

КІБЕРНЕТИКА та КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Розглянуто "Інформаційну технологію експрес-оцінки стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів". Описано кластер бездротової сенсорної мережі (БСМ), робота якого базується на цій технології. Викладено основні складові кластера та принцип його роботи. Кластер БСМ призначений для використання в аграрній сфері. Саме тому опрацьовано та проаналізовано промислову технологію вирощування кукурудзи та адаптовано її до інформаційної технології для вимірювання ІФХ кластером. За основними пунктами технологічного процесу вирощування кукурудзи, розроблено схему вимірювань ІФХ рослини кластером БСМ. Розроблено коротку поетапну методику для використання кластера БСМ для вимірів ІФХ кукурудзи. Представлено аналіз енергоспоживання БСМ та запропоновано способи підвищення його енергоефективності.

Ключові слова: *сенсори, бездротові сенсорні мережі, експрес-діагностика стану рослин, цифрове землеробство.*

© Г.В. Антонова, А.В. Кедич, 2022

УДК 578.01+681.7.08

DOI:10.34229/2707-451X.22.1.7

Г.В. АНТОНОВА, А.В. КЕДИЧ

ВИКОРИСТАННЯ КЛАСТЕРА БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ У ЦИФРОВОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Вступ. Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), стійких каналів зв'язку, хмарних технологій та цифрових платформ забезпечили появу відкритих інформаційних систем і глобальних промислових мереж, що виходять за межі окремого підприємства та взаємодіють між собою. Такі системи і мережі впливають на всі сектори сучасної економіки та бізнесу за межами самого сектора ІКТ і переводять промислову автоматизацію на нову сходинку індустріалізації – Індустрія 4.0, оновлену концепцію "розумного виробництва", що є наступним етапом цифровізації виробництв та промисловості технологія цифрового землеробства (ЦЗ) це одна із складових цієї концепції. Цифрове сільське господарство є продовженням технологій точного землеробства, які в свою чергу зробили прорив у аграрній галузі. Інформаційні технології грають ключову роль у ЦЗ та сьогодні розвиваються швидкими темпами.

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (Food and Agriculture Organization (FAO)), до 2050 року населення світу перевищить 9 мільярдів. Щоб виробляти достатньо їжі для даного населення, обсяги сільськогосподарського виробництва мають збільшитися на 50 %. Оскільки ресурси для сільськогосподарської діяльності обмежені (більшість земель, придатних для ведення сільського господарства, вже використовуються), основний спосіб збільшити обсяги – підвищення ефективності виробництва. «Розумне» сільське господарство може допомогти подолати цю проблему.

Поширення технологій «розумного» сільського господарства зростає в усьому світі. В 2020 році частка ринку IoT (Інтернету Речей) в сільському господарстві досягла 5,6 мільярдів доларів.

Використовуючи розумні технології для сільського господарства, аграрії отримують кращий контроль над процесом вирощування сільськогосподарських культур, зробивши його більш передбачуваним, підвищивши його ефективність та якість.

Мета – розробити коротку методику по вимірюванню промислової кукурудзи на зерно кластером бездротової сенсорної мережі на базі нової інформаційної технології «Інформаційної технології експрес-оцінювання стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів» [1], розробити схему вимірювань ІФХ промислових сортів кукурудзи у польових умовах за вегетативний період за допомогою кластеру БСМ.

«Інформаційна технологія експрес-оцінювання стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів» Однією з основних задач у сучасному промисловому землеробстві є експресне оцінювання стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів. Це дає змогу своєчасно вжити необхідні агротехнічні заходи для збереження майбутнього врожаю.

На сьогодні для групової діагностики рослин в умовах дії різноманітних стресових факторів застосовують чисельні лабораторні технології, методи і засоби яких мають різну чутливість, достовірність, продуктивність, трудомісткість і тривалість, а також потребують забезпеченості інструментальними засобами, реактивами, кваліфікованим персоналом. До стресових факторів, що впливають на стан рослин відносяться мороз, посуха, спека, засолення і підвищена кислотність ґрунту, внесення добрив, біодобавок, пестицидів і гербіцидів, викиди шкідливих елементів в атмосферу.

Розроблена нова інформаційна технологія на базі універсального експресного методу оцінювання стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів є важливою задачею промислового сільськогосподарського виробництва [1]. Таким універсальним методом оцінювання стану живої рослини є метод індукції флуоресценції хлорофілу.

Суть методу полягає у наступному. Листя живої рослини, поглинаючи кванти світла, накопичує енергію світла у реакційних центрах фотосинтезу, а надлишкову частину цієї енергії випромінює у вигляді флуоресценції. Процеси накопичення енергії у листках живої рослини і її випромінювання у вигляді флуоресценції є конкурентними. За інтенсивністю флуоресценції та її змінами оцінюють стан рослини. Таким чином, шляхом реєстрації і подальшої комп'ютерної обробки індукції флуоресценції хлорофілу у живій рослині можна оперативним чином визначити її стан. Це дає змогу використовувати метод індукції флуоресценції хлорофілу як універсальний для оцінювання стану рослини в умовах дії стресових факторів різної природи.

В Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України розроблена нова інформаційна технологія для оцінки стану рослин на великих територіях сільськогосподарських угідь, яка включає: бездротові сенсори; бездротові сенсорні мережі на основі сенсорів з радіоканалом для одночасного збору даних про стан рослин на великих територіях; математичний апарат нейронних мереж для обробки цих даних, придатний для використання у хмарному середовищі або мобільних обчислювальних платформах [1].

Впровадження у промислове цифрове сільське господарство нової інформаційної технології дозволить у реальному часі визначити стан рослин, які потерпають від дії того чи іншого стресового фактору і виробити відповідне управлінське рішення для компенсації дії визначеного фактору.

Технології цифрового землеробства. В основу концепції цифрового землеробства покладено поняття про існування неоднорідностей у межах одного поля. Для оцінки та визначення цих неоднорідностей використовуються новітні цифрові технології, такі як системи глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС), спеціальні датчики, аерофотознімки і знімки зі супутників. Для аналізу та обробки отриманої інформації використовуються спеціальні програми для агроменеджменту на базі геоінформаційних систем. Зібрані дані використовуються для планування висіву, розрахунку норм внесення добрив та засобів захисту рослин, більш точного передбачення врожайності та фінансового планування. Дана концепція вимагає обов'язково брати до уваги локальні особливості ґрунту (інформація про кількісну та якісну оцінку родючого шару), кліматичні умови. В роботі [2] ретельно проаналізовано технологію точного землеробства та її основні підсистеми, розкрито роль Інтернету речей у промисловості та його впровадження в аграрний сектор.

Основні компоненти системи точного землеробства: система збору просторової інформації; система просторового контролю виконання операцій: GPS (прилади супутникової навігації) і датчики; сенсори для аграрно-промислового комплексу.

У роботі [3] надано інформацію про цифровізацію реального сектору економіки – сільського господарства, виконано огляд українських виробників ІТ-продукції для аграрного сектору, показано роль бездротових технологій у цифровізації промисловості.

Кластер бездротової сенсорної мережі. Робота кластеру базується на Інформаційній технології експрес-оцінювання стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів. До складу кластера входять 100 сенсорів та 1 координатор. Запропонований кластер має можливість охопити сільськогосподарську територію (промислові поля) розмірами від 1000 Га до 10 000 Га, з розрахунком – 2 сенсори на сектор поля (беруться до уваги локальні особливості ґрунту – електронна карта поля) [2]. Сенсори працюють автономно від Li-Po акумулятора ємністю 150 мА. Бездротові сенсори об'єднані між собою радіоканалом у сенсорну мережу – кластер. Кластер БСМ підтримує топологію «зірка». Основними технічними вимогами до бездротового сенсору в рамках прикладної задачі є наступні: можливість роботи у польових умовах; просте розташування на рослині; можливість використання у важкодоступних місцях; стійкість до різних погодних умов; тривала автономна робота без заміни елементів живлення та проведення технічного обслуговування; невисока вартість; мала вага до 25 г, малі габаритні розміри; можливість самокалібрування основних вузлів сенсора; висока надійність роботи; оптимальне співвідношення дальності бездротової передачі даних до споживаної енергії; уніфікація та взаємозамінність мікроелектронних компонентів; можливість заміни елементів живлення або їх заряджання у польових умовах.

В основу кластеру покладено розроблену в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України бездротову сенсорну мережу для експрес-діагностики рослин та моніторингу довкілля. Склад, моделювання та роботу БСМ докладно описано у роботах [4, 5]. Робота кластеру БСМ базується на вимірюванні сенсором індукції флуоресценції хлорофілу рослини. Тестування роботи мережі проведено авторами статті у натурних умовах у 2020 році. Перевірено дальність зв'язку, якість зв'язку, по кожному сенсору отримано статистику по зменшенню заряду акумуляторної батареї. Хід експерименту та результати тестування викладено у [6].

З метою швидкого місцезнаходження сенсорних вузлів на великих територіях необхідним є фіксування їх розташування (геолокація). Для даної функції передбачено розробку програмного засобу для сучасних мобільних пристроїв, який автоматично фіксує географічні координати за допомогою вбудованих GPS модулів та відображає їх на електронній карті поля. Основні функції програмного модуля для фіксації географічного місцеположення сенсорів: визначення місцеположення та відображення на електронній карті поля; збереження координат; збереження опису об'єкту за даними координатами; передача даних на сервер через звернення до відповідного сервісу; отримання даних про раніше збережені об'єкти від відповідного сервісу.

Кластер призначено для використання в аграрній сфері та для моніторингу довкілля. За допомогою даних, зібраних кластером, проводиться експрес-аналіз стану рослин, що дозволяє прийняти необхідне управлінське рішення щодо використання добрив, фунгіцидів, пестицидів, гербіцидів та необхідності поливу. Автори взяли до уваги, що вирощування кукурудзи на зерно займає великий сектор у аграрній сфері України та є актуальним. Авторами опрацьовано та проаналізовано промисловою технологію вирощування кукурудзи на зерно, визначено основні пункти технологічного процесу з метою використання кластеру БСМ у промисловому вирощуванні сільськогосподарські культури та напрямки розробки схеми вимірювань кластером БСМ.

Використання кластеру БСМ при вирощуванні кукурудзи. На базі технологічних карт виділено основні вегетативні фази росту кукурудзи, визначені періоди внесення добрив та інших хімічних речовин, необхідних для розвитку та росту культури. Технологія вирощування промислової культури авторами адаптована до «Інформаційної технології експрес-оцінювання стану рослин на

великих територіях в умовах дії стресових факторів» на основі вимірювання ІФХ рослини за допомогою бездротової сенсорної мережі або кластера БСМ. На основі аналізу технологічних процесів та технологічних карт вирощування кукурудзи на зерно та її адаптації до інформаційної технології вимірювання ІФХ авторами розроблена схема вимірювань ІФХ промислових сортів кукурудзи у польових умовах за вегетативний період за допомогою кластеру. У табл. 1 наведено стадії росту і розвитку рослини та основні технологічні процеси, кожна стадія росту та окремий технологічний процес, зазначено виконання кількості вимірювань ІФХ сенсорними вузлами для отримання точних результатів для подальшого аналізу.

ТАБЛИЦЯ 1. Схема проведення вимірювань кластером ІФХ кукурудзи за вегетативний період

Кількість листків	Сходи	1	2	3	4	5	n	10	Викидання волоті, заплінення			
Вегетативна стадія	VE	V1	V2	V3	V4	V5	Vn	V10	VT	R1		
День від посіву	7-9	10-11	12-14			15-55			56-63	66-75		
Види обробки та живлення	Підживлення калієм											
	Внесення страхового гербіциду											
							Внесення азотно-фосфорних добрив					
									Внесення гербіциду*			
										Обприскування мінеральними добривами		
Застосування фунгіцидів												
Вимірювання БСМ, кількість за день	Не передбачено методикою	Не передбачено методикою	5	5	Не передбачено методикою	5	Не передбачено методикою	5	Не передбачено методикою	5	5	5

Збирання даних про стан досліджуваних об'єктів здійснюють за допомогою бездротових вимірювальних вузлів, які об'єднано до БСМ. Зазначимо, певну територію може покривати, як окрема бездротова мережа, так і кластер мережі. Кластер передає дані в он-лайн режимі, завдяки чому користувач має можливість прийняти необхідне управлінське рішення вчасно та швидко.

За попередніми результатами досліджень визначено, що під час випробувань бездротові сенсори з високою чутливістю реагували на зміни поточного стану рослин. Проведені дослідження з використанням бездротових сенсорів вимірювань зміни ІФХ під впливом стресового фактору, які наглядно продемонстрували можливість отримати коректні дані для подальшого аналізу стану рослин в експрес-режимі з високою точністю [7].

Основні пункти технологічного процесу вирощування. Кукурудза досить продуктивна культура, яка в кліматичних умовах України здатна сформувати врожайність 8 і більше т/га. При оптимальних умовах сходи з'являються за 7-8 днів. Значним резервом підвищення урожайності та поліпшення якості зерна є регулятори росту рослин, які підвищують урожай зерна та зеленої маси на 10–20 %, або на 5–9 ц/га зерна і 30–90 ц/га зеленої маси. Ними обробляють насіння перед сів-

бою, або обприскують посіви під час вегетації рослин у фазі 8–10 листків. Ефективність регуляторів росту при допосівній обробці насіння і обприскуванні посівів майже однакова. Аграріями встановлено, що регулятори росту прискорюють ріст і розвиток рослин, зростає їх стійкість до високих температур та посушливої погоди. Для кукурудзи ефективні після сходів гербіциди. Вологи кукурудза потребує 450–600 мм за вегетаційний сезон, причому найбільше опадів їй треба у липні-серпні [8].

Кукурудза потребує достатньої наявності легко засвоюваних форм поживних речовин у ґрунті. Для формування однієї тони врожаю зерна кукурудза споживає таку кількість поживних речовин: азот 25–30 кг; фосфор 10–15 кг; калій 30–40 кг. Під сівбу експерти радять вносити складні азотно-фосфорні добрива (30 + 30 кг/га). Такі стартові дози добрив особливо важливі в регіонах з холодною весною, коли відсутність фосфору може викликати затримку розвитку рослин. Ще одне підживлення азотом (30–50 кг/га) необхідно проводити через 3–6 тижнів після висіву, в період, коли починається інтенсивне утворення сухої речовини та активне водоспоживання. Фосфор також необхідний кукурудзі протягом всього періоду вегетації, він засвоюється рослиною до самого дозрівання зерна. Потреба в ньому відчувається з перших етапів росту рослини. Період найінтенсивнішого споживання калію спостерігається в перші 6 тижнів росту кукурудзи, причому рослини засвоюють щодня до 12 кг/га калію. Калій активізує процеси обміну речовин. Він особливо важливий для утворення цукрів і крохмалю. За рахунок хорошого забезпечення калієм підвищується стійкість до вилягання, стеблової гнилі, пухирчастої сажки [8].

При внесенні страхового гербіциду важливо встигнути провести обробку до фази 4 листка. Незважаючи на реєстрацію препаратів, багато з яких зареєстровані до фази 10 листка включно. Досвідчені аграрії радять працювати саме до 4 листків, тому що у даній стадії у кукурудзи закладається кількість рядів у качані. Будь-яка кукурудза формує розмір основного першого качана на стадії 4 листка, кількість рядів у качані. Тому потрібно вчасно внести страховий гербіцид, щоб кукурудза у цей важливий період не мала гербіцидного стресу. Формування качана відбувається завжди в один і той же час: у період появи 4–6 листків кукурудзи. В 4 листки формується кількість рядків і, відповідно, ширина качана, у 6 листків закладається довжина качана. Тому у фазі 4–6 листків не слід обробляти кукурудзу гербіцидами, це дуже шкідливо. Краще закінчити обробки на стадії 3 листка. Якщо ж з якихось причин встигнути не вдалося, потрібно обробляти вже 7–8 листок, коли кукурудза формує первинну кореневу систему. Це також важливий процес, але не настільки, як формування качана. Але слід пам'ятати, що у фазі 7–8 листка не можна працювати будь-якими регуляторами росту [8].

Фунгіцидно-інсектицидні протруйники захистять від насінневої інфекції, ураження сходів, а також захистять сходи від пошкодження шкідниками та, відповідно, від створення сприятливих умов для ґрунтових інфекцій. Застосування системних фунгіцидів у фазі до 10 листка культури, щоб забезпечити посіви від фузаріозу та деяких інших інфекцій [8].

Примітка: пояснення до схеми вимірювань V – вегетативна стадія, R – репродуктивна стадія, R1 – початок репродуктивної стадії, кукурудза чутлива до стресу, що може призвести до втрати качанів (табл. 2).

ТАБЛИЦЯ 2. Фази росту кукурудзи на схемі вимірювань

Вегетативні стадії	Репродуктивні стадії
VE – сходи	R1 – вихід рилець
V1 – перший листок з комірцем	
V2 – другий листок з комірцем	
V3 – третій листок з комірцем	
Vn – n-й листок з комірцем	
VT – викидання волоті	

Авторами розроблена коротка методика з вимірювання ІФХ промислової сільськогосподарської культури – цукрова кукурудза на зерно, кластером за етапами.

1. Підготовчий етап. Розрахунок необхідної кількості вимірів кожним сенсором за вегетативний період. Перевірка кластеру в місці розташування мережі: включення координатора мережі та сенсорів, перевірка рівня заряду сенсорів та координатора.

2. Розміщення сенсорів. Розмістити сенсори на листах кукурудзи на ідентичних ярусах рослини, згідно схеми, на 12 день сенсор розміщують на 2-му листі рослини, на 14-й день перемістити сенсор на 4-й лист рослини.

3. Проведення вимірювань. Перевірка приєднання всіх сенсорів до мережі, налаштування параметрів вимірювань у меню координатора; надати темнову адаптацію протягом 5 хвилин; запуск вимірювань; перевірка наявності даних у сенсорі; перевірка передачі повідомлень від сенсора до координатора.

4. Реєстрація даних. Фіксація у журналі реєстрації.

5. Обробка даних. Передача даних від координатора до ПК. Формування електронного журналу спостережень. Обробка даних. Кластер передає дані в он-лайн режимі, завдяки чому, користувач має можливість прийняти необхідне управлінське рішення вчасно та швидко.

Енергоспоживання кластеру БСМ. Важливою задачею при використанні кластеру БСМ в польових умовах є дослідження енергоефективності мережі. Енергоефективність бездротової сенсорної мережі можна визначити, як кількість успішно переданих пакетів на витрачену одиницю енергії. Зменшують енергоефективність мережі – колізії на каналному підрівні контролю доступу до середовища передавання, повторна передача при втратах й викривленнях пакетів, не оптимально обраний маршрут.

Термін роботи бездротової сенсорної мережі можна розглянути в декількох аспектах: тривалість функціонування визначеного вузла мережі до повного вичерпання батареї живлення; тривалість роботи мережі з гарантованою якістю (QoS Quality Of Service); тривалість роботи цілісної мережі до моменту її розбиття на декілька мереж.

Енергоспоживання в БСМ залежить від наступних факторів: відстань і наявність перешкод між різними вузлами (розташування сенсорів у просторі відносно один одного); обсяг інформації, що передається і частота її передачі; апаратне енергоспоживання (мікросхем, датчиків і інших електронних компонентів); логічна структура мережі, що включає маршрути передачі інформації від вузла до вузла; протоколи бездротової передачі даних.

Однією з практичних задач, які безпосередньо пов'язані з проблемами енергоефективності БСМ, є збільшення часу автономної роботи мережі. Одним з технологічних підходів досягнення цієї мети є оптимізація енергоспоживання у мережі. Аналітичним варіантом досягнення цієї мети є оптимізація за 2-ма параметрами, де критеріями обмеження є вага сенсора і дальність зв'язку мережі. Згідно критеріям прикладної задачі – використання БСМ у сільському господарстві, вага сенсорів не повинна перевищувати 25 г. У роботі [9] викладено, як забезпечити баланс між продуктивністю бездротових вимірювальних вузлів і споживанням енергії. Новим технологічним рішенням по збільшенню енергоефективності мережі є підключення Energy Harvesting Systems до БСМ, що є самостійним напрямком досліджень, яким автори займаються у даний час.

Висновки. У європейських країнах останнім часом найбільш важливим питанням є знаходження оптимального рівня використання добрив і хімікатів у рослинництві, а також визначення доз їх внесення. У процесі промислового вирощування кукурудзи, вимірювання кластером БСМ,

що працює на базі «Інформаційної технології експрес-оцінювання стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів» є ряд переваг, серед яких можна виділити: вчасне розпізнавання змін у рослині, варіювання використання дорогих хімічних та поживних речовин, які, в свою чергу, мінімізують економічні витрати та дають можливість усунути негативний вплив на ґрунт, рослини і навколишнє середовище. Кластер передає дані в он-лайн режимі, завдяки чому, користувач має можливість прийняти необхідне управлінське рішення вчасно та швидко. Кластер БСМ є ланкою цифрового землеробства. Розроблена схема вимірювань ІФХ кластером БСМ базується на новій інформаційній технології «Інформаційної технології експрес-оцінювання стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів». Технологію вирощування сортів кукурудзи у польових умовах адаптовано до вказаної інформаційної технології. Розроблена авторами коротка методика по вимірюванню промислової кукурудзи надає чіткі інструкції з використання кластера БСМ за етапами. Також авторами проаналізована важлива задача енергоспоживання кластером БСМ та запропоновано способи підвищення енергоефективності БСМ.

Список літератури

1. Романов В.О. «Інформаційної технології експрес-оцінювання стану рослин на великих територіях в умовах дії стресових факторів». Реєстраційний державний номер 0616U000130.
2. Антонова Г.В., Кедич А.В., Ковирьова О.В. Інтернет речей та бездротові смарт-мережі в точному землеробстві. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2019. № 18. С. 119–127.
3. Антонова Г.В., Ковирьова О.В. Бездротові технології як ланка цифровізації сільського господарства. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2018. № 17. С. 53–59.
4. Palagin O., Romanov V., Galelyuka I., Hrusha V., Voronenko O. Wireless smart biosensor for sensor networks in ecological monitoring. *Proceeding of the 9th IEEE International conference on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications"*, IDAACS'2017, September 21–23, 2017, Bucharest, Romania. Vol. 2. P. 679–683.
5. Romanov V., Galelyuka I., Antonova H., Kovyrova O., Hrusha V., Voronenko O. Application of wireless sensor networks for digital agriculture. *Proceeding of the 10th IEEE International conference on «Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications»*, IDAACS'2019. Metz, France, September 18–21, 2019. P. 340–344. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1109/IDAACS.2019.8924267>
6. Антонова Г.В., Кедич А.В. Тестування бездротової сенсорної мережі для експрес-діагностики стану рослин. *Cybernetics and Computer Technologies*. 2020. 3. С. 90–100. <https://doi.org/10.34229/2707-451X.20.3.9>
7. Антонова Г.В., Ковирьова О.В., Лаврентьев В.М. Графоаналітичний метод аналізу параметрів флуоресценції хлорофілу. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2017. № 16. С. 66–75.
8. <https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya> (дата звернення 05.12.2021)
9. Romanov Volodymyr, Galelyuka Igor, Voronenko Oleksandr. Wireless sensor networks for smart agriculture. *International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems*. Vol. 13, No. 3. P. 147–154.

Одержано 09.06.2022

Антонова Ганна Валеріївна,

молодший науковий співробітник
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ,
antanna78@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1876-8267>

Кедич Анна Василівна,

провідний інженер-програміст
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ.
<https://orcid.org/0000-0003-1784-4296>

UDC 578.01+681.7.08

Hanna Antonova*, Anna Kedych

Application the Wireless Sensory Network Cluster in Digital Agriculture

V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, Kyiv

*Correspondence: antanna78@gmail.com

The authors made a review of "Information technology of express-estimation of plant state in large territories in stressful environment." The essence of digital agriculture and its main components are briefly described. The main part of the article describes the cluster of Wireless Sensor Network. The main components of the cluster and the principle of the cluster are given. The work of the cluster is based on the "Information technology of express-estimation of plant state in large territories in stressful environment." This technology is based on the method of chlorophyll fluorescence induction. The introduction of new information technology into industrial digital agriculture will make it possible to determine in real time the condition of plants suffering from the influence of one or another stress factor and develop an appropriate managerial decision to compensate the influence of a certain factor. The main technical requirements for the wireless node of the cluster are the ability to work in the field conditions; easy location on the plant; low cost; lightweight up to 25 g, small size, etc. The WSN cluster is intended for use in the agricultural sector and for environmental monitoring. Using the data collected by the cluster and an express analysis of the state of plants is carried out, which allows making the necessary managerial decision on the use of fertilizers, fungicides, pesticides, herbicides and the need for irrigation. The authors took into account that the cultivation of corn for grain occupies a large sector in the agrarian sector of Ukraine and is an urgent task. The authors analyzed the industrial technology of growing of crop for grain and it was adapted for the information technology for measuring the CFI. The main points of the technological process for the use of the WSN cluster in industrial agriculture on the example of corn are determined, and on their basis, a scheme for measuring the CFI of plants by the WSN cluster was developed. A brief step-by-step methodology has been developed for using the WSN cluster in measuring the CFI of corn. The authors also presented an analysis of energy consumption in the WSN and proposed the ways to improve the energy efficiency of the WSN nodes.

Keywords: sensors, wireless sensor network, express diagnostics of plant, smart agriculture.