

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

H. Antonova, O. Kovyrova

WIRELESS TECHNOLOGIES AS PART OF THE AGRICULTURAL DIGITIZATION

The paper describes wireless technologies as part of the agricultural digitization.

Key words: wireless sensor network, biosensor, digital agriculture.

Рассмотрены беспроводные технологии, как часть цифровизации сельского хозяйства.

Ключевые слова: беспроводная сенсорная сеть, биосенсор, цифровое земледелие.

Розглянуто бездротові технології, як ланка цифровізації сільсько-го господарства.

Ключові слова: бездротова сенсорна мережа, біосенсор, цифрове землеробство.

© Г.В. Антонова, О.В. Ковирьова,
2018

УДК 578.01+681.7.08+535.3+681.335.2

Г.В. АНТОНОВА, О.В. КОВИРЬОВА

БЕЗДРОВОТІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЛАНКА ЦИФРОВІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Вступ. Розвиток Інтернету, 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 виробництва та промисловості. На даному етапі цифровізації головну роль відіграють такі технології та концепти, як Інтернет речей (ІоТ), "великі дані" (bigdata), "предиктивна аналітика", хмарні та туманні обчислення, "машинне навчання", машинна взаємодія, штучний інтелект, робототехніка, 3D-друк.

На початку 2018 р. Кабінет Міністрів України прийняв до схвалення "Концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки" та затвердив план заходів щодо її реалізації. У класичному розумінні поняття "цифрова економіка" означає діяльність, в якій основними засобами (факторами) виробництва є цифрові (електронні, віртуальні) дані як числові, так і текстові. Верховна Рада України визначила Цифрову економіку такою, яка базується на інформаційно-комунікаційних та цифрових технологіях, стрімкий розвиток та поширення яких вже сьогодні впливають на традиційну (фізично-аналогову) економіку,

трансформуючи її від такої, що споживає ресурси, до економіки, що створює ресурси [1].

Основні цілі цифрового розвитку – прискорення економічного зростання та залучення інвестицій, трансформація секторів економіки в конкурентоспроможні та ефективні, технологічна та цифрова модернізація промисловості та створення високотехнологічних виробництв, розвиток цифрових індустрій та цифрового підприємництва.

Цифровізація реального сектору економіки – сільського господарства.

Цифровізація реального сектора економіки – головна складова частина цифрової економіки та визначальний чинник зростання економіки в цілому, зокрема і самої цифрової індустрії, як виробника технологій. Цифрові технології змінюють традиційні моделі бізнесу, виробничі ланцюги та процеси, зумовлюють появу нових продуктів та послуг, платформ й інновацій [1].

Для розвитку сільського господарства важливим кроком є впровадження цифрового землеробства (ЦЗ) – принципово нової стратегії менеджменту, що базується на застосуванні цифрових технологій. ЦЗ – новий етап розвитку агросфери, пов'язаний з використанням геоінформаційних систем, глобального позиціонування, бортових комп'ютерів та смарт-устаткування, а також управлінських та виконавських процесів, здатних диференціювати способи оброблення, внесення добрив, хімічних меліорантів і засобів захисту рослин.

Цифровізація землеробства та сільського господарства є, зокрема, інструментом масштабної програми цифровізації сіл, підключення їх до цифрових інфраструктур, подолання цифрового розриву та соціально-економічного відродження сільських територій.

У "Концепції Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2021 року" зазначено, що агропромисловий комплекс створює близько 12 % валової доданої вартості держави, є одним з основних бюджетоформуючих секторів національної економіки, частка якого у зведеному бюджеті України за останні роки становить в середньому 12 %, а у товарній структурі експорту – понад третину [2]. Саме тому важливим є зростання продуктивності й зниження непродуктивних витрат у галузі сільського господарства, що є можливим за рахунок інтенсивного використання цифровізації та IoT.

Цифрове сільське господарство є продовженням технологій точного землеробства, які в свою чергу зробили прорив у аграрній галузі. Інформаційні технології (IT) грають ключову роль у ЦЗ та сьогодні розвиваються швидкими темпами. З'явилося багато нових технологій для аграрного сектора. Інформація надходить від різних пристроїв, розташованих у полі, на фермі, від датчиків, агротехніки, метеорологічних станцій, дронів, супутників, партнерських платформ, постачальників. Загальні дані від різних учасників виробничого ланцюга, зібрані в одному місці, дозволяють отримувати інформацію нової якості, знаходити закономірності, створювати додаткову вартість для всіх залучених учасників, застосовувати сучасні наукові методи обробки та на їх основі приймати правильні рішення, які мінімізують ризики, поліпшують бізнес виробників.

Огляд українських виробників ІТ-продукції для аграрного сектору. В рамках відвідування щорічної міжнародної агропромислової виставки АГРО-2018 (м. Київ, 6-9 червня 2018 року) [3], проведено моніторинг українських ІТ-розробок для аграрного сектору.

За призначенням представлені на виставці ІТ для аграрного сектору можна класифікувати наступним чином: електронні консультанти для аграріїв (економічні додатки, аграрні календарі); картографія полів (електронні паспорти полів); системи точного землеробства (системи точного поливу тощо); системи визначення якості та оригінальності сільськогосподарської продукції; безпілотні літальні апарати (БПЛА) та дрони; технології ІоТ в сільському господарстві; системи моніторингу сільгосптехніки. Розглянемо деякі з представлених інформаційних технологій.

Електронні консультанти для аграріїв. m-Agri. Міністерство аграрної політики та продовольства України і компанія "Київстар" представили бета-версію мобільного додатку m-Agri, який налічує 7 основних розділів: ринкові ціни, погода, новини, фінанси, база знань, розумний помічник, повідомлення. Для абонентів "Київстар" передбачено користування додатком без додаткової тарифікації – незалежно від умов тарифного плану.

OceanInvest – електронний консультант. Додаток працює у режимі оффлайн, містить повне портфоліо з детальним описом препаратів; містить комплексні схеми захисту сільськогосподарських культур, контакти регіональних представників компанії.

AmbarExportBot. Компанія Амбар Експорт БКВ розробила сервіс AmbarExportBot для програми Telegram, який дозволяє розрахувати закупівельну ціну на ячмінь, три сорти пшениці, кукурудзу в різних областях і зв'язатися з менеджером для уточнення всіх деталей.

Картографія сільськогосподарських угідь та системи моніторингу сільськогосподарської техніки. Розробки компанії "Агрометр". Агрометр – це серійний прилад, який дозволяє вимірювати площу полів сільськогосподарського призначення з високою точністю. Агротрек – система високоточного паралельного водіння, яка допомагає при виконанні таких польових робіт: обприскування, додавання в ґрунт добрив, культивування, посів, боронування тощо. Стартова ціна систем починається від 7 тис. грн.

"Агромодуль" (Компанія "Overseer"). Це супутникова система GPS-моніторингу транспорту і земельних ділянок, яка дозволяє вести облік сільгоспугідь і польових робіт.

Розробка фірми "Armatel" "Агроконтроль" – система GPS моніторингу транспорту та витрат палива, яка дає можливість здійснювати контроль за місцеположенням агротехніки та витратою палива, дозволяє контролювати видачу палива з автозаправної станції та вести облік польових робіт.

Компанія "GeoМетр" пропонує власні розробки: GPS прилади для вимірювання площі полів (від 6800 грн.), системи паралельного водіння під торговою маркою ГеоТрек (від 22 тис. грн.), GPS/Glonass приймачі та антени.

Системи точного землеробства. Розробка компанії **SkokAgro** твердомір. Прилад дає можливість виявляти наявність ущільнень у ґрунті, їх глибину, наскільки треба опрацювати ґрунт, дозволяє виявити необхідність у культивуванні, допомогти знайти рішення для усунення проблем з ущільненням. Початкова ціна твердоміра – 1200 доларів США.

Фірма "Конкорд" представила системи точного землеробства, які мають наступні функції: картування земельних ділянок (карта рельєфу полів, карта врожайності та потенціалу полів, карта вегетаційного індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)); аналіз ґрунту полів; електронні та друковані карти паїв господарства; аналіз та розробка диференційного внесення добрив; комплексний супровід господарства.

Системи визначення якості та оригінальності сільськогосподарської продукції. Компанія **KWS** представила свою ІТ-розробку для підтвердження оригінальності та якості своєї продукції за допомогою унікального коду, з голограмою та QR-кодом, якими маркірується кожний мішок KWS.

VENTA Lab представила розробку "Система визначення числа падіння ПЧП-VL", яка вимірює активність ферментів альфа-амілази в зерні і борошні. Активність альфа-амілази має вирішальне значення для якості кінцевого продукту: хліба, макаронів і локшини.

Soft.Farm – система організації та ведення сільськогосподарської діяльності, яка має інструменти для ведення, контролю та обліку роботи підприємства.

Безпілотні літальні апарати. В сільському господарстві дрони і БПЛА дозволяють: розраховувати вегетаційний індекс NDVI; скласти ортофотоплан поля з високою точністю; визначити динаміку зміни в стані посівів; прогнозувати врожайність; контролювати периметр поля.

Моніторинг дронами Drone.ua. Забезпечує підприємство моніторингом полів з БПЛА, що дозволяє побудувати карти внесення азоту.

AgroDrone. Пропонує використовувати БПЛА для побудови електронних карт поля, карт NDVI, моніторингу поля, для боротьби з шкідниками за допомогою розселення трихограми.

Компанія **MultiCopter Ukraine** представила професійні моделі дронів для сільського господарства та надає наступні послуги: продаж, обслуговування, гарантію, навчання з використання БПЛА. Послуги компанії MultiCopter Ukraine коштують від 6,5 тис. доларів США за 1 га.

Окремо розглянемо **бездротову сенсорну мережу (БСМ)** для експрес оцінки стану рослин (рис. 1) розроблену колективом авторів в Інституті кібернетики НАН України. Робота БСМ базується на вимірюванні біосенсором індукції флуоресценції хлорофілу рослини (ІФХ) [4] і являє собою мережу бездротових біосенсорів, які об'єднані між собою радіоканалом [5]. Розроблена БСМ призначена для використання у промисловому землеробстві та екологічному моніторингу [6, 7]. Екземпляр БСМ було передано в Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України для апробації та проведення польових випробувань у промислових масштабах. Саме на стенді цієї установи у центральному павільйоні АГРО-2018 демонструвалась БСМ. Ще один екземпляр БСМ відправлено



РИС. 1. Фотографія зразка вузлів мережі бездротових біосенсорів

у Тайвань за міжнародним договором, тепличному господарству Land Green & Technology.

Бездротова мультисенсорна мережа як ланка цифровізації сільського господарства. Сьогодні БСМ складають важливу частину промислового призначення. БСМ – багаторівневі, розподілені мережі, побудовані за принципами самоорганізації, з великою кількістю сенсорів та виконавчих механізмів, які об'єднані радіоканалом. Реалізація сенсорних мереж залежить від вимог конкретної прикладної задачі. Мережі можуть розгортатися як на відкритих територіях, так і у закритих приміщеннях, наприклад, лабораторіях або теплицях. БСМ, які розробляються для потреб точного землеробства, мають відповідати вимогам, які зумовлені областю використання. До цих вимог належать відмовостійкість, масштабування, витрати на виробництво, вид операційного середовища, топологія сенсорної мережі, апаратні обмеження, модель передачі даних та споживна потужність. Враховуючи вищенаведені критерії, у рамках виконання міжнародного проекту, колективом авторів розроблено БСМ представлену на рис. 1 [7, 8]. Розроблена БСМ добре вбудовується у концепцію цифрового землеробства. За її допомогою можна одночасно отримувати інформацію про стан великої кількості рослин на великих територіях. Також є можливість одночасно використовувати датчики температури повітря, вологості ґрунту та інші показники довкілля. Біосенсори мережі дозволяють визначити забруднення ґрунтів пестицидами, важкими металами, оцінити життєдіяльність рослин після засухи, морозу, зчеплення, внесення пестицидів. Отриману інформацію від сенсорів та датчиків, можна структурувати та проаналізувати за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення "CFIAnalyzer", яка призначена для аналізу великої кількості кривих індукції флуоресценції. Програма дозволяє об'єднувати криві

ІФХ, отримані за допомогою сенсорів бездротової мережі, зчитувати з попередньо створених файлів Microsoft Excel, переглядати криві ІФХ, розраховувати значення середньої кривої ІФХ, розраховувати параметри флуоресценції та будувати їх графіки.

БСМ передає дані в режимі он-лайн, завдяки чому, користувач має можливість прийняти необхідне управлінське рішення вчасно та швидко.

БСМ складається із біосенсорів, координатора мережі, пристрою спряження ZigBee/USB та концентратора мережі, який є окремою опцією і поставляється за потребою.

Колективом авторів розроблено спеціальний програмний засіб призначений для керування бездротовою мережею (рис. 2) [9].



РИС. 2. Головне вікно програмного засобу для керування мережею

Основні функції спеціального програмного засобу: керування пристроєм спряження ZigBee/USB; отримання даних про склад мережі; отримання усіх даних вимірювання від координатора мережі; збереження даних вимірювання у форматі *.xml і *.csv; графічне відображення одного вимірювання або одночасно кількох вимірювань; надання детальної інформації про окреме вимірювання; надсилання команди почати вимірювання усім сенсорам мережі або тільки вибраному сенсору [8].

Роботу БСМ протестовано на ряді польових експериментів, за результатами яких визначено чутливість біосенсорів до впливу стресових факторів різної природи на дослідні групи рослин. Отримані результати [7] свідчать про те, що

біосенсори з високою чутливістю реагують на зміни стану рослин, тобто за розробленою методикою оцінюється не тільки поточний стан рослин, але і їх стійкість до посухи, реакцію на внесення гербіцидів та добрив, що дозволяє успішно використовувати розроблені біосенсори і БСМ у промисловому землеробстві.

Світовий досвід з дослідження роботи бездротових мереж показав, що автономність, яка є однією з вимог до БСМ, у тому числі бездротової мережі для експрес-діагностики стану рослин, потребує зменшення енергоживлення кожного вузла мережі, що є проблемою підвищення енергоефективності мережі.

Для підвищення енергоефективності БСМ продовжується робота з розробки моделей окремих елементів мережі та протоколів маршрутизації бездротової сенсорної мережі для оптимізації споживання енергії сенсором.

Висновки.

1. Виконано аналіз "Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки".
2. Розглянуто цифровізацію у сільському господарстві.
3. Розглянуто вітчизняні ІКТ-розробки для аграрного сектору, представлені на АГРО-2018.
4. Детально розглянуто бездротову сенсорну мережу для експрес оцінки стану рослин, розроблену в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p>
2. <http://minagro.gov.ua/apk?nid=24198>
3. <http://agroexpo.in.ua/agrocatalog/>
4. Oleksandr Palagin, Volodymyr Grusha, Hanna Antonova, Oleksandra Kovyrova, Vasyly Lavrentyev. Application of biosensors for plants monitoring. *Information theories and applications*. 2017. Vol. 24, N 2. P. 115–126.
5. Oleksandr Palagin, Volodymyr Romanov, Igor Galelyuka, Oleksandr Voronenko, Yuriy Brayko, Roza Imamutdinova. Wireless sensor network for precision farming and environmental protection. *Information theories and applications*. 2017. Vol. 24, N 1. P. 19–34.
6. Палагін О.В., Романов В.О., Галелюка І.Б., Вороненко О.В., Груша В.М., Ковирьова О.В., Антонова Г.В., Лаврентьєв В.М., Брайко Ю.О., Імамутдінова Р.Г. "Розумні" сенсорні мережі: від ідеї до ринку. XII Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" ПТ-2018, 16–20 квітня 2018 року: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 500 с.
7. Романов В.О., Галелюка І.Б., Груша В.М. Нова інформаційна технологія експрес-оцінювання стану рослин в умовах дії стресових факторів. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2016. № 15. С. 94–101.
8. 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. P. 679–683.
9. Романов В.О., Галелюка І.Б., Вороненко О.В., Антонова Г.В. Авторське свідоцтво на твір № 79447.

Одержано 07.08.2018