

УДК 004.9

**СИСТЕМА КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ МІНІ-ТЕПЛИЦІ
ДЛЯ ЦИТРУСОВИХ З AI TA ARDUINO**

Поплавська М.О. – гр. БКІ-21, бакалавр, poplavskamaryna30@gmail.com

Біла Т.Я. – к.т.н, доц., bila.ty@knytd.com.ua

Київський національний університет технологій та дизайну

У зв'язку з глобальними викликами в аграрній галузі, включаючи урбанізацію, зменшення площ сільськогосподарських земель і зміни клімату, значно зростає попит на компактні, енергоефективні та розумні рішення для вирощування культур у міських умовах. Системи вертикального землеробства (vertical farming), згідно з останніми дослідженнями [FAO, 2023], демонструють високу ефективність при правильному регулюванні параметрів мікроклімату. Водночас цитрусові культури (лимон, мандарин, кумкват) є вразливими до коливань температури, вологості, рівня CO₂ та освітлення, що потребує постійного точного контролю.

Метою даної роботи є створення автоматизованої системи моніторингу та регулювання параметрів мікроклімату в вертикальній міні-теплиці, з використанням платформи Arduino Uno та елементів машинного навчання. Основний акцент зроблено на доступності рішення, точності сенсорики, адаптивному керуванні та можливості масштабування.

Структура та функціональні елементи системи.

1) Апаратна частина. Система реалізована на основі Arduino Uno R3, до якої підключено наступні сенсори: DHT22 та SHT31 — для вимірювання температури й вологості (з точністю до $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ та $\pm 2\% \text{ RH}$); BH1750 — для вимірювання рівня освітленості (в межах 1–65535 люкс); MH-Z19 — інфрачервоний сенсор вмісту CO₂ (400–5000 ppm). Передача даних відбувається за допомогою ESP8266 (NodeMCU), що забезпечує Wi-Fi-з'єднання та інтеграцію з мобільним додатком або хмарною платформою.

2) Аналітичний модуль. Зібрані дані обробляються за допомогою вбудованих алгоритмів на базі лінійної регресії, що дозволяє адаптивно регулювати систему з урахуванням історичних трендів. Такий підхід дозволяє досягти стабілізації температури в межах 22–28°C; підтримки вологості на рівні 60–80%; автоматичного регулювання освітлення до 10 000–15 000 люкс. У перспективі розглядається використання нейронних мереж на базі TinyML, що дозволяє запускати моделі машинного навчання безпосередньо на мікроконтролері з обмеженими ресурсами.

3) Інтерфейс користувача. Система підтримує візуалізацію даних на OLED-дисплеї (128×64), а також віддалене керування через мобільний додаток

Платформа: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ. ТЕХНОЛОГІЇ INTERNET OF THINGS TA SMART-СИСТЕМИ

(локальний сервер через Blynk або MQTT протокол). Реалізовано автоматичне регулювання: з похибкою $\pm 1^{\circ}\text{C}$ для температури; $\pm 5\%$ RH для вологості; ± 100 люкс для освітлення.

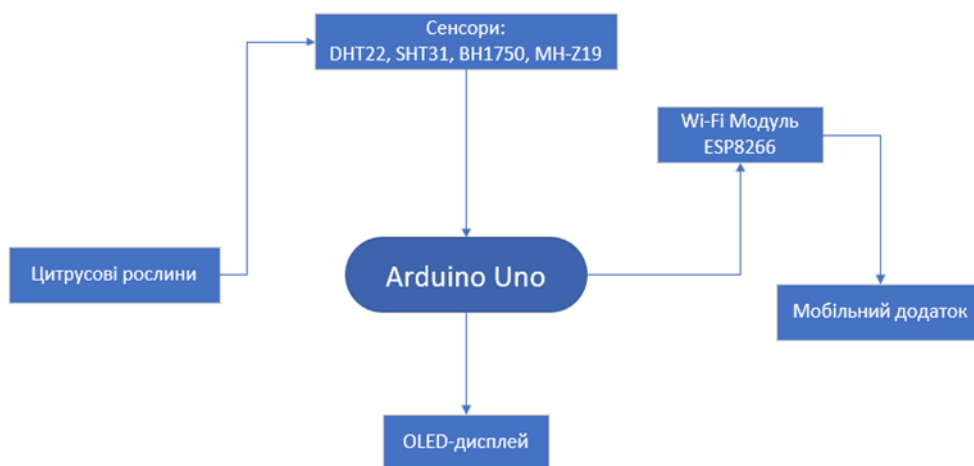


Рисунок – Схема процесу взаємодії компонентів

Результати дослідження. Прототип системи був протестований у реальних умовах вертикальної міні-теплиці в домашньому середовищі. За результатами тестування забезпечено стабільність параметрів мікроклімату протягом 14 днів, виявлено зниження витрат електроенергії порівняно з ручними системами на 30%, зростання швидкості вегетації рослин - у середньому на 15...18% (порівняно з контролем). Поточна версія системи споживає до 18 Вт/год, що робить її енергоефективною для побутового використання.

Висновок. Розроблена система показала високу ефективність у вирощуванні чутливих культур у вертикальній структурі. Її модульність, доступність і адаптивна логіка керування дозволяють інтегрувати її в більші аграрні системи або використовувати для освітніх проєктів. Плани подальшого розвитку включають додавання системи автоматичного поливу з контролем рН ґрунту та ЕС, використання хмарних платформ (Google Firebase, Thingspeak) для зберігання та аналізу великих даних, створення відкритого API для інтеграції з іншими IoT-рішеннями та мобільними платформами.

Л і т е р а т у р а

1. Subedi J.R. Design and Implementation of IoT-Based Smart Greenhouse Monitoring System//Journal of Agricultural Informatics. – 2021.- Vol.12, No.3. - P.45–56.
- 2.Wang L. Artificial Intelligence for Smart Agriculture and Greenhouse Automation / L. Wang, Y. Zhang // Computers and Electronics in Agriculture. – 2022. – Vol. 201. – P. 107–119.