



ГЛАВА 5. ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОСНОВЕ ИОТ

*ПОБУДОВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА НА ОСНОВІ ІОТ*

BUILDING INTELLIGENT AGRICULTURAL MONITORING SYSTEMS BASED ON IOT

DOI: 10.30888/2663-5569.2020-03-03-038

Вступ.

Інтелектуальна система моніторингу сільського господарства або просто інтелектуальне сільське господарство є новою технологічною концепцією, в якій дані з декількох сільськогосподарських областей, від дрібного до великого масштабу і його оточення, збираються з використанням інтелектуальних електронних датчиків. Зібрані дані аналізуються експертами, щоб робити короткострокові і довгострокові висновки про погодні умови, родючість ґрунтів, поточну якість сільськогосподарських культур, кількість води, яку буде потрібно на наступний тиждень або місяць та інше. Також можливо зробити розумне фермерство ще на крок досконаліше, автоматизувавши кілька його частин, наприклад, розумне зрошення і управління водними ресурсами. Ми можемо застосувати прогнозні алгоритми для мікроконтролерів або SoC, щоб розрахувати кількість води, яке потрібно для конкретної галузі сільського господарства. В свою чергу Інтернет речей (IoT) необхідний для того, щоб зменшити рівень ручної праці при зборі важливих сільськогосподарських даних. Якщо мова йде про ручні операції, то виникають ситуації коли необхідно направити значну кількість працівників на різні сільськогосподарські ділянки, щоб збирати дані кожен день, і не буде ніякої гарантії в цілісності цих даних, оскільки, можна маніпулювати даними, що може підштовхнути експертні висновки в неправильному напрямку. Використовуючи IoT, стає можливим безпосередньо відправляти зібрані дані на центральний сервер в режимі реального часу. При цьому цілісність даних гарантована, а оскільки обробка даних здійснюється з використанням комп'ютерів, експерти можуть отримати передові аналітичні програмні інструменти для розробки найбільш точних прогнозів.



Збір даних з одного сільськогосподарського господарства може викликати певні організаційні складності, а для уряду, який стурбований сільськогосподарським виробництвом всієї країни, дані з однієї точки не дуже корисні, в ідеалі необхідно збирати дані з кожного можливого сільськогосподарської підприємства. При цьому можуть накопичуватися терабайти корисних і не дуже корисних даних в день. Використовуючи аналітику великих даних (Big Data Analytics), уряд може вилучати корисні дані і відкидати або архівувати небажані дані. Використовуючи ці дані, уряд може приймати науково обґрунтовані рішення і визначати сільськогосподарську політику країни [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14].

5.1. Проблеми розробки систем інтелектуального фермерства з підтримкою IoT

Завдяки швидкому розвитку Інтернету речей тепер можна обробляти велику кількість потоків даних датчиків з використанням різних великомасштабних платформ IoT. Ці платформи IoT використовуються для збору, обробки та аналізу потоків даних у режимі реального часу та забезпечення виробки інтелектуальних рішень [15], призначених для підтримки прийняття рішень. Існуючі рішення, які засновані на IoT, в основному, залежать від домену, забезпечуючи обробку потоків та аналітику, орієнтовану на конкретні галузі. У контексті агропродовольчої галузі різноманітні зовнішні параметри, що належать до різних областей (наприклад, погода) мають великий вплив на ланцюги поставок продовольства, тоді як існуючі та адаптивні рамки ІОТ, які важливі для справжнього втілення концепції розумного землеробства, наразі відсутні. Сучасні IoT можуть інтегрувати декілька потоків даних між доменами, забезпечуючи повний семантичний конвеєр обробки, пропонуючи загальний кадр для розумних сільськогосподарських додатків. Також вони підтримують масштабну аналітику даних та виявлення подій, забезпечуючи безперебійну сумісність між датчиками, службами, процесами, операціями,



господарствами та іншими суб'єктами, включаючи Інтернет-інформаційні джерела та пов'язані з ними відкриті набори даних та потоки з Інтернет.

Розробка високоточних вбудованих датчиків, що вимірюють екологічні показники у господарствах, призвела до створення точного землеробства, для поліпшення продуктивності та підвищення врожайності та ефективності, зменшення екологічного сліду за допомогою таких методів, як ефективне зрошення, цілеспрямоване використання добрив та пестицидів для сільськогосподарських культур, а також антибіотиків для тварин. Точне землеробство дає уявлення про інтелектуальне господарство, в плані того, що стосується збору, обробки та аналізу даних в режимі реального часу, а також технологій автоматизації господарств, що дозволяє покращити загальні операції та управління господарствами. Сільське господарство є дуже непередбачуваним, через велику залежність від погодних та екологічних умов (наприклад, дощу, температури, вологості), непередбачуваних подій (наприклад, хвороби тварин, шкідники), а також нестабільності цін на ринках сільськогосподарської продукції. Це передбачає необхідність впровадження широкомасштабних систем, пов'язаних із сільським господарством, які використовують сенсорні автоматизовані технології та аналітику даних, щоб допомогти господарствам бути швидше поінформованими про умови та ризики, та вжити належних заходів протидії та захисту свого виробництва. Інтернет речей - це ідеальний варіант для побудови інтелектуальних систем моніторингу завдяки високій сумісності, масштабуванню, широко розповсюдженості та відкритості. Реалізуючи цей величезний потенціал технологій IoT для розумного землеробства, IoT набирає обертів у сільськогосподарському секторі. Середовища на основі IoT - це крок уперед для розумного землеробства, вони також мають великий потенціал в традиційних техніках землеробства. Цього можна досягти завдяки системам IoT, орієнтованим на інтелектуальне землеробство, оскільки такі платформи успішно застосовуються в інших, таких як розумні міста, охорона здоров'я та інші, забезпечуючи безперебійний зв'язок та сумісність за допомогою відкритих стандартів



(наприклад, MQTT, XMPP, ZigBee, CoAP, ISOBUS, SigFox, REST). Платформи IoT надають ряд переваг, наприклад зниження ризику прив'язки до певних постачальників, впровадження обладнання, систем моніторингу і автоматизації [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15] від різних компаній, оскільки вони можуть легко взаємодіяти з інтелектуальною системою господарства, спростити обмін даними між різними, неоднорідними компонентами з меншими зусиллями, використовуючи стандарти Інтернету та ін.

Існує нагальна проблема розробки та впровадження сучасної онлайн-платформи для прийняття аналітичних рішень на основі IoT, яка дозволяє виконувати широкомасштабну обробку даних, аналіз та автоматичне обґрунтування рішень на основі поточних даних у реальному режимі часу, які надходять з таких джерел, як сенсорні системи, камери спостереження, гіперспектральні зображення від безпілотників, послуги онлайн-прогнозування погоди, потоки повідомлень із соціальних медіа для швидкої ідентифікації подій (наприклад, пожежі, землетруси, повені), а також інформація і попередження від урядових організацій [10]. Така платформа повинна мати в своєму складі наступні компоненти: 1) диспетчер пристроїв - автоматично керує пристроями IoT, усуваючи потребу в операторах, надає необхідні інструменти для процесів автономного управління для виконання рішень на більш пізньому етапі; 2) програмна оболонка даних – необхідна для організації загального опису характеристик датчиків за допомогою сенсорних метаданих, що містять загальну інформацію про весь потік даних; 3) модуль пошуку та визначення пристроїв - забезпечує масштабовану реєстрацію та виявлення пристроїв та служб IoT в режимі реального часу, а також їх підключення та відтворення; 4) агрегатор даних - обробляє великі обсяги даних, використовуючи аналіз часових рядів та методи стиснення даних, щоб зменшити розмір необґрунтованих сенсорних спостережень; 5) модуль обробки запитів - відповідає на запити користувачів, наприклад допомагає визначити кількість добрив, необхідних для внесення на якусь площу. Цей модуль знаходить необхідні потоки даних відповідно до вимог, зазначених у запиті; 6)



модуль пошуку подій - надає інструменти для обробки анованих та агрегованих потоків даних для отримання подій в господарствах, таких як потреба в зрошенні, хвороби тварин або ідентифікація шкідників у посівах; 7) модуль підтримки прийняття рішень – призначений для адаптивного обґрунтування в реальному режимі часу, він забезпечує аналіз динамічної контекстуальної інформації про господарство, щоб забезпечити оптимальну підтримку прийняття рішень у режимі реального часу; 8) зовнішній інтелектуальний агент – призначений для визначення сумісності і неоднорідності пристроїв, обробки даних та адаптації протоколів, а також для віртуалізації об'єктів, служб, методів і процесів, враховуючи авторизацію користувача; 9) модуль моніторингу - забезпечує швидкий та інтуїтивний візуальний доступ до результатів обробки і аналізу даних та подій; 10) мобільні додатки - побудовані поверх інших компонентів, подібних до модуля моніторингу і використовують їх API, щоб пропонувати різні послуги своїм мобільним користувачам для отримання інформації в режимі реального часу для прийняття рішень; 11) база даних – використовується для зберігання і видачі сервісних метаданих в процесі виявлення датчиків і потоків даних.

5.2. Архітектура інтелектуальної системи моніторингу на основі IoT

Система інтелектуального моніторингу сільського господарства загалом складається із елементів зондування сільськогосподарських параметрів, ідентифікації місця зондування та збору даних, маршрутизації даних із полів, які передаються на станцію управління для прийняття рішень, прийняття рішень на основі отриманих даних та візуалізації результатів. Архітектурний дизайн такої моделі реалізується на основі комунікаційної системи із семи рівнів абстракції [11], однак, завдяки використанню технологій IoT основні сільськогосподарські рівні можуть бути визначені наступним чином: 1) рівень сенсорів включає в себе всі види датчиків культур і об'єктів для збору та моніторингу даних. Датчики можуть розташовуватися під землею (в ґрунті), на посівах або на БПЛА. Підземні датчики виготовляються водостійкими і



зазвичай необхідні для вимірювань вологи, рН та ґрунтохімічних показників. Датчики БПЛА вимірюють такі параметри навколишнього середовища, як вологість, температура, швидкість вітру, сонячне випромінювання. Однак найпопулярнішими видами датчиків, які розміщуються на БПЛА, є теплові камери. Безпілотники, які використовують теплові камери для візуалізації, мають багато корисних застосувань, виявляючи тепло, що надходить майже від усіх предметів і матеріалів, перетворюючи їх на зображення та відео; 2) каналний рівень включає всі доступні технології мережевої взаємодії та маршрутизації між датчиками для обміну інформацією. Для розгортання ефективного управління рослинництвом платформа IoT використовує бездротові сенсорні мережі (WSN). Використання WSN в системах розумного землеробства забезпечує негайний моніторинг та оптимізацію якості урожаю, пропонуючи при цьому можливість потенційного нагляду на великих площах з високою щільністю відбору проб. Постійний моніторинг великої кількості параметрів навколишнього середовища, розподілений сенсорними вузлами вздовж поля, допомагає виробнику контролювати та підтримувати оптимальні умови для досягнення максимальної продуктивності із значною економією енергії; 3) рівень інкапсуляції зосереджується на встановленні підключення смарт-датчиків до Інтернету. Цей рівень складається з методів інкапсуляції мережі IoT та протоколів маршрутизації для перетворення звичайного трафіку WSN в корисну інформацію. Іншими словами, технології цього рівня дозволяють інкапсулювати сенсорні дані із оброблених полів в пакети маршрутизації і пересилати їх на сервер; 4) проміжний рівень програмного забезпечення використовує різні транспортні протоколи рівня додатків для того, щоб пересилати дані, сформовані з пристроїв датчиків IoT. Він також забезпечує інтерфейси, які забезпечують комунікацію пристроїв для цілей управління. Цей рівень забезпечує сумісність завдяки існуванню різноманітних стандартів, які затверджуються різними організаціями; 5) рівень конфігурації відповідає за збір необроблених даних, що надходять з пристроїв або інших зовнішніх служб, підбирає, гармонізує та агрегує їх, щоб вони могли бути



опубліковані як контекстна інформація або поставлені до алгоритмів обробки даних чи аналітики. Крім того, цей рівень також здатний збирати дані з інших джерел даних, таких як сільськогосподарська техніка або державні геосервіси; 6) рівень управління включає обробку та аналіз зібраних даних. На цьому рівні використовуються найбільш ефективні методи управління даними та методи збору даних для отримання точних прогнозів та підтримки таких операцій, як оптимізоване застосування пестицидів, виявлення хвороб, ефективне управління зрошенням. Аналіз даних є найважливішим компонентом сільськогосподарських систем IoT, який забезпечує ефективне використання пестицидів та захист від захворювань; 7) прикладний рівень включає в себе всі підходящі інтерфейси прикладних модулів для реалізації контролю добрив та зрошення, виявлення хвороб тварин, попередження щодо процесу вирощування а також візуалізації статистичних даних. Цей рівень дозволяє фахівцям контролювати та керувати своїми полями у зручній для користувачів формі. Такі методи візуалізації даних, як графіки, теплові карти, ортомозаїки та тривимірні моделі, дозволяють легко та інтуїтивно представити знання, отримані в процесі моніторингу полів.

Для підтримки ефективності системи інтелектуального моніторингу землеробства дуже важливо тримати під контролем споживання енергії. Через обмежений ресурс акумулятора та обмежені ресурси сенсорних вузлів, енергозберігаючі методи повинні обов'язково застосовуватися на сенсорному і каналному рівнях. Методи енергозбереження [9] стосуються активного та неактивного часу роботи у кожному вузлі датчиків, плануванні передачі інформації та процесу маршрутизації пакетів даних. Крім цього, механізми безпеки є життєво важливими для збереження конфіденційності зібраних даних та загальної безпеки обміну особистою інформацією в господарстві.

Висновки.

Впровадження та підтримка системи моніторингу в точному сільському господарстві стикається з кількома проблемами. Найбільша проблема на рівні



датчиків полягає в тому, щоб вузли сенсорів тривалий час могли забезпечити ефективну та безперервну роботу в тяжких кліматичних умовах, враховуючи зміни клімату та вплив дикої природи. Час роботи акумуляторів сенсорних вузлів поки що недостатній, і необхідно, крім інших запобіжних заходів, розробляти та впроваджувати енергозберігаючі протоколи з максимально високою продуктивністю. Крім того, в залежності від типу сільськогосподарських робіт та технологій впровадження можуть виникати проблеми при використанні датчиків та контролерів різних виробників, що робить більш важким взаємозв'язок з іншими сільськогосподарськими структурами. В системах точного моніторингу сільського господарства протоколи маршрутизації повинні забезпечувати мінімальну затримку, мати можливість надавати ефективні послуги у багатьох сенсорних вузлах, враховуючи при цьому обмежені ресурси системи IoT. Вони також повинні бути здатні працювати в тяжких умовах навколишнього середовища, забезпечуючи при цьому інформаційну безпеку та конфіденційність. Більшість протоколів маршрутизації використовують техніку локалізації для отримання даних щодо їх місцезнаходження. Однак у багатьох випадках збій такої розгалуженої системи моніторингу може бути наслідком географічної чи соціально-економічної відстані між розробниками системи і спільнотою користувачів. Вартість є важливим обмежуючим фактором у впровадженні таких систем, а самі витрати значною мірою залежать від якості матеріалів та топології мережі. Сучасні технології IoT для сільського господарства вже зараз дають можливість господарствам збирати та аналізувати значні обсяги корисних даних, а постійне зростання попиту на сільськогосподарську продукцію змушує господарства задовольняти попит шляхом широкого впровадження сільськогосподарських IoT-рішень.