зміни.

Температурний баланс є життєво необхідним для бджолосім'ї. Бджоли підтримують температуру у вулику на рівні:

- **34–35°C** у зоні розплоду для нормального розвитку личинок.
- **25–30°C** під час активного сезону у просторі гнізда.
- **15–25°C** під час зимового клубу для підтримки життєдіяльності.

Вплив температури на бджіл та продуктивність пасіки:

- **Перегрів:** Висока температура у вулику може викликати тепловий стрес у бджіл, що призводить до їхньої надмірної активності та витрати енергії на охолодження. При температурі вище **35°C** розплід може загинути, а бджоли стають менш ефективними;

- **Переохолодження:** Низька температура призводить до сповільнення розвитку розплоду, а в холодний період до втрат енергії бджолами на підтримку тепла. Якщо температура опускається нижче **10°C**, бджоли можуть гинути від холоду;
- **Контроль зимівлі:** Під час зимівлі температура є ключовим фактором, оскільки недостатній контроль може призвести до втрати кормів, ослаблення колонії або загибелі бджіл.

Для отримання точних показників датчик слід встановлювати:

- у центрі гнізда, де знаходиться розплід, оскільки це найважливіша зона для контролю;
- подалі від стінок вулика, щоб уникнути спотворення показників через вплив зовнішньої температури;
- датчик слід надійно закріпити та ізолювати, щоб бджоли не покрили його прополісом або воском, що може призвести до некоректних показників.

Дії пасічника на основі даних датчика температури

- При надмірній температурі:
 - 1) зменшити утеплення вулика для поліпшення вентиляції;
 - 2) відкрити верхні та нижні льотки для покращення циркуляції повітря;
 - 3) перемістити вулик у затінене місце, особливо в спекотний період;
 - 4) використовувати спеціальні решітки для провітрювання та охолодження вулика.
- При низькій температурі:
 - 1) додатково утеплити вулик, особливо у холодний період;
 - 2) перевірити наявність корму, щоб уникнути виснаження колонії;
 - 3) зменшити розміри льотків для збереження тепла всередині вулика.

- У період зимівлі:
 - 1) за допомогою датчика контролювати стабільність температури у клубі бджіл;
 - 2) уникати різких коливань температури, забезпечуючи правильну ізоляцію та провітрювання вулика.

Слід зазначити що, аналіз температури у вулику під час зимівлі дозволяє визначити наявність розплоду без зайвого втручання у бджолину сім'ю. Якщо температура в центрі клубу бджіл стабільно тримається на рівні **34–35°C**, це свідчить про активну присутність розплоду, оскільки бджоли підтримують оптимальні умови для його розвитку. Відсутність розплоду, навпаки, призводить до зниження температури до **20–25°C**, що є типовим для зимового спокою бджіл. Такий контроль допомагає пасічнику оцінити стан колонії, прогнозувати витрати корму та своєчасно вживати заходів для підтримки здоров'я сім'ї в зимовий період.

Контроль температури та вологості за допомогою датчиків дозволяє пасічнику оперативно реагувати на зміни мікроклімату у вулику, що допомагає підтримувати здоров'я бджіл і підвищувати продуктивність пасіки. Своєчасне регулювання умов дозволяє уникнути теплового стресу, переохолодження та загибелі розплоду, забезпечуючи стабільний розвиток бджолосім'ї.

3.2.4 Інтеграція даних в додаток

Інтеграція даних з датчиків у додаток є важливим етапом для створення системи моніторингу пасіки, що дозволяє ефективно контролювати умови для бджіл. Дані з датчиків, таких як температурні, вологості, а також з метеостанцій, потрібно передавати та обробляти за допомогою різних технологій[19]. Одним з найпоширеніших способів передачі даних є використання протоколів, таких як MQTT або HTTP/REST API. MQTT[23] підходить для передачі даних у реальному часі з мінімальним трафіком, що ідеально підходить для IoT-систем. Протокол HTTP/REST API простий у використанні для веб-додатків і дає змогу передавати дані з датчиків на сервер для подальшої обробки[24]. Ще одним варіантом є використання протоколів LoRaWAN або ZigBee, що дозволяють передавати дані на

великі відстані при низькому енергоспоживанні, що корисно на віддалених пасіках[17].

Для зчитування і передачі даних із датчиків використовуються мікроконтролери, такі як Arduino, ESP32 або Raspberry Pi. Ці пристрої зчитують показання з датчиків і передають їх на сервер або в хмару через бездротові технології, такі як Wi-Fi або Bluetooth[18]. Зокрема, ESP32 має вбудовані можливості для бездротової передачі даних, що робить його ідеальним варіантом для таких проєктів. Raspberry Pi, у свою чергу, може виконувати роль шлюза і міні-сервера, обробляючи дані з датчиків та надсилаючи їх у хмару.

Що стосується зберігання та обробки даних, для цього можна використовувати хмарні платформи, такі як Microsoft Azure IoT Hub, AWS IoT або Google Cloud IoT. Ці сервіси дозволяють ефективно обробляти великі обсяги даних, аналізувати їх у реальному часі та створювати різноманітні сповіщення про зміни параметрів. Крім того, для збереження та візуалізації даних з датчиків можна використовувати платформи на кшталт Power BI, Grafana або Tableau. Ці інструменти дозволяють створювати інтерактивні графіки та дашборди, що допомагає пасічникам оперативно реагувати на зміни умов.

Для збереження історичних даних, що надходять від датчиків, використовуються бази даних, такі як InfluxDB або MongoDB. InfluxDB, зокрема, ідеально підходить для зберігання даних часових рядів, що дозволяє ефективно працювати з даними, отриманими з датчиків вологості, температури тощо.

Таким чином, інтеграція даних з датчиків у додаток забезпечує централізовану систему моніторингу, що дозволяє пасічнику не лише зберігати та обробляти дані, а й отримувати візуалізацію та аналітику в реальному часі. Це допомагає приймати обґрунтовані рішення, покращуючи ефективність роботи пасіки та сприяючи здоров'ю бджіл.

3.2.5 MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – це легкий, відкритий протокол для обміну повідомленнями, який використовують в основному в

системах IoT (Інтернет речей), де важливі невеликі витрати на енергію, надійність і масштабованість. Він працює на основі моделі публікація-підписка та часто застосовується для передачі даних між пристроями з обмеженими ресурсами[6].

Основні характеристики MQTT:

- Модель публікації-підписки:
 - 1) В MQTT є два основні компоненти: клієнт і сервер (або брокер)[29]. Клієнт може підписатися на певну тему, щоб отримувати повідомлення, або публікувати повідомлення на певну тему, до якої можуть підписатися інші клієнти;
 - 2) Підписка на тему означає, що клієнт буде отримувати всі повідомлення, що публікуються на цю тему. Це дозволяє побудувати систему з низьким рівнем взаємодії між пристроями та знижує навантаження на обробку даних;
- Низька пропускну здатність і мале споживання енергії:
 - 1) MQTT спроектований так, щоб працювати в умовах обмежених ресурсів (пам'ять, потужність процесора) і в умовах, де пропускну здатність мережі обмежена. Протокол використовує мінімальну кількість даних для передачі, що знижує навантаження на пристрої та дозволяє зменшити споживання енергії.
- Рівні якості послуг (QoS): MQTT підтримує три рівні якості обслуговування для доставки повідомлень:
 - 1) **QoS 0** – повідомлення доставляється один раз, без підтвердження;
 - 2) **QoS 1** – повідомлення доставляється принаймні один раз, з підтвердженням;
 - 3) **QoS 2** – повідомлення доставляється точно один раз, з підтвердженням та двофазним механізмом.
- Надійність. MQTT забезпечує надійність передачі даних навіть у випадку тимчасових втрат з'єднання або обмеженої пропускну

здатності мережі. Якщо пристрій або сервер не може отримати повідомлення, воно буде доставлене після відновлення з'єднання;

- **Масштабованість.** MQTT легко масштабувати, оскільки брокер може обробляти тисячі підключень одночасно, забезпечуючи ефективне передавання повідомлень між великою кількістю пристроїв;
- **Безпека.** Хоча MQTT сам по собі не включає механізмів шифрування, він підтримує такі заходи безпеки, як SSL/TLS для захищеного каналу передачі даних, а також може бути інтегрований з іншими методами автентифікації та авторизації для забезпечення безпеки передавання повідомлень.

Структура повідомлень MQTT (див. рис. 3.4):

- **Тема (Topic):** Ключова складова протоколу. Це ідентифікатор для підписки або публікації повідомлень. Теми організовані в ієрархічному вигляді, що дозволяє зручно групувати повідомлення;
- **Повідомлення (Message):** Дані, які передаються від публікатора до підписника через брокера. Повідомлення може містити текст, JSON-дані або будь-яку іншу інформацію;
- **Підписка (Subscription):** Клієнт підписується на одну або кілька тем для отримання повідомлень;
- **Публікація (Publish):** Клієнт публікує повідомлення на певну тему, після чого це повідомлення надсилається всім підписникам цієї теми.

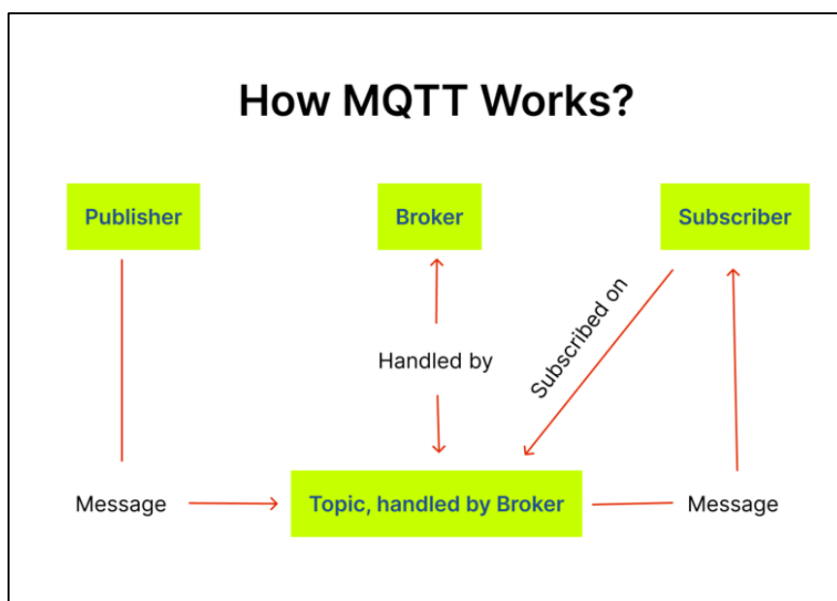


Рис. 3.4 Схема роботи MQTT

Застосування MQTT:

- Інтернет речей (IoT): Протокол часто використовується для зв'язку між пристроями в умних будинках, моніторингу здоров'я, сільському господарстві та інших сферах, де є потреба в передачі даних з пристроїв з обмеженими ресурсами;
- Автоматизація будівель та промисловість: MQTT використовується для обміну даними між різними системами автоматизації, датчиками, контролерами тощо;
- Автономні пристрої: Використовується для організації зв'язку між автономними пристроями, які повинні мати мале споживання енергії, але забезпечувати надійну комунікацію.

MQTT є потужним інструментом для організації масштабованих і надійних систем обміну даними, особливо в умовах обмежених ресурсів і великої кількості підключених пристроїв[24].

3.2.6 LoRa

LoRa (Long Range) – це інноваційна технологія бездротового зв'язку, що використовує IoT-протоколи для забезпечення передачі даних на великі відстані з низьким енергоспоживанням(див. рис. 3.5). Вона набуває популярності у

вбудованих системах, де важливо передавати невелику кількість даних через великі відстані, при цьому зберігаючи енергію, що особливо актуально для пристроїв на батарейках. Протокол LoRa був розширений до стандарту LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), який визначає архітектуру мережі та способи зв'язку між пристроями.

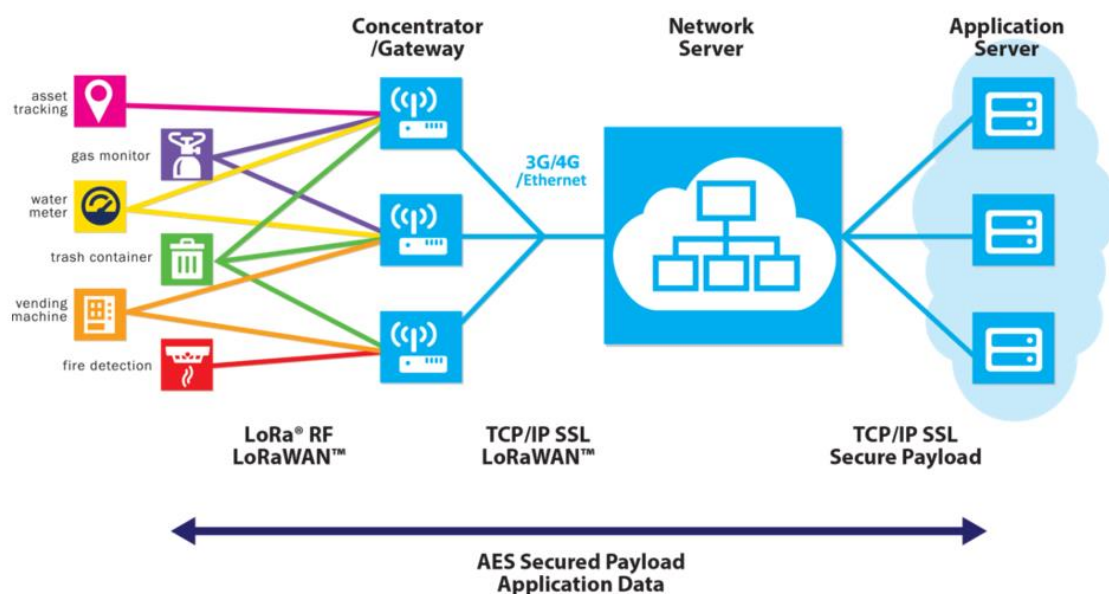


Рис. 3.5 Схема роботи LoRa

LoRaWAN стандартизовано альянсом LoRa та розроблено для покриття максимальної кількості вузлів. Система використовує сітчасту архітектуру, де кожен вузол отримує та передає дані через інші пристрої, що забезпечує більший діапазон, але знижує енергоефективність. Натомість топологія "зірка", при якій вузли підключені до центральних шлюзів, дозволяє зменшити складність мережі та зберегти енергію.

Основні елементи мережі LoRa включають:

- вузли або кінцеві пристрої – датчики та пристрої для збору інформації (наприклад, монітори газу, датчики диму, лічильники води);
- шлюзи – передають дані від кінцевих пристроїв на сервери за допомогою мобільних, супутникових чи Wi-Fi зв'язків;

- мережевий сервер – фільтрує і обробляє дані, визначаючи їх подальший маршрут.
- сервер додатків – отримує оброблені дані від мережевого сервера для подальшого використання.

Серед ключових характеристик LoRa – це здатність передавати дані на великі відстані (до 100 км), використовуючи модуляцію розширеного спектра, що забезпечує високу чутливість до сигналів і покращує стійкість до перешкод. Технологія має високу ефективність у використанні батарей, знижуючи енергоспоживання завдяки асинхронному зв'язку вузлів, які передають дані лише коли це необхідно, використовуючи метод ALOHA для зменшення часу активності.

LoRa також підтримує адаптивну швидкість передачі даних (ADR), що дозволяє оптимізувати ефективність передачі в залежності від умов зв'язку. Окрім цього, система LoRaWAN підтримує безпеку даних на кількох рівнях, використовуючи шифрування AES для захисту мережі та додатків.

Важливим аспектом є різні класи пристроїв, що визначають типи комунікації:

- **Клас А** – найменше споживання енергії, зв'язок ініціюється пристроєм;
- **Клас В** – додаткові вікна прийому даних, синхронізація за розкладом;
- **Клас С** – майже постійний прийом даних, дозволяє швидко отримувати великі обсяги інформації.

LoRaWAN дозволяє здійснювати двосторонній зв'язок між пристроєм та сервером, що важливо для розв'язання задач, де необхідна висока надійність і контроль. Однак через використання неліцензійних частот і відкритих протоколів існують певні ризики безпеки, наприклад, можливість підробки пакетів або прослуховування мережі.

Ця технологія має низку переваг:

- **відсутність ліцензування частот** в ISM-діапазонах (868-868.6 МГц);
- **можливість обслуговування тисяч пристроїв** через одну базову станцію;
- **низькі витрати** на підключення;

- **великий радіус дії сигналу** та висока стійкість до перешкод;
- **простота налаштування** і швидке розгортання мережі;
- **тривалий термін служби батареї**, що може досягати до 10 років;
- **безпека** завдяки використанню шифрування AES для захисту даних.

Загалом, LoRaWAN є однією з найперспективніших технологій для створення ефективних, довговічних і масштабованих мереж для IoT-застосувань.

3.2.7 Arduino, ESP32 та Raspberry Pi

Вибір платформи для розробки проектів вимагає ретельного аналізу вимог до системи, зокрема з урахуванням характеристик кожного пристрою. У випадку розробки системи для моніторингу пасіки, де необхідно працювати з датчиками, передавати дані через бездротові мережі та зберігати автономність роботи, важливо правильно обрати між різними апаратними платформами, такими як Arduino[21], ESP32[22] і Raspberry Pi.

Кожна з цих платформ має свої сильні і слабкі сторони, що визначає їхню ефективність у конкретних умовах. Arduino відрізняється своєю простотою використання та низьким енергоспоживанням, що робить його ідеальним для базових завдань. ESP32, у свою чергу, забезпечує кращі можливості для бездротового зв'язку і підвищену обчислювальну потужність. Raspberry Pi є потужною платформою для більш складних задач, зокрема, коли потрібно використовувати операційну систему і різноманітні інтерфейси для інтеграції з іншими пристроями[9].

Дане порівняння допоможе зважено вибрати найкращу платформу[28] для реалізації проекту, з урахуванням специфікацій і обмежень кожного пристрою (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Порівняльна таблиця вибраних мікроконтролерів.

Критерії	Arduino	EP32	Raspberry Pi
Продуктивність	Низька, прості задачі	Вища, підтримка Wi-Fi та Bluetooth	Висока, для складних обчислень та ОС

Підключення до мережі	Потрібні додаткові модулі (Wi-Fi/Bluetooth)	Вбудоване Wi-Fi і Bluetooth	Вбудоване Wi-Fi або Ethernet
Енергоспоживання	Дуже низьке, працює від батареї довго	Помірне, але є режим глибокого сну	Високе, потребує більше енергії
Обробка даних і складність задач	Обмежено, для простих задач	Середнє, підтримує більш складні задачі	Висока, підходить для складних обчислень

Продовження таблиці 3.1

Критерії	Arduino	EP32	Raspberry Pi
Інтерфейси і підключення	Низька, прості задачі	SPI, I2C, UART, ADC, Wi-Fi, Bluetooth	GPIO, USB, HDMI, аудіо, багато інтерфейсів
Підтримка і розробка	Простий у використанні, велика кількість бібліотек	Хороша підтримка, потрібно знання C/C++	Вимагає знань Linux, але більша гнучкість
Підходить для автономних систем	Так, дуже низьке енергоспоживання	Так, але споживає більше енергії, ніж Arduino	Ні, вимагає постійного джерела живлення
Ціна	Низька	Середня	Висока
Підходить для поточного проекту	Так, для простих задач і автономності	Так, для збору даних з бездротовим управлінням	Можна використовувати, але з більшими вимогами до енергії та складності

В умовах догляду за пасікою, де важливий моніторинг вуликів за допомогою датчиків, вибір між Arduino, ESP32 та Raspberry Pi залежить від різних аспектів, таких як тип датчиків, відстань передавання даних, вимоги до енергоспоживання та мережевих можливостей.

Arduino буде найкращим вибором для простих датчиків, таких як температурні та сенсори вологості, де важливі мінімальні витрати енергії, і можливість підключення через проводове з'єднання. Його простота, низька вартість та доступність роблять його ідеальним для базових моніторингів пасіки.



Рис. 3.6 Типовий представник плат Arduino

ESP32(див. рис. 3.7) є більш потужним варіантом, особливо якщо необхідно передавати дані через Wi-Fi чи Bluetooth або використовувати більш складні сенсори, такі як сенсори якості повітря або датчики рівня. Це обладнання дозволить створити більш складну і ефективну систему для пасіки, що передбачає обробку даних у реальному часі та можливість підключення до мережі для моніторингу з будь-якої точки[8].

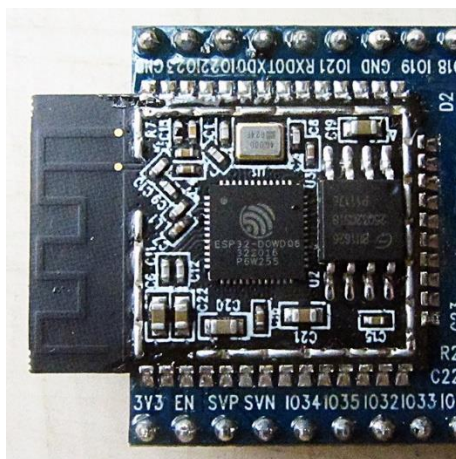


Рис. 3.7 Одна з плат EP32.

Raspberry Pi більше підходить для розвинутих систем, де необхідна інтеграція з іншими пристроями, обробка великих обсягів даних або реалізація складної обчислювальної інфраструктури. Однак для простих завдань на пасіці його використання може бути надмірним, якщо не потрібна висока обчислювальна потужність (див. рис. 3.8).

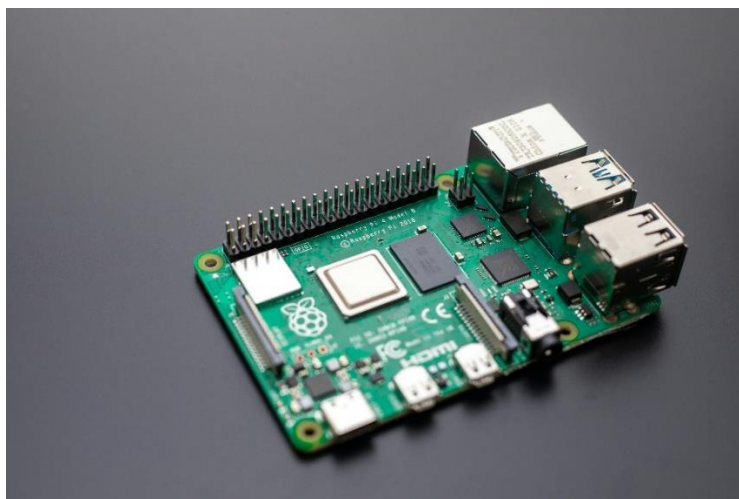


Рис. 3.8 Плата Raspberry Pi

З урахуванням специфіки пасіки, де важливо оптимізувати витрати енергії та забезпечити простоту у використанні, Arduino буде оптимальним вибором для базових датчиків. Для більш складних систем з підключенням до мережі або обробкою великих даних, як-от від датчиків температури та вологості, а також від сенсорів стану бджіл, найкраще підійде ESP32.

3.2.8 Хмарні платформи

Для реалізації проекту пасіки, де необхідно здійснювати моніторинг даних з різних сенсорів і забезпечити можливість віддаленого доступу, однією з важливих частин є вибір хмарної платформи для обробки та зберігання даних. Ось порівняння трьох провідних хмарних рішень для Інтернету Речей (IoT): **Microsoft Azure IoT Hub**, **AWS IoT** та **Google Cloud IoT**(див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Порівняння обраних рішень в сфері хмарних IoT

Параметр	Microsoft Azure IoT Hub	AWS IoT	Google Cloud IoT
Легкість інтеграції	Простота інтеграції з різними пристроями та API. Підтримка багатьох мов програмування.	Висока сумісність з різними пристроями через SDK.	Підтримка різних пристроїв через Cloud IoT Core SDK.
Масштабованість	Висока масштабованість, особливо для великих IoT рішень. Підтримка тисяч пристроїв.	Може масштабуватися до десятків тисяч пристроїв.	Легка масштабованість, але з обмеженням кількості пристроїв.
Безпека	Підтримка шифрування, автентифікації та контролю доступу на різних рівнях.	Підтримка шифрування даних на рівні пристроїв та каналу зв'язку.	Інтеграція з Google Cloud Identity для управління доступом.
Ціна	Гнучке ціноутворення, базується на кількості повідомлень і зберіганні даних.	Тарифікація базується на кількості повідомлень, підключених пристроїв та зберіганні.	Спрощене ціноутворення, з акцентом на кількість пристроїв і трафік даних.
Підтримка протоколів	MQTT, AMQP, HTTPS.	MQTT, HTTP, WebSockets.	MQTT, HTTP.
Інтеграція з іншими сервісами	Добре інтегрується з іншими сервісами Microsoft, такими як Azure Machine Learning та Azure Storage.	Глибока інтеграція з іншими сервісами AWS, такими як AWS Lambda, AWS Analytics.	Інтеграція з іншими сервісами Google Cloud, включаючи BigQuery та Machine Learning.
Підтримка для реального часу	Підтримка реального часу для обробки даних	Підтримка реального часу через AWS Kinesis.	Підтримка реального часу через Google Cloud Dataflow.

	та візуалізації через Azure Stream Analytics.		
--	--	--	--

Для реалізації проекту пасіки, на якому необхідно здійснювати моніторинг даних з різних сенсорів і забезпечити можливість віддаленого доступу до інформації, вибір хмарної платформи є ключовим етапом. Три основні хмарні рішення для Інтернету Речей (IoT), які можна використовувати для такої мети, це **Microsoft Azure IoT Hub**, **AWS IoT** та **Google Cloud IoT**.

Microsoft Azure IoT Hub є потужною платформою, яка підходить для проектів, що включають інтеграцію з іншими продуктами Microsoft, такими як Azure Machine Learning або Storage. Платформа пропонує високий рівень безпеки, що є важливим для захисту даних у реальному часі. Azure IoT Hub підтримує різні протоколи, такі як MQTT, AMQP і HTTPS, що забезпечує сумісність з різними пристроями. Крім того, платформа добре інтегрується з іншими інструментами для аналізу даних і візуалізації, що може бути корисним для моніторингу стану пасіки(див. рис. 3.9) [1].

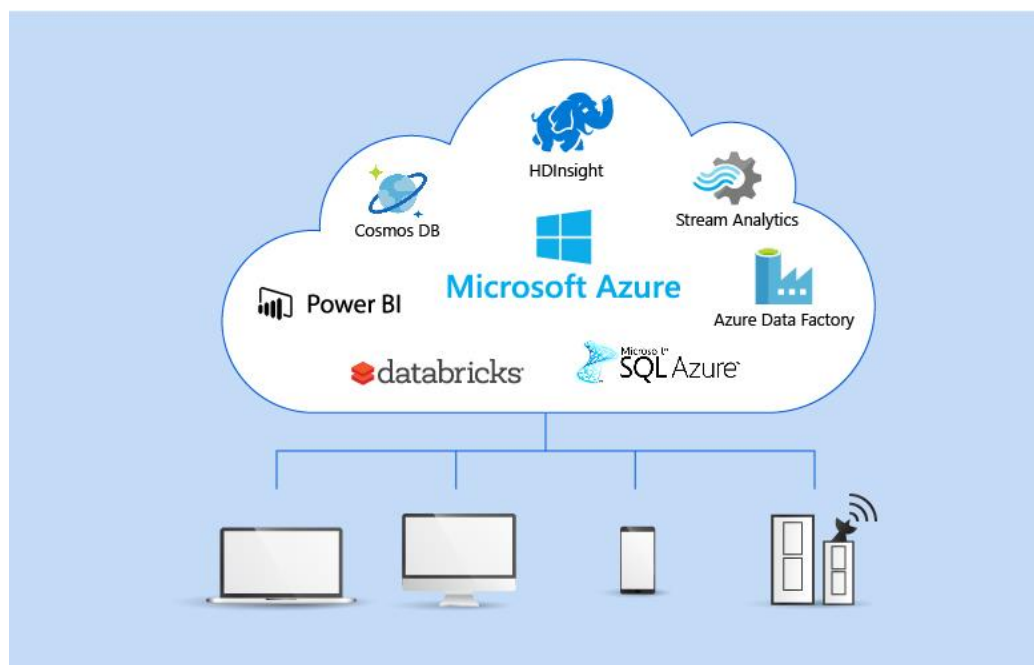


Рис. 3.9 Представлення Microsoft Azure

AWS IoT підходить для великих проектів, де потрібна висока масштабованість, оскільки платформа підтримує тисячі пристроїв(див. рис. 3.10).

Вона інтегрується з іншими сервісами AWS, такими як AWS Lambda для створення автоматизованих робочих процесів і AWS Kinesis для обробки даних у реальному часі. Підтримка MQTT і HTTP дає можливість зручного обміну даними між пристроями та хмарою. AWS IoT також забезпечує високий рівень безпеки, зокрема, шифрування даних як на рівні пристроїв, так і на рівні каналу зв'язку. Це робить AWS IoT хорошим вибором для складних проектів із великою кількістю пристроїв і вимогами до обробки даних[2].

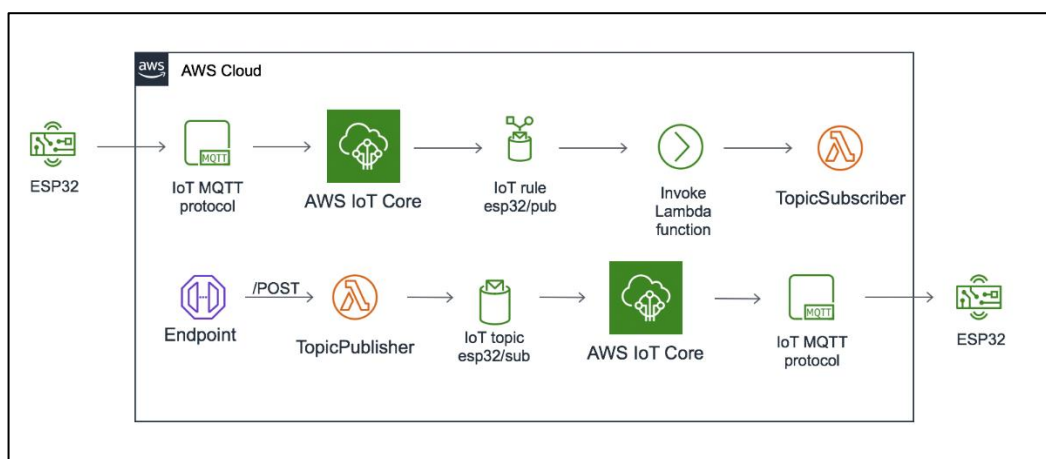


Рис. 3.10 Взаємодія esp32 з AWS

Google Cloud IoT також є чудовою платформою для моніторингу і обробки даних із сенсорів на пасіці. Вона добре інтегрується з іншими сервісами Google Cloud, такими як BigQuery для зберігання та обробки даних, а також Google Cloud Machine Learning для аналізу інформації. Платформа підтримує MQTT та HTTP для комунікації з пристроями і має інструменти для обробки даних у реальному часі через Google Cloud Dataflow. Google Cloud IoT є хорошим вибором для проектів, де важливо інтегрувати різні сервіси для аналізу та зберігання даних [3].

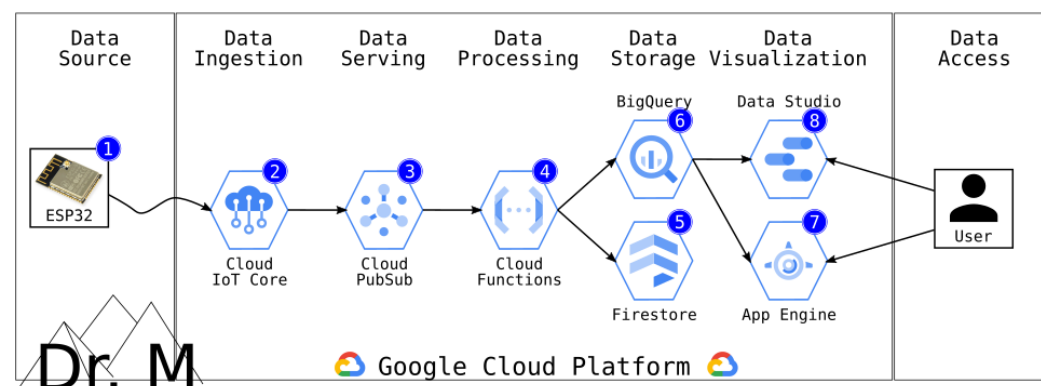


Рис. 3.11 Шлях взаємодії мікроконтроллер-GCP-користувач

Вибір платформи залежить від потреб конкретного проекту. Microsoft Azure IoT Hub є найкращим вибором у випадках, коли використовується або планується використання інших сервісів Microsoft, завдяки широким можливостям для інтеграції та високому рівню безпеки. AWS IoT підходить для систем із великою кількістю пристроїв, що потребують високої масштабованості та можливості обробки даних у реальному часі. Google Cloud IoT є оптимальним рішенням для проектів, що потребують інтеграції з іншими інструментами Google та зберігання даних із подальшою обробкою за допомогою складних моделей машинного навчання.

У цьому проекті для моніторингу стану пасіки обрано Microsoft Azure IoT Hub, оскільки він забезпечує надійну інтеграцію з інфраструктурою Microsoft та ефективно управління даними з датчиків.

3.2.9 Діаграма IDEF0 та представлення алгоритму роботи моделі

Опис процесу:

Алгоритм складається з кількох ключових етапів, кожен із яких забезпечує плавну інтеграцію даних від фізичних пристроїв до хмарного аналізу та відображення в користувацькому інтерфейсі (див. рис. 3.12). Основні етапи:

– Збір даних із датчиків:

- 1) датчики, встановлені у вуликах, фіксують критичні показники: температуру, вологість, рівень вуглекислого газу, вагу вулика, рівень активності бджіл та інші параметри;

- 2) дані передаються через локальний модуль (наприклад, zigbee, wi-fi або lora).
- **Передача даних на локальний сервер або шлюз:**
 - 1) дані із датчиків агрегуються локальним шлюзом;
 - 2) шлюз забезпечує попередню обробку (фільтрацію шуму, консолідацію даних) та передачу на хмарний сервер через інтернет-з'єднання.
 - **Передача даних у хмарне середовище:**
 - 1) дані надсилаються в хмару за допомогою http-запитів, mqtt або іншого протоколу;
 - 2) у хмарі створюється централізоване сховище даних (наприклад, sql-база або об'єктне сховище), де дані зберігаються та готуються до обробки.
 - **Обробка даних у хмарному середовищі:**
 - 1) виконується аналіз отриманих даних із використанням алгоритмів машинного навчання або встановлених правил;
 - 2) система виявляє критичні показники (наприклад, перевищення порогових значень температури чи рівня вологості);
 - 3) генеруються рекомендації для користувача, наприклад: "збільшити вентиляцію", "перевірити корм".
 - **Передача результатів у веб-додаток Blazor:**
 - 1) оброблені дані разом із рекомендаціями передаються на клієнтську частину додатку;
 - 2) API забезпечує взаємодію між хмарною системою та веб-додатком.
 - **Відображення в інтерфейсі Blazor:**
 - 1) користувач бачить ключові параметри в режимі реального часу у вигляді дашбордів, таблиць і графіків;

- 2) система також відображає рекомендації, що дозволяють швидко реагувати на зміни;
- 3) інтерфейс надає можливість налаштовувати порогові значення для кожного датчика.

– **Впровадження рекомендацій:**

- 1) на основі отриманих рекомендацій користувач може внести зміни у догляд за вуликами;
- 2) опціонально, система може підтримувати автоматизацію, наприклад, активацію вентиляції або подачу корму через інтегровані механізми.

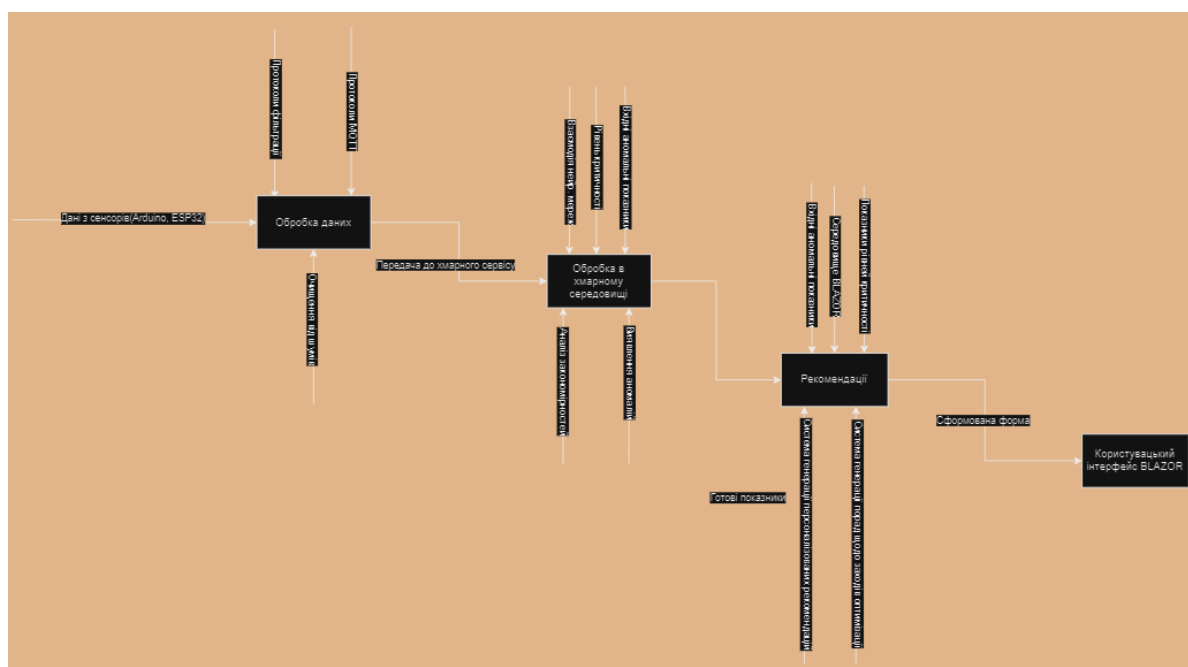


Рис. 3.12 Представлення алгоритму роботи у вигляді моделі IDEF0

Діаграма демонструє послідовність передачі даних від датчиків до кінцевого користувача через інтегровану систему збору, обробки та візуалізації. Процес забезпечує надійний збір інформації з пристроїв, її централізоване зберігання та аналіз у хмарному середовищі, а також зручний доступ до результатів через інтерфейс Blazor-додатка. Це сприяє ефективному моніторингу стану вуликів, своєчасному реагуванню на зміни та впровадженню рекомендацій для оптимізації догляду за бджолами.

3.3 Інтеграція в додаток

Після проведення аналітики потреб та необхідностей було прийнято рішення про розробку модулів для додатку з автоматизації бджільництва. Основною метою є створення зручної платформи для моніторингу та аналізу умов у вуликах, що дозволить пасічникам своєчасно отримувати критично важливу інформацію про стан бджолиних сімей. На основі зібраних даних від датчиків температури, вологості, рівня CO₂ та ваги буде реалізовано функціонал для їхнього відображення, обробки та прийняття рішень.

Іншою частиною дослідження є **оптимізація праці бджоляра** шляхом аналізу потреб та розробки моделі лаконічного і зручного **щоденника-записника** та **планувальника дій (to-do)**. Це дозволить пасічникам структуровано вести записи про роботи на пасіці, планувати завдання, а також ефективно відслідковувати виконання запланованих дій. Такі інструменти допоможуть зменшити ризик упущень в роботі та підвищать загальну продуктивність і якість управління пасікою.

Для реалізації цих рішень було обрано технології **C#** та **Blazor**, які забезпечують сучасний інтерфейс користувача, швидку обробку даних та можливість розширення функціоналу відповідно до потреб пасічників.

- Створення моделі даних. Додання моделі в папку Shared(див. рис. 3.13):

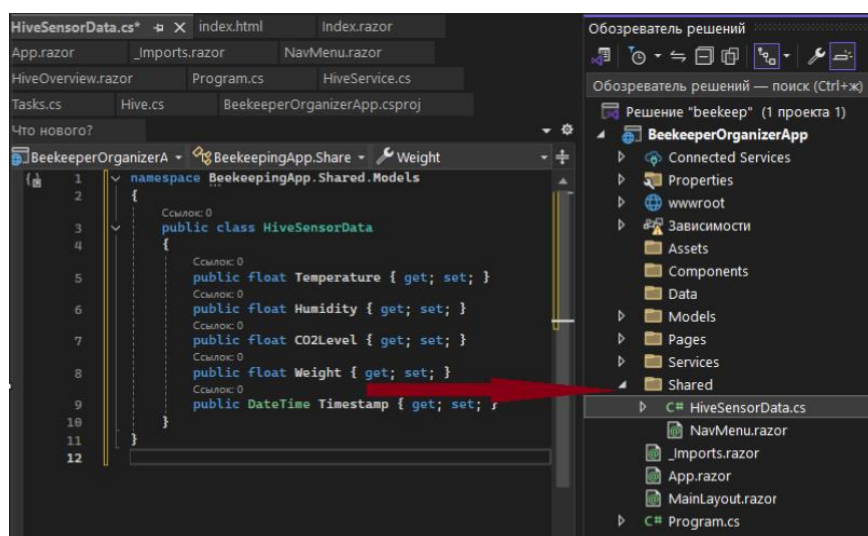


Рис. 3.13 Додання моделі в папку Shared

```
namespace BeekeepingApp.Shared.Models
{
    public class HiveSensorData
    {
        public float Temperature { get; set; }
        public float Humidity { get; set; }
        public float CO2Level { get; set; }
        public float Weight { get; set; }
        public DateTime Timestamp { get; set; }
    }
}
```

- Сервіс для отримання даних з API. Створення сервісу у папці Client/Services, який отримуватиме дані про умови у вуликах(див. рис. 3.14):

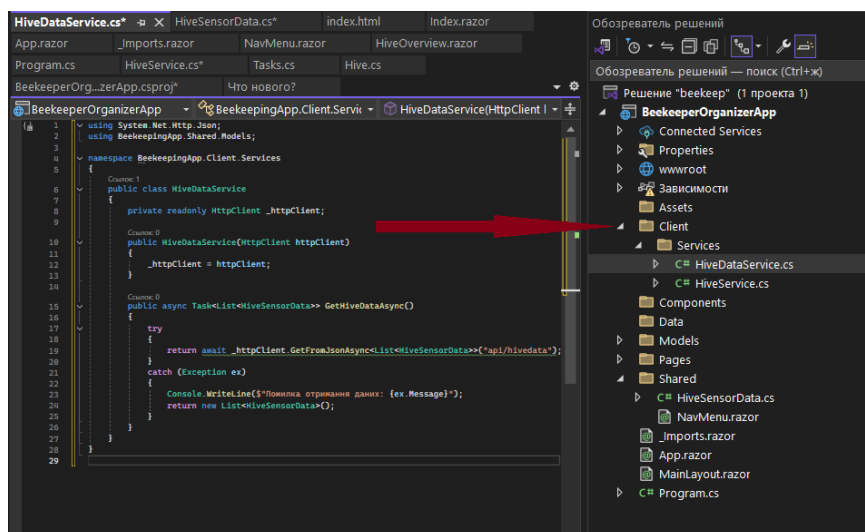


Рис. 3.14 Створення сервісу

```
using System.Net.Http.Json;
using BeekeepingApp.Shared.Models;

namespace BeekeepingApp.Client.Services
{
    public class HiveDataService
    {
        private readonly HttpClient _httpClient;

        public HiveDataService(HttpClient httpClient)
        {
            _httpClient = httpClient;
        }

        public async Task<List<HiveSensorData>> GetHiveDataAsync()
        {
            try
            {
                return await _httpClient.GetFromJsonAsync<List<HiveSensorData>>("api/hivedata");
            }
            catch (Exception ex)
            {
                Console.WriteLine($"Помилка отримання даних: {ex.Message}");
                return new List<HiveSensorData>();
            }
        }
    }
}
```

```

    }
  }
}
}

```

— Реєстрація сервісу в Program.cs(див. рис. 3.15):

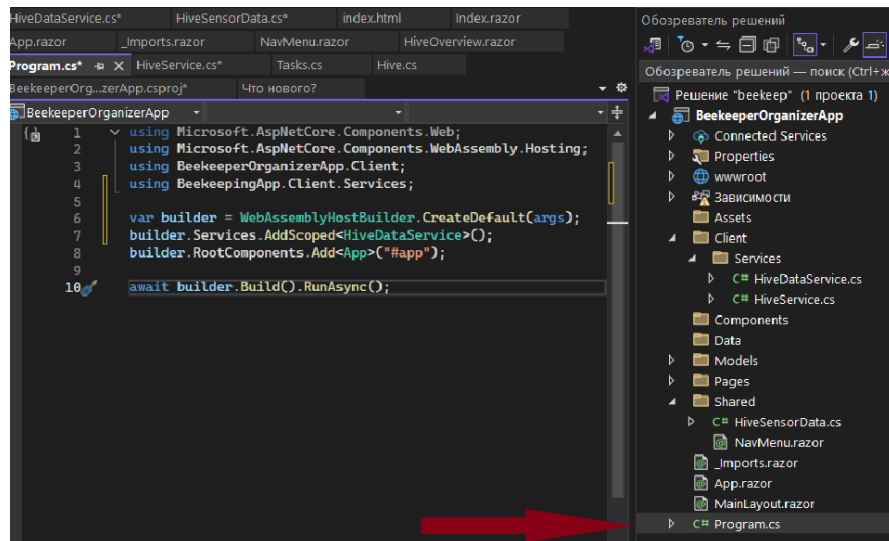


Рис. 3.15 Реєстрація сервісу

```
builder.Services.AddScoped<HiveDataService>();
```

— Створення сторінки для виведення даних:

Додавання сторінки HiveData.razor в папку Pages.

```
@page "/hive-data"
```

```
@inject HiveDataService HiveDataService
```

```
<h3>Дані з вуликів</h3>
```

```
@if (hiveDataList == null)
```

```
{
```

```
<p>Завантаження даних...</p>
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
<table class="table">
```

```
<thead>
```

```
<tr>
```

```
<th>Температура (°C)</th>
```

```
<th>Вологість (%)</th>
```

```
<th>CO2 (ppm)</th>
```

```

        <th>Bara (кг)</th>
        <th>Час</th>
    </tr>
</thead>
<tbody>
    @foreach (var data in hiveDataList)
    {
        <tr>
            <td>@data.Temperature</td>
            <td>@data.Humidity</td>
            <td>@data.CO2Level</td>
            <td>@data.Weight</td>
            <td>@data.Timestamp.ToString("g")</td>
        </tr>
    }
</tbody>
</table>
}

@code {
    private List<HiveSensorData> hiveDataList;

    protected override async Task OnInitializedAsync()
    {
        try
        {
            hiveDataList = await HiveDataService.GetHiveDataAsync();
        }
        catch (Exception ex)
        {
            Console.WriteLine($"Помилка: {ex.Message}");
        }
    }
}

```

- Додавання маршруту в навігаційне меню. Додавання нового пункт у NavMenu.razor(див. рис 3.15):

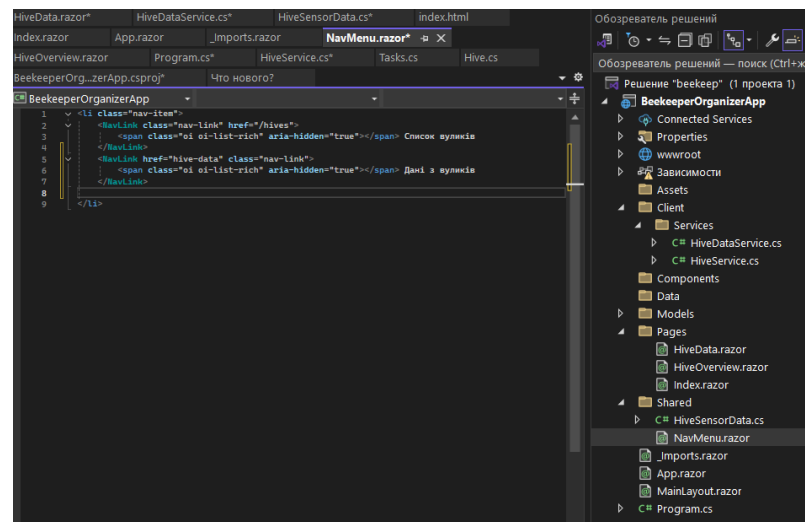


Рис. 3.15 Редагування NavMenu.razor

```

<NavLink href="/hive-data" class="nav-link">
  <span class="oi oi-list-rich" aria-hidden="true"></span> Дані з вуликів
</NavLink>

```


ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи було розроблено модель інтегрованої системи автоматизації процесів на пасіці, яка поєднує сучасні технології моніторингу, аналізу даних та оптимізації праці бджоляра. Основним досягненням стало створення системи, яка дозволяє бджолярам ефективно відстежувати стан вуликів, аналізувати дані для ухвалення рішень та організовувати свою роботу за допомогою зручного щоденника-планувальника. Для досягнення цих цілей було використано сучасні методи об'єктно-орієнтованого програмування (ООП), концепції Інтернету речей (IoT), а також протоколи MQTT, SSL/TLS для безпечного з'єднання.

Розроблено модель IoT-системи моніторингу з використанням датчиків для збору інформації про температуру, вологість, активність бджіл, наявність меду, рівень розплоду та інших параметрів. Ця інформація передається в реальному часі на центральну платформу через MQTT, що дозволяє здійснювати оперативний аналіз і виявляти потенційні проблеми, наприклад, коливання температури чи активність кліща.

Другим ключовим досягненням стало моделювання електронного щоденника-планувальника для бджоляра. Він спрощує організацію роботи, дозволяючи фіксувати події, спостереження та плани дій. Інструмент інтегровано із системою моніторингу, що забезпечує можливість автоматичного додавання критичних показників із датчиків, а також генерування рекомендацій для користувача. Це реалізовано через СППР, яка аналізує зібрані дані, визначає аномалії (наприклад, низький рівень активності бджіл чи нестачу корму) і пропонує оптимальні рішення.

Удосконалено процес аналізу даних завдяки використанню штучного інтелекту (ШІ), зокрема алгоритмів CNN (Convolutional Neural Networks) для виявлення закономірностей і YOLO (You Only Look Once) для розпізнавання критичних станів пасіки. Ці інструменти дозволяють здійснювати не лише моніторинг, але й прогнозування проблем, таких як захворювання бджіл чи погіршення стану вуликів.

Перспективність проєкту забезпечується можливістю інтеграції з іншими платформами, такими як Microsoft Azure IoT Hub, для масштабування системи і покращення продуктивності обробки даних. Також перспективним є впровадження нових технологій, зокрема більш точних сенсорів, розширення функціональності ІІІ для прогнозування майбутніх змін та автоматизації прийняття рішень.

Таким чином, робота не лише забезпечує ефективний інструмент для бджоляра, а й відкриває широкі можливості для подальших досліджень і розвитку систем підтримки ухвалення рішень у бджільництві. Запропонована концепція дозволяє знизити трудовитрати, підвищити продуктивність пасіки та зробити цей вид діяльності більш сталим та екологічно безпечним, що особливо важливо в умовах сучасних викликів для галузі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Microsoft Azure IoT Hub Overview [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал] – Електронні дані – Режим доступу: www.azure.microsoft.com (дата звернення 12.10.2024).
2. AWS IoT Core Features and Benefits [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал] – Електронні дані – Режим доступу: www.aws.amazon.com (дата звернення 09.10.2024).
3. Google Cloud IoT Platform Documentation [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал] – Електронні дані – Режим доступу: www.cloud.google.com (дата звернення 15.10.2024).
4. Integrating IoT Solutions in Beekeeping: Sensor Monitoring for Hives / For authorship: John Doe, Jane Smith / [Режим доступу: www.researchgate.net] (дата звернення 09.12.2024).
5. Blazor Framework for IoT Dashboards [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал] – Електронні дані – Режим доступу: learn.microsoft.com (дата звернення 15.11.2024).
6. Applications of MQTT Protocol in Remote Monitoring Systems [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал] – Електронні дані – Режим доступу: www.eclipse.org/paho (дата звернення 11.08.2024).
7. C# Development for Embedded Systems / For authorship: Alex Johnson, Emily Davis / [Режим доступу: www.sciencedirect.com] (дата звернення 15.06.2024).
8. Advantages of ESP32 in IoT Projects: A Case Study [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал] – Електронні дані – Режим доступу: www.espressif.com (дата звернення 15.06.2024).
9. Environmental Monitoring Using Arduino Microcontrollers [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал] – Електронні дані – Режим доступу: www.arduino.cc (дата звернення 10.09.2024).
10. AI-Based Decision Support Systems for Beekeeping Optimization / For authorship: Sarah Lee, Michael Brown / [Режим доступу: www.springer.com] (дата звернення 15.06.2024).

11. Бджільництво / А. Бабич, О. Г. Мегедь. – К. : Урожай, 2015. – 320 с.
12. Кормова база для бджіл / Г. Приймак. – К. : Урожай, 2012. – 240 с.
13. Кормова база для бджіл / Г. Приймак. – К. : Альтерпрес, 2011. – 184 с.
14. Великий сучасний довідник бджоляра / Донецьк : ТОВ ВКФ Бао, 2012. – 528с.
15. Іванов І.І. Бджільництво: теорія та практика. – К.: Наукова думка, 2020. – 312 с.
16. Олексієнко В.А. Інтернет речей: основи та застосування в агропромисловості / В.А. Олексієнко. – Львів: Академперіодика, 2019. – 258 с.
17. Zhao, X., Li, Y., & Zhang, X. (2020). A Study on IoT-based Smart Beekeeping System. Journal of Agricultural Engineering Research, 76(4), 112-125.
18. Hossain, M. A., & Islam, S. (2018). Smart Beekeeping with IoT Technology. Proceedings of the 2018 International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems, 85-92.
19. "Hive Tracks: Bee Keeping Management System." Hive Tracks, 2023. <https://www.hivetacks.com>
20. Raj, S., & Kumar, V. (2019). Application of Machine Learning in Beekeeping. International Journal of Smart Agriculture, 2(3), 85-93.
21. Arduino. (2022). "Arduino Uno." Retrieved from <https://www.arduino.cc>
22. ESP32. (2021). "ESP32 Development Board." Retrieved from <https://www.espressif.com>
23. MQTT.org. (2023). "MQTT Protocol Overview." Retrieved from <https://mqtt.org>
24. Wiersma, L., & Lee, J. (2017). Internet of Things in Beekeeping: Sensors, Automation and Analysis. Sensors and Actuators A: Physical, 268, 212-220.
25. Berman, K., & Smith, A. (2018). Artificial Intelligence in Beekeeping: A Case Study of Automation and Monitoring. Bee Research Journal, 50(3), 140-150.
26. Хмарні технології для аграріїв: перспективи впровадження / Іванова О.І., Павленко Ю.М. // Агробізнес України, 2020. – Т. 2. – С. 120-128.
27. Chien, Y., & Ho, P. (2021). Use of Cloud Platforms in Agriculture: A Case of Beekeeping. International Journal of Agricultural Technology, 28(2), 199-208.

28. Матвієнко, О.І., Петрова, Т.В. Інтеграція мікроконтролерів в автоматизацію агропроцесів / О.І. Матвієнко, Т.В. Петрова. – К.: Вища школа, 2019. – 144 с.
29. MQTT.org. (2023). "MQTT Protocol Overview." Retrieved from <https://mqtt.org>
30. Wiersma, L., & Lee, J. (2017). Internet of Things in Beekeeping: Sensors, Automation and Analysis. Sensors and Actuators A: Physical, 268, 212-220.

МОДЕЛЬ ОРГАНАЙЗЕРА ДЛЯ БДЖОЛЯРІВ НА ОСНОВІ C# ТА BLAZOR

Виконав:

Студент групи САДМ-61

Сміхун Олег

Керівник:

Кузьміч Михайло Юрійович

Доктор філософії (PhD), доцент кафедри інформаційних систем та технологій



Вступ

Ця презентація присвячена розробці системи підтримки прийняття рішень для моніторингу пасіки.

Система призначена для покращення ефективності бджільництва та забезпечення оптимальних умов для бджіл.



Виклики бджільництва



Сучасні виклики

Бджолярі стикаються з викликами, такими як моніторинг стану бджолиних сімей, аналіз даних та прийняття рішень.

Зростання ризиків

Зростання ризиків, пов'язаних із захворюваннями, зміною клімату та паразитами, вимагає нових підходів до управління пасіками.



Актуальність дослідження

Актуальність дослідження обумовлена низькою ефективністю традиційного бджільництва через відсутність автоматизації, що призводить до високих втрат внаслідок недостатнього моніторингу. Крім того, існують екологічні проблеми, які впливають на продуктивність бджільництва.

Мета та завдання роботи



Розробка моделі аналітики даних для оцінки стану бджолиних сімей.



Інтеграція методологій СППР для підтримки прийняття управлінських рішень.



Розробка моделі веб-додатку для візуалізації даних та надання рекомендацій пасічникам.

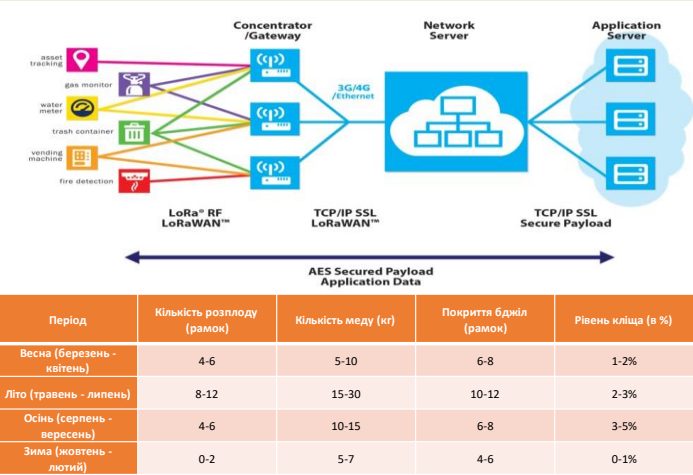


Впровадження машинного навчання для прогнозування ризиків та оптимізації процесів управління пасікою.



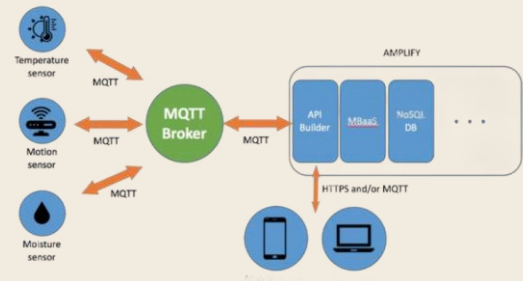
Методологія дослідження

Дослідження аналізує дані з бджолиних вуликів: температуру, вологість, вагу та активність бджіл. Червоні маркери позначають критичні відхилення: екстремальні температури, надмірну вологість (ризик грибкових захворювань), різке зниження ваги (проблеми з медозбором чи хворобою) та зниження активності (ознака хвороби чи голодування). Інтерпретація цих даних допомагає пасічникам своєчасно реагувати, запобігати втратам, забезпечувати оптимальні умови та прогнозувати продуктивність бджіл.



Розробка моделі системи

Розроблено модель інтегрованої системи моніторингу пасіки, яка включає модулі збору, обробки та аналізу даних. Інформація з сенсорів збирається мікроконтролерами, передається в реальному часі через протокол MQTT та візуалізується у веб-додатку на Blazor. Система використовує кольорові маркери для швидкої ідентифікації критичних ситуацій. Аналіз даних вдосконалено алгоритмами машинного навчання, що підвищують точність прогнозів і рекомендацій.



Технології та інструменти

ESP32

Мікроконтролери ESP32 збирають дані з сенсорів та передають їх через MQTT - протокол.

Blazor

Веб-додаток буде розроблено з використанням C# та фреймворку Blazor, що дозволяє створювати інтерактивні інтерфейси.

Машинне навчання

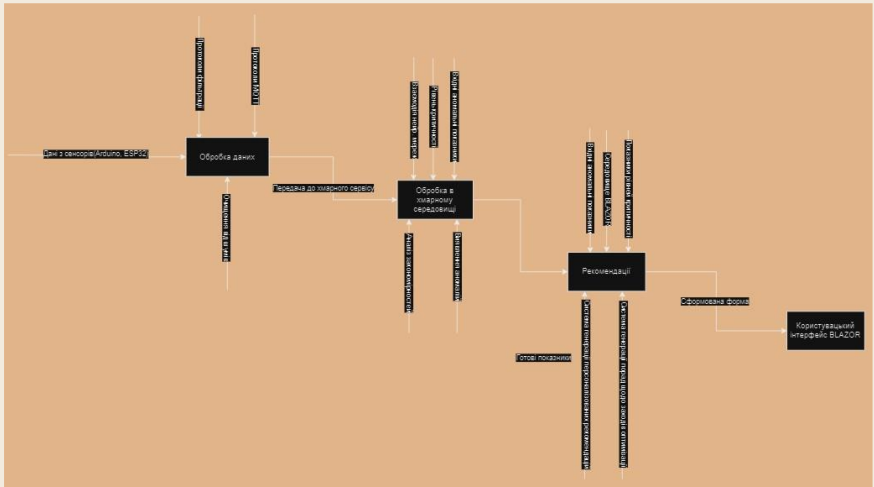
Буде Інтегровано системи машинного навчання для аналізу даних та прогнозування ризиків.

ООП

Впроваджено методи об'єктно-орієнтованого програмування для побудови гнучкої та масштабованої архітектури.



Представлення алгоритму роботи моделі системи у вигляді діаграми IDEF0



Робота потребувала
детального представлення
у вигляді алгоритму, а для
найкращого наочного
сприйняття підходить
саме діаграма IDEF0, яка
поєднує в собі
наповненість та
лаконічність.



Результати



Покращене управління
пасікою

Ефективність
управління підвищилась
завдяки своєчасній
ідентифікації проблем.



Зменшення ризиків
втрат

Система моніторингу
забезпечила своєчасне
реагування на загрози
для бджолиних сімей.



Підвищення
продуктивності

Оптимізоване
управління призвело до
значного збільшення
медозбору.



Стабільність пасіки

Система моніторингу
забезпечує стабільність
роботи пасіки протягом
року.

Період	Червоні маркери	Опис проблем
Весна	Недостача розплоду	Погана робота матки або хвороби розплоду
	Низьке покриття бджіл	Слабка сім'я після зимівлі
	Підвищений рівень кліща (понад 2%)	Варроатоз, потреба в обробці проти кліща
	Європейський або американський гнилець	Зараження розплоду бактеріальними інфекціями
Літо	Недостача меду	Слабкий взяток, неправильна організація робіт
	Надлишок розплоду з малою кількістю меду	Перевантаження сім'ї, загроза роїння
	Підвищений рівень кліща (понад 3%)	Зростання ризику варроатозу, потреба в терміновій обробці
	Нозематоз	Захворювання кишкового тракту, зниження продуктивності бджіл

Висновок

Кваліфікаційна робота продемонструвала ефективність розробленої моделі системи моніторингу для бджільництва. Результати дослідження показали значне покращення продуктивності та стабільності пасіки, зменшення ризиків втрат бджолиних сімей. Перспективи подальшого розвитку системи включають розширення функціоналу, інтеграцію з іншими системами та адаптацію для різних кліматичних умов.

Отримані результати можуть бути використані для оптимізації управління пасіками, підвищення їхньої економічної ефективності та збереження бджільницьких популяцій. Подальші дослідження можуть зосередитися на вдосконаленні алгоритмів прогнозування та розробці мобільного додатку для зручнішого доступу до інформації.

Дякую за увагу!

Висловлюю щиру подяку шановній комісії за увагу та час, присвячений моєму дослідженню.