

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут економіки, управління, права
та інформаційних технологій
Кафедра інформаційних систем та технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістр

на тему: **«Комплексне управління продуктивністю агроєкосистем на
платформі спеціалізованих інформаційних систем»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньою програмою
Інформаційні управляючі системи та
технології
спеціальності 126 Інформаційні
системи та технології
ступеня вищої освіти магістр
групи 126ІСТ_мд_2023
Козлов Юрій Михайлович
Керівник: Копішинська Олена
Петрівна
Рецензент: Муравльов Володимир
В'ячеславович

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Актуальність теми кваліфікаційної роботи пов'язується з пошуком нових комплексних підходів до управління виробничими й технологічними процесами в галузі рослинництва аграрних підприємств будь-якого розміру, геолокації, кліматичних та інших умов. Системні зміни, які простежуються в інформатизації аграрного виробництва і перебувають під впливом потужних трансформаційних процесів розгортання технологій Індустрії 4.0, потребують висвітлення особливої ролі інформаційних систем, здатних інтегрувати головні управлінські процеси та обробку великих обсягів даних на єдиній платформі. Аграрний напрямок має значний потенціал і потребує новітніх комбінацій і взаємодії цифрових технологій, раціональних економічних підходів, всебічної інформаційної підтримки, що є головним трендом формування якісно нового рівня управління аграрним виробництвом, особливо в галузі рослинництва. Особливості впровадження систем точного землеробства висвітлені в роботах Планта Р., МкБретні А., Горнунга А., Вестфолла Д., статтях Нікончука Є., Маренича М., Мороз С., Нужної С., Уткіна Ю. та ін. Однак, питання комплексної автоматизації процесі управління всіма ланками виробництва в єдиній управляючій системі у рослинництві розкриті недостатньо, при цьому вибір відповідних інформаційних систем і технологій потребує критичного неупередженого аналізу і відповідних рекомендацій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Робота відповідає дослідженням в межах науково-дослідної ініціативної теми «Організаційно-методологічні аспекти впровадження інформаційно-комунікаційних систем і технологій в управлінні діяльністю сучасних організацій та підприємств за умов переходу до цифрової економіки» (ДРН 0123U105060, 2023-2028 рр.), а також обласних програм «Підтримка діяльності підприємств АПК засобами сучасних інформаційних систем і технологій», «Програма розвитку та підтримки аграрного комплексу Полтавщини за пріоритетними напрямками на період до

2027 року», затверджених Департаментом агропромислового розвитку Полтавської обласної державної (військової) адміністрації з 2021 р. [1].

Метою кваліфікаційної роботи є формування методологічних підходів щодо визначення комплексу інформаційних технологій ефективного управління агроценозами продукції рослинництва в аграрних підприємствах на основі дослідження характеристик інформаційних технологій та систем, здатних функціонувати на єдиній управляючій платформі й проводити оброблення всіх видів даних та інформації, що генерується в процесі виробництва.

Завданнями кваліфікаційної роботи є:

- визначення ролі інформаційних систем та технологій в управлінні виробничими процесами агропідприємств у контексті Агрокультури 4.0;
- аналіз світових трендів щодо активності впровадження й використання спеціалізованих інформаційних систем і цифрових технологій в роботі агронома, фермера;
- обґрунтування набору програмних модулів і їхніх характеристик у відповідності до потреб управління обов’язковими технологічними операціями на прикладі галузі рослинництва;
- аналіз функціоналу та характеристик існуючих інформаційних систем на ринку програмного забезпечення для аграрних підприємств;
- розробка практичного кейсу із демонстрацією доступних функцій управління виробничими процесами на прикладі обраної інформаційної системи, оцінювання ефективності її використання в галузі рослинництва.

Об’єктом дослідження є процеси збору та оброблення загальної, управлінської і спеціалізованої технологічної інформації галузі рослинництва засобами спеціалізованої інформаційної системи з визначеним набором технологій та функцій для підтримки управлінських рішень.

Предметом дослідження є функціональні можливості і взаємодія різних видів цифрових технологій та інформаційних систем у досягненні ефективного управління продуктивністю агроєкосистем у виробничій діяльності аграрних підприємств.

Методи дослідження: інформаційно-пошуковий, аналітико-синтетичний, дедуктивний, емпіричний, програмно-прикладний, порівняльний, графічний.

Інформаційна база кваліфікаційної роботи складається з матеріалів наукових публікацій, розміщених у відомих науково-метричних базах даних, статистичних звітів міжнародних аналітичних компаній, матеріалів наукових конференцій щодо досягнень Індустрії 4.0, офіційних вебсайтів розробників прикладного програмного забезпечення, а також практичних результатів провідних ІТ-компаній, які здійснюють впровадження інформаційних систем для агробізнесу.

Елементи наукової новизни роботи проявляються в систематизації підходів до вибору, методів застосування і комбінування програмно-технічних рішень в управлінні продукагроскоситом в аграрних підприємствах на тлі невідворотної інформатизації та цифровізації всіх виробничих процесів агросфери в цілому.

Практична значущість роботи полягає в здійсненні критичного аналізу і узагальнення, оцінювання значного обсягу матеріалу з наукових джерел щодо сучасних трендів функцій та програмних технологій інформаційних систем, призначених для впровадження й використання в управлінні виробничими процесами галузі рослинництва на єдиній платформі. Отримані результати можуть бути корисними для фахівців в галузях ІТ та аграрних підприємств при впровадженні спеціалізованих інформаційних систем і прийнятті рішень, а також для модернізації навчальних дисциплін університету при підготовці фахівців галузей ІТ, агрономії, менеджменту.

Апробація результатів дослідження відбувалася шляхом оприлюднення доповідей на міжнародній та студентській науково-практичних конференціях.

Публікації. За результатами проведеного дослідження опубліковано тези: «Напрямки трансформаційних змін в агропродовольчих системах при впровадженні технологій Агрокультура 4.0», II Міжнародна науково-практична конференція, 27 вересня 2024 р. (м. Полтава, Україна); «Механізми та переваги застосування фреймворку React та бібліотек JavaScript в розробці веборієнтованих систем», науково-практична конференція за підсумками

проходження виробничої практики здобувачів вищої освіти ступеня вищої освіти
Магістр Полтавського державного аграрного університету, 16 жовтня 2024 р.
(м. Полтава, Україна).

Структура і обсяг кваліфікаційної роботи: пояснювальна записка
викладена на 65 сторінках і складається зі змісту, вступу, трьох розділів,
висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 9 таблиць і
29 рисунків, 11 додатків.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ КОМПЛЕКСНИХ ЗМІН У ЗАСТОСУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННІ ПРОДУКТИВНІСТЮ АГРОЕКОСИСТЕМ

1.1 Новітні тренди та комплексні зміни в цифровому управлінні агротехнологіями в контексті впровадження Агрокультури 4.0

Той факт, що цифрові технології є тісно інтегрованими в будь-які виробничі процеси всіх без виключення галузей економіки та суспільного життя, є об'єктивним, зафіксованим у численних документах, стандартах, обговорюється на світових самітах. Однак, цифрові перетворення і панування інформаційних технологій відбуваються настільки стрімко, революційно, що окремі напрямки і галузі, в силу специфіки та попереднього технічного розвитку, відстають від сучасних реалій та й досі зважують аргументи щодо доцільності масштабного переходу на новий рівень управління й обробки інформації. Саме в таких умовах часто опиняються аграрні підприємства, представники яких ментально або технологічно не готові до запровадження повного комплексу інформаційних систем в управління виробничими процесами й досягнення рівня Агрокультури 4.0. Така ситуація має історичні та інші об'єктивні причини.

Індустріальні революції та зміна економічних формацій відбуваються, коли з'являються нові технології, які покращують продуктивність, ефективність і якість виробництва [2]. Критерії появи і змін індустріальних революцій – це комплекс факторів, які сприяють переходу від традиційного до промислового суспільства, від промислового до постіндустріального, або інформаційного.

На сьогодні такими, що відбулись і продовжують змінюватися, трансформуватися, є аграрна, індустріальна та постіндустріальна формації (деякі науковці називають їх хвилями).

Сільське господарство докорінно трансформувалося в попередньому столітті. Електромеханічна революція на початку XX століття принесла

механізацію фермерських господарств, зменшуючи потребу у фізичній праці. Зелена революція в середині XX століття сприяла збільшенню врожайності, що істотно забезпечило постачання достатньо їжі для швидко зростаючого світового населення. Разом із тим, надмірне прийняття методів зеленої революції та машинних технологій призвели до декількох несприятливих наслідків, у т. ч. втрату родючості ґрунтів, виснаження та забруднення водних ресурсів, а також збільшення захворювань на худобу та людських захворювань. Однак сільське господарство переживає «цифрову революцію» з величезним потенціалом для покращення життя та засобів до існування фермерів у всьому світі.

На початку поточного століття під час Всесвітнього економічного форуму в Швейцарії (2016 р.) були визнані та названі об'єктивні фактори настання четвертої промислової революції, так званої Індустрії 4.0 (термін з'явився у 2011 р. в Німеччині) [2]. Важливою особливістю епохи Індустрії 4.0 є домінування знань і цифрових даних. Сучасними драйверами розвитку світової економіки стали інноваційні інформаційні технології, які створюють абсолютно нові форми виробництва і управління, базою яких є обробка потоків великих даних, доповнена реальність, інтернет речей (IoT) та інші. З переходом до Індустрії 4.0 зростає роль знань і навичок щодо навчання в освоєнні нових технологій автоматизації виробничих процесів, зміщуються акценти у відношеннях людина-машина (H2M) на зворотній тип M2H, або тип взаємодії машин без участі людини (M2M) [3]. Однак спільним знаменником для всіх проявів нової парадигми є 4 ключові технології: розумна автоматизація з використанням штучного інтелекту (Artificial Intelligence, AI) та промислового інтернету речей (IIoT), аналітика великих даних (Big Data), децентралізація управління (рис. 1.1).

Ті сектори економіки, які включають автоматизоване виробництво, економію енергії і, не в останню чергу, технологічність виробництва, будуть повністю перетворені в умовах нових моделей ланцюжка доданої вартості. Підґрунтям активного впровадження Індустрії 4.0 є те, що в даний час більшість можливостей для підвищення прибутковості майже вичерпані, існує потреба

шукати нові моделі та ресурси. На початку формування фреймворку технологій Індустрії 4.0 розглядалася лише сфера промислового виробництва. Поступово парадигма поширилася на інші області людської діяльності.



Рисунок 1.1 – Фреймворк основних технологій Індустрія 4.0 [4]

Автори роботи [5] відмічають конвергенцію 12 революційних технологій (див. рис. 1.1) в сільському господарстві (Agriculture 4.0), галузі охорони здоров'я (Healthcare 4.0), логістики (Logistics 4.0), енергетики (Energy 4.0), елементи нових технологій освіти (Education 4.0).

Виробництво продукції сільського господарства історично засноване на використанні традиційних ресурсів – земельних, водних, енергетичних, людських, біологічних, більшість з яких є невідновлювальними або вичерпними. Застосування цифрових інформаційних технологій відбувається вкрай нерівномірно з низки об'єктивних та суб'єктивних причин. Досвід передових країн світу демонструє, що найбільший потенціал в аграрній сфері має точне землеробство, яке здатне значно підвищити продуктивність галузі рослинництва і зменшити рівень ресурсних, матеріальних та інших витрат у виробничих

ланках, кардинально змінюючи агробізнес. Точне землеробство визначається як деяка нова концепція впровадження технологій у рослинництві на основі електронних супутникових картографічних засобів, використання точних дистанційних даних, отриманих зі знімків супутника чи дрона, а також методів обробки цих даних [6].

Серед світових науковців та практиків інтерес до точного землеробства є стабільно високим. Системний аналіз змісту існуючих визначень точного землеробства, тенденцій і форм його впровадження у багатьох країнах світу подано в роботах Планта, МкБретні та ін. [7-9].

Базисом наукового підґрунтя концепції точного землеробства є визнання фактів існування певних неоднорідностей в межах кожного поля, що обробляється, наявність його специфічних характеристик. Для їх збору, оцінювання, моніторингу вже застосовуються такі сучасні технології, як системи глобального позиціонування GPS, різноманітні датчики, аерофотознімки і супутникові знімки, а також спеціальні програми на базі геоінформаційних систем (ГІС) [10-13]. Впровадження систем і технологій «розумного», або точного землеробства в найбільш розвинутих країнах Західної Європи, Північної Америки, Японії розпочалося з 80-х рр. В Україні цей процес активізувався на початку 2000-х рр. Першими були холдинги, які змогли інвестувати в обладнання й запровадити технології, а з часом поширювати власний досвід [13]. Менші за розмірами підприємства, фермерські господарства переймають цей досвід, але використовують не в повному обсязі.

Специфічність новітніх агротехнологій розглядається в кількох площинах. З одного боку, необхідна системна робота з усіма виробничими, екологічними, метеорологічними, статистичними (традиційними) даними, і операції з такими даними зручно здійснювати на основі оцифрування, автоматизації збору та обробки за допомогою інформаційних систем.

З іншого боку, технології швидко вдосконалюються. Можна використовувати все нові й нові комплекси із відмінними характеристиками, у тому числі, з перенесенням операцій в хмари. При цьому необхідне широке

застосування комунікацій на основі інтернету, здійснюючи передавання даних безпосередньо із місць виробництва, тобто «з поля». Потрібно зазначити, що збір оперативних даних в аграрному виробництві та їх оцифровування, застосування елементів «розумних» пристроїв та технологій не є достатнім для переходу на рівень Агроіндустрії 4.0, яка передбачає значно ширший спектр інформаційних технологій та систем.

Представлені в різних джерелах результати просування інформаційних технологій в аграрному виробництві показують, що визначення ефективних методів переходу на рівень Агрокультури 4.0 не є стрибкоподібним та передбачає застосування багатьох різних технологій і систем [14-16].

Агрокультура 4.0 є частиною четвертої хвилі промислової революції, яка пропонує ідеальний стан повністю автономного та оптимізованого виробництва на виробництві. Автономне землеробство можливе завдяки ефективній інтеграції фізичних і цифрових технологій із поступовим переходом від ручного до автоматичного, до напіваавтономного й, зрештою, до повністю автономних операцій (рис. 1.2). Тепер клієнти вимагають прозорості та відстеження походження їжі, яку вони купують.



Рисунок 1.2 – Прогрес автономії агровиробництва на різних рівнях фізичних і цифрових технологій

Окрім ефективності, Індустрія 4.0 забезпечує основу для проактивного відстеження в агропродовольчому ланцюгу за допомогою цифрових технологій для досягнення Агрокультури 4.0 [17]. Принципи Індустрії 4.0 – видимість параметрів, прозорість для розуміння того, чому відбуваються події,

передбачуваність для проактивного моделювання та автономність для роботи без втручання людини – широко застосовуються і до Агрокультури 4.0.

В конвергенції цифрового та фізичного світів у сільському господарстві спостерігається інтеграція інформаційних технологій та операційних технологій в Індустрію 4.0, що називається інтеграцією IT-OT. IT – це дані на рівні підприємства, тоді як OT – це дані на рівні цеху. Подібним чином дані сільськогосподарських полів у сільському господарстві (наприклад, вміст поживних речовин у ґрунті) повинні бути інтегровані із зовнішніми параметрами (наприклад, погодними умовами, цінами на товари та справністю обладнання). Агрокультура 4.0 поєднує в собі науку та технології шляхом реінжинірингу всього ланцюга створення вартості попиту та пропозиції.

Зрештою, перехід неможливо здійснити без застосування управляючої інформаційної системи, що дозволить проводити розрахунки для всіх видів робіт та прийняття необхідних рішень.

1.2 Стійкі продовольчі системи як стратегія досягнення цілей сталого розвитку

На сьогодні галузі сільськогосподарського виробництва – це дещо більше, ніж просто традиційний погляд на виробництво продуктів харчування. Агропродовольчі системи – це комплекс взаємодій між людьми, технологіями та природними ресурсами, які забезпечують виробництво, переробку, транспортування, зберігання та споживання продуктів харчування. Ці системи є складними та залежать від багатьох факторів, таких як клімат, ґрунти, водні ресурси, технології, економіка, політика та культура [18].

Агропродовольчі системи (АС) можна класифікувати за ефективними критеріями. Характеристика кількох типів АС наведена далі.

Традиційні системи: ці системи традиційно базуються на місцевих знаннях та традиціях і забезпечують виробництво продуктів харчування для місцевого

споживання. В Україні це малі та середні господарства, моногалузеві (прикладом, ферми з овочівництва або тваринницькі комплекси) або змішаного типу.

Екологічно орієнтовані системи: такі системи традиційно базуються на принципах сталого розвитку та забезпечують виробництво продуктів харчування, які не завдають шкоди навколишньому середовищу. Це здебільшого системи органічного землеробства (органічного виробництва). Популярність таких систем в Україні й світі зростає завдяки високому попиту й більшій вартості продукції. Органічне виробництво включає продукцію рослинництва з дотриманням екології ґрунтів, а також тваринництва на натуральних кормах.

Системи промислового виробництва: фактично використовують для виробництва продуктів харчування на промисловій основі та забезпечують велику кількість продуктів харчування для масового споживання.

Інтенсивні системи: ці системи фактично спрямовані для виробництва продуктів харчування у великій кількості і забезпечують високу продуктивність.

Розглянемо більш детально заходи, які включені до різних світових програм з метою збільшення виробництва продовольства та зменшення навантаження на природні ресурси та екологічні системи.

Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних націй реалізує програму «Стійкі продовольчі системи» (Sustainable Food Systems, SFS) – це партнерство з багатьма учасниками, спрямоване на активізацію невідкладної трансформації до стійких продовольчих систем як критичної стратегії для досягнення цілей сталого розвитку [19].

Завдяки спільному баченню інклюзивних, різноманітних, стійких, здорових і стійких продовольчих систем наші партнери співпрацюють над спільною діяльністю на місцях, дослідницькими ініціативами та адвокаційними зусиллями на підтримку більш узгодженої та цілісної політики для вирішення складних проблем продовольчих систем. Для цього програма SFS сприяє «системному» підходу, який стосується продовольчої системи в цілому, беручи до уваги взаємозв'язки між елементами та учасниками продовольчих систем і необхідні компроміси.

Системний моніторинг показує, що наша планета здатна забезпечити зростаюче населення достатньою кількістю поживної та різноманітної їжі зараз і в майбутньому. Однак, у 2022 р. близько 826 млн людей голодували, що на 46 млн збільшилося за 5 років. Тим часом, приблизно 30% дорослого населення планети має надлишкову вагу або страждає ожирінням, а близько 30% їжі, виробленої в усьому світі, втрачається або витрачається даремно [20].

Зростає глобальний консенсус щодо того, що така ситуація є неприйнятною і що наші продовольчі системи потребують глибокої трансформації, щоб усунути основні причини їх нинішньої недостатньої ефективності з точки зору стійкості та справедливості.

Близько 30 % викидів парникових газів генерується в залежності від того, як виробляється, споживається та утилізується їжа. Високий попит на продукти тваринного походження в багатьох суспільствах і нестійка практика тваринництва також є одними з головних факторів руйнування середовища проживання та втрати біорізноманіття, зокрема вирубки тропічних лісів. Крім того, тваринництво та вирубка лісів є двома з трьох ключових факторів появи зоонозних хвороб із пандемічним потенціалом.

Очевидно, потрібен перехід до здорового та стійкого харчування. Однак останні дані показують, що близько 3,1 мільярда людей – або 40% усього людства – не могли дозволити собі повноцінне харчування в 2022 році, і очікується, що ця кількість буде ще більше зростати через триваючу тенденцію стрімкого зростання цін у всьому світі на продукти харчування та зростання нерівності. Ці проблеми ще більше загострилися через зростаючий дисбаланс сил між суб'єктами продовольчої системи, а також через вплив пандемії COVID-19, зміни клімату та збройних конфліктів по всьому світу, у т. ч. в Україні.

Продовольчі системи сприяють і впливають на ці взаємопов'язані проблеми нерівності, голоду та недоїдання, зміни клімату, втрати біорізноманіття, зоонозних захворювань і конфліктів. Покладаючись на все більш крихку та дефіцитну ресурсну базу, їжа, яка зараз виробляється, не забезпечує повноцінного харчування та здоров'я великої кількості людей у

всьому світі. Вчені забили на сполох: планета, що потеплішає, близька до кліматичних переломних точок із катастрофічними наслідками. Якщо моделі споживання та виробництва їжі не будуть працювати в межах планети, ризик порушення поставок їжі є реальним.

Відповідь на ці численні та взаємопов'язані виклики вимагає системного підходу, який розглядає низку складних взаємодій у виробництві та споживанні їжі. Програма SFS сприяє переходу до стійких продовольчих систем, до якого закликав саміт про продовольчі системи Генерального секретаря ООН у 2021 р., шляхом побудови синергії та розвитку співпраці між широким колом учасників та ініціатив. Програма включає низку положень та портфоліо проєктів, зокрема:

Підвищення обізнаності щодо необхідності переходу до більш стійких продовольчих систем і застосування цілісного системного підходу до вирішення питань продовольчої безпеки та харчування.

Розвинення спроможності і створення сприятливих умов для визначення пріоритетів, розвитку та впровадження стійких практик у всіх продовольчих системах за сприяння доступу до фінансової та технічної допомоги.

Урахування, класифікація, поширення, а також розробка доступних інструментів та методології для підтримки урядів, приватного сектору, фермерів, споживачів та інших суб'єктів задля сприяння більш стійким продовольчим системам.

Об'єднання ініціатив та розвиток партнерства для створення синергії та співпраці з метою створення стійких харчових систем.

Нижче наведено п'ять основних тем, які представляють основні точки входу в портфоліо проєктів програми SFS:

- стійкі дієти;
- стійкість вздовж усіх харчових ланцюжків створення вартості;
- зменшення харчових втрат і відходів;
- місцеві, національні, регіональні багатосторонні платформи;
- стійкі, інклюзивні, різноманітні системи виробництва продуктів харчування.

Інститут знань Infosys, який є світовим лідером у сфері цифрових послуг і консалтингу нового покоління пропонує цифрові технології як інноваційні рішення для продуктивності сільського господарства, пом'якшуючи пов'язані з цим ризики [21], спираючись на положення, які сформульовані нижче.

1. Агрокультура 4.0 є частиною четвертої хвилі промислової революції або Індустрії 4.0.

2. Конвергенція цифрового та фізичного світів у сільському господарстві відбувається паралельно з інтеграцією ІТ та операційних технологій (ОТ), ІТ-ОТ в Індустрії 4.0.

3. Програмне забезпечення з відкритим кодом, архітектури, фреймворки та API підтримують доступні цифрові технології.

4. Ройовий інтелект відіграватиме ключову роль для автономного землеробства в децентралізованому режимі самонавчання.

Технології можуть допомогти збалансувати продуктивність, зайнятість і стійкість (рис. 1.2). Вони пропонують доступні та інноваційні рішення для підвищення продуктивності, одночасно зменшуючи економічні та екологічні ризики [21].



Рисунок 1.3 - Технології збалансовують продуктивність, зайнятість і стійкість

У той час, як кілька галузей промисловості визначили технології сталого розвитку та кліматичної стійкості, сільське господарство ще не зробило цього в масштабах. Понад 25% населення планети потребуватимуть впровадження

екологічних методів землеробства для сталого майбутнього, враховуючи фрагментарний характер цього сектора. Технологічне втручання в сільське господарство загалом відбувається через фізичні шляхи, шляхом автоматизації завдань за допомогою техніки та цифрових шляхів, забезпечуючи інформаційні потоки, які допомагають своєчасному прийняттю ключових рішень. Параметри ґрунту, погодні умови та ціни на товари є прикладами даних, які допомагають фермерам вживати заходів щодо ефективності та підвищення врожайності.

Прагнення до сталого розвитку не обмежується межами ферм. За даними ООН, одна третина виробленої в усьому світі їжі, вартість якої становить близько 1 трлн доларів, викидається даремно через неналежний збір, транспортування та зберігання, а їжа псується на складах або в контейнерах. Отже, потрібні ефективні практики, які забезпечать більш стійкі моделі «від ферми до столу».

Очікується, що автономне землеробство забезпечить економічно ефективні рішення по всьому ланцюжку створення вартості завдяки постійному моніторингу полів, посівів, машин і погоди в реальному часі. Потенційні випадки використання включають оптимізацію шляху; зона покриття; використаний час техніки на оранку, культивацію та збирання врожаю; зниження операційних витрат; підключення процесів для моніторингу врожаю в реальному часі; матеріально-технічне забезпечення сільськогосподарського виробництва [22].

Сучасні системи та технології потребують інтеграції з мережами 5G, вдосконаленими автономними системами на основі штучного інтелекту, підключеними службами та інтелектуальними хмарними службами для наскрізної автоматизації робочого процесу. Автономні трактори та обладнання для прополки зведуть до мінімуму втручання людини, виключать помилки та заощадають енергію. Завдяки службам визначення місця розташування в реальному часі з мережами 5G різноманітне підключене сільськогосподарське обладнання виконує всі технологічні операції. Аналітика даних на основі штучного інтелекту покращить підключені інтелектуальні технології зрошення, щоб оптимізувати споживання ресурсів і виконати головну вимогу фермерів щодо зниження загальної вартості володіння.

1.3 Комплекс новітніх технологій для автоматизації управління виробничими процесами в аграрних підприємствах

Велика частина впровадження технологій 4.0, особливо великих даних і штучного інтелекту, базується на тому, що ці дані вже попередньо оцифровані на рівні збирання. Тобто на підприємствах уже налагоджено облік та встановлено датчики: досягнуто рівень 3.0. У контексті аграрних підприємств цей рівень відповідає організації систем точного землеробства.

На основі аналізу та узагальнення даних з інформаційних джерел можна виділити найбільш поширені засоби (пристрої) точного землеробства, які доцільно використовувати комплексно, вводити поетапно. Перелік і характеристики засобів узагальнено в декількох пунктах.

1. Пристрої, що взаємодіють із космічним супутником (GPS-обладнання типу навігаторів, приймачів, модулів), дозволяють визначати точне розташування на полі будь-якого об'єкта: трактора, агрегату, окремої рослини.

2. Частина інфраструктури – RTK-станція (Real Time Kinematic – дослівно «кінематика в реальному часі»): приймає сигнал від космічного супутника, уточнює, посилює і робить його прив'язку до конкретної місцевості із високим рівнем точності: ± 2 см. Технологія RTK дозволяє зберігати записану під час посадки траєкторію руху з високою точністю «3 року в рік» та застосувати її для наступних с.-г. операцій, таких як культивация просапних, збирання, вирощування культур за технологією no-till та strip-till. Радіус дії сигналу RTK-станції сягає до 50 км, в якому можуть моніторити одночасно до 300 одиниць транспортних засобів [23].

3. Різноманітні системи підтримки паралельного руху (курсопоказчики, автопілоти та ін.), що дозволяють досягти максимальної точності пересування техніки на полях: рухатися з мінімальними перекриттями гонів або й без них, чітко обходити перешкоди по технічних коліях. Підтримка паралельного водіння забезпечує не лише економію паливо-мастильних матеріалів, добрив, препаратів захисту рослин, але ширший спектр можливостей. Перші два компоненти у

взаємодії забезпечують систему паралельного водіння, головною є станція RTK. Принцип дії поправки сигналу RTK містить три складових:

1. Початкове визначення місцезнаходження. GNSS-приймач енергомашини визначає координати її положення на місцевості, а сукупність базових мережевих станцій автоматично знаходить найближчі станції RTK.
2. Обробка даних. Спеціальне програмне забезпечення на сервері формує кластер з декількох базових станцій, розташованих найближче до трактора.
3. Точні координати. Сервер повертає поправки з RTK на приймач трактора по мережі GSM, що дозволяє досягти точності до 2 см при виконанні агротехнічних робіт. Схематично дія станцій RTK показана на рис. 1.3.

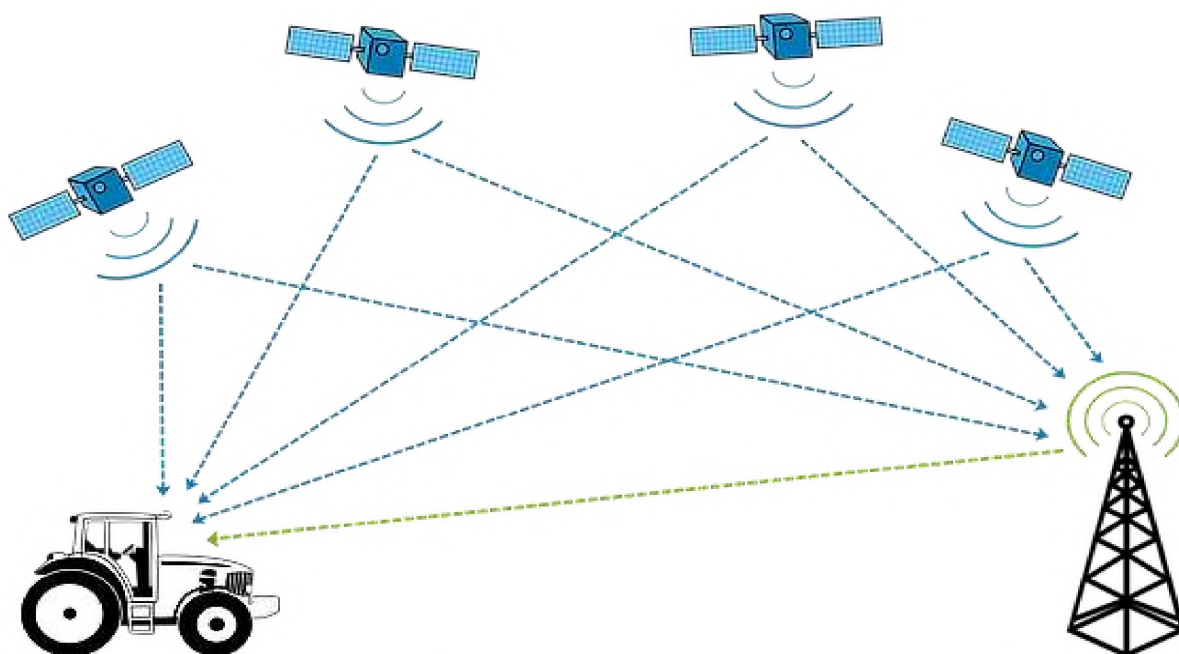


Рисунок 1.3 – Узагальнена схема дії RTK-станції [23]

Продовженням переліку основних компонентів точного землеробства є:

4. Особливий датчик N-Sensor для визначення потреби рослин в азоті дозволяє розрахувати дозу внесення добрива під час руху агрегату по ріллі на основі взаємодії з оприскувачем або розкидачем.
5. Безпілотний літальний апарат (квадрокоптер, дрон), який може виконувати дистанційно й точно окремі важливі операції: аерофотозйомку, стежити за переміщенням тварин, вносити локально добрива й ЗЗР.

6. Мобільна портативна метеостанція, яка надає точні показники температури й вологості, дозволяє вимірювати атмосферний тиск і на підставі даних робити прогноз погоди на найближчі 6 годин.

7. Інформаційна система фахівця з агрономії (аграрний офіс), яка дозволяє організувати управлінський і бухгалтерський облік, а також вести планування, контроль і аналіз кожного поля, відслідковувати історію сівозмін, процес вегетації рослин, проводити фінансові розрахунки та облік кадрів.

Можна навести достатньо прикладів реалізації поетапного впровадження всіх названих складових системи точного землеробства в Україні [24]. Однак, зважаючи на великі розбіжності розмірів аграрних підприємств (від сотень до десятків тисяч га земельного банку), різні природні та інші умови, розпочати системне впровадження в практику сільськогосподарського виробництва новітніх наукових розробок галузі ІТ та мікропроцесорної техніки можна з окремих складових. Наприклад, простим і цілком доступним елементом точного землеробства, використання якого можна почати в будь-якому господарстві, є навігаційні прилади паралельного водіння агрегатів. Усе більше господарств України вже мали можливість оцінити переваги таких пристроїв під час виконання польових робіт. Високу ефективність технологій паралельного водіння при виконанні обов'язкових технологічних операцій в галузі рослинництва показано, наприклад, в роботі [25].

Аналіз головних обмежуючих (уповільнюючих) факторів, з якими найчастіше стикаються при впровадженні цифрових технологій та систем в аграрному виробництві, проведено в багатьох наукових дослідженнях. До цих факторів відносять явища технічного характеру, зокрема: невідповідність поділу на зони управління (масиви полів) [10]; неготовність до обробки в єдиній системі великих обсягів даних, отриманих від численних датчиків та супутників, дронів тощо; несумісність окремих систем в обслуговуванні одного підприємства через різні стандарти [26], низький рівень якості забезпечення доступу до мережі інтернет у сільській місцевості. Особливу роль грає в цьому ж контексті готовність персоналу до інновацій та рівень знань. Дослідники багатьох країн

приділяють цьому фактору особливу увагу і вважають, що головною перешкодою є не технології, техніка, і навіть не фінанси. Основною перешкодою всюди у світі є культура організації та готовність персоналу. І це тим більше актуально для України [27].

Аналіз загальносвітових трендів та досвіду впровадження систем точного землеробства на підприємствах України, а також викладених вище окремих факторів, дозволяють сформулювати основну рекомендацію, яка, у випадку її реалізації, дасть можливість спростити та об'єднати процеси управління різноманітними програмними та апаратними засобами, що забезпечують ефективне управління всіма виробничими процесами в цілому та забезпечать у подальшому платформу до переходу на рівень виробництва Агрокультури 4.0.

Для розміщення первинних даних, їх подальшої обробки та прийняття рішень надзвичайно важливо використовувати єдину програмну платформу компанії. Вона повинна забезпечувати отримання та обробку даних із систем, що використовують різні програмні та апаратні рішення. Наприклад, дані, отримані з GPS-моніторингової системи для сільськогосподарської техніки, мають бути представлені не лише у вигляді таблиць MS Excel чи експортуватися до програмного забезпечення для фінансових розрахунків, але й використовуватися в системі, здатній моделювати виконання конкретної агротехнологічної операції або створення виробничого плану самого підприємства.

Водночас така високоспеціалізована платформа має містити добре спроектовану базу даних загального призначення, бути гнучкою, масштабованою та надавати користувачам достатньо зручний доступ [26]. Мова йде про високий рівень концентрації інжинірингових потужностей всередині компанії. При цьому більшість рішень базуються на прийнятих міжнародних стандартах.

Як додаткову перевагу, різні зацікавлені сторони такі як державні та законодавчі органи, переробна промисловість і приватне промислове виробництво підключіться до цієї інформаційної системи потоку даних для збору та передачі інформації, зможуть надавати технічну підтримку для фермерів [28].

В аграрному секторі це актуально та дозволяє досягти наступних технічних та системних переваг.

1. Високий рівень сумісності різнорідних програмно-апаратних засобів, які можуть бути різними в пристроях та машинах від різних виробників, що є фактом у більшості аграрних підприємств.
2. Підсилені можливості наступної інтеграції окремих різних підсистем в єдину систему керування окремим підприємством, а також зменшення витрат в межах великого об'єднання (холдингу).

Наприклад, за такою ідеологією діють передові промислові холдинги, в яких прийняті корпоративні політики щодо інтеграції АСУТП-MES-ERP, які базуються на стандартах ISA-88(IEC 61512) та ISA-95 (IEC62264) [29]. Застосування цих підходів дозволило значно оптимізувати витрати на процес інжинірингу. Використання таких стандартів має значний вплив на покращення простежуваності у виробництві, що для виробників агропродукції є особливо актуальним у контексті розширення експортної політики України в країни ЄС. Перспектива на майбутнє – побудова агропідприємств на комплексі технологій Агроіндустрії 4.0 з обробкою даних на єдиних платформах.

Висновки до розділу 1

За даними інститутів ООН у найближчі десятиліття в світовому сільському господарстві потрібно буде здійснити велику трансформацію, щоб задовольнити майбутні вимоги зростаючого населення і збільшити виробництво наявних продуктів харчування на 59–98 %. На сьогодні галузі сільськогосподарського виробництва розглядаються як комплексні агропродовольчі системи, що включають взаємодії між людьми, технологіями та природними ресурсами, які забезпечують виробництво, переробку, транспортування, зберігання та споживання продуктів харчування і мають перетворитися в стійкі продовольчі системи.

Агрокультура 4.0 обговорюється на світових майданчиках і форумах. Майбутнє сільське господарство масово буде використовувати складні технології Агрокультури 4.0, такі як роботи, датчики температури, хімічного складу та вологості, аерофотознімки та технології систем глобального позиціонування GPS. Ці передові пристрої та точне землеробство, точне тваринництво і роботизовані системи дозволять фермам бути більш прибутковими, ефективними, безпечними та екологічно чистими. Світові лідери у сфері цифрових послуг і консалтингу нового покоління пропонують цифрові технології як інноваційні рішення для підвищення продуктивності сільського господарства, пом'якшуючи пов'язані з цим ризики. Технології можуть допомогти збалансувати продуктивність, зайнятість і стійкість.

В конвергенції цифрового та фізичного світів у сільському господарстві спостерігається інтеграція інформаційних технологій та операційних технологій в Індустрію 4.0, що називається інтеграцією IT-OT. Точне тваринництво PLF визначається як управління виробництвом тваринництва з використанням принципів і технологій інженерних процесів.

Одним із підходів до підвищення доступності є розробка технологій із використанням програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом, архітектур, фреймворків і стандартизованих інтерфейсів прикладного програмування (API). Інтегровані платформи приймають дані, використовують робочий процес і забезпечують поєднання каналів даних із механізмами прийняття рішень на основі штучного інтелекту. Крім того, архітектури повинні використовувати сильні принципи модульного та гнучкого програмного забезпечення, мікросервісів і непатентованих програмно-незалежних моделей.

Подальшими завданнями в роботі є обґрунтування оптимальних складових (модулів) і функціональних характеристик інформаційної управляючої системи, на платформі якої можливо проводити обробку всіх видів даних, які збираються в ході виконання виробничих операцій в агарному виробництві. За основу обрана предметна область галузі рослинництва.

РОЗДІЛ 2

ПЛАНУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ АГРОЕКОСИСТЕМ В АГРАРНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ НА ОСНОВІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

2.1 Особливості роботи з масивами та типами даних в агроєкосистемах при впровадженні інформаційних систем у виробничу діяльність агропідприємств

Сучасні досягнення в області телекомунікацій, цифрових технологій, методів збору й оброблення інформації об'єктивно сприяють створенню принципово нових програмних комплексів, які здатні інтегрувати досвід багатьох спеціалістів в області агрономії, біології, економіки та інших суміжних областях діяльності [30]. Мета впровадження ІС в агрономії полягає в підвищенні продуктивності агроєкосистем.

Агропродовольчі системи (агроєкосистеми) – це комплекс взаємодій між людьми, технологіями та природними ресурсами, які забезпечують виробництво, переробку, транспортування, зберігання та споживання продуктів харчування. Ці системи є складними та залежать від багатьох факторів, таких як клімат, ґрунти, водні ресурси, технології, економіка, політика та культура [18].

Інформаційні технології дозволяють збирати, обробляти, аналізувати та передавати дані про стан ґрунту, рослин, клімату, ринку та інші фактори, що впливають на агрономічні процеси. За допомогою інформаційних систем і технологій агрономи можуть оптимізувати вибір сортів, планування посіву, застосування добрив, засобів захисту рослин, збирання врожаю та інші аспекти агротехнологій, що все разом сприятиме покращенню якості продукції, зменшенню витрат, збереженню ресурсів та навколишнього середовища.

План впровадження інформаційних систем в агрономії має включати цілі, завдання, ресурси, етапи та очікувані результати використання сучасних технологій для підвищення ефективності та конкурентоспроможності аграрного

сектору. Впровадження інформаційних систем в агрономії має враховувати специфіку регіону, потреби фермерів, наявність інфраструктури та фінансування, а також можливі ризики та виклики. Для розуміння складу технологій і вибору необхідного функціоналу ІС з метою автоматизації управління виробництвом у конкретному сільськогосподарському підприємстві необхідно провести значний обсяг підготовчих робіт.

Перш за все, всім зацікавленим сторонам необхідно чітко розуміти сутність і взаємозв'язок технологічних операцій, наприклад у галузі рослинництва, категорії оброблюваної інформації, а також перелік і форму вхідних і звітних документів, які створюються і обробляються в усіх обліково-технологічних процесах.

Отже, першим кроком до розуміння завдань і структури управляючої інформаційної системи, потрібно взяти до уваги наступні поняття і твердження з області технологій галузі рослинництва.

1. Технологія в галузі рослинництва це система організаційних, агротехнічних і технічних заходів, спрямованих на вирощування сільськогосподарських культур з використанням сучасних наукових досягнень, обладнання та методів. Елементарний склад технологій представлено на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Елементи технології вирощування агрокультур

Складові елементи технології (див. рис. 2.1) тісно між собою пов'язані. Технології визначаються специфічними засобами виробництва – ґрунтом, рослинами, кліматичними умовами [31].

2. Є фактом, що вирощування сільськогосподарських культур у різних природно-кліматичних зонах України потребує різних технологічних операцій у

різній послідовності: комплекс механізованих робіт є взаємопов'язаним; кожна попередня операція створює необхідні умови для наступної (додаток Б).

3. У рослинництві розрізняють технології: вирощування і збирання культур; виробництва, яке включає всі процеси отримання готового продукту; окремі технології окремих видів польових та дослідницьких робіт.

4. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур характеризуються як ресурсощадні та ґрунтозахисні, є частинами так званої індустріальної технології. Сутність полягає в тому, що за увесь період від висіву до збирання урожаю біологи, агротехніки та інші фахівці з біологічної науки ведуть спостереження за розвитком рослин, аналізують і за виявлення ознак порушення їх розвитку (вплив шкідників, захворювань і т. ін.) обробляють посіви широкозахватними агрегатами і вносять відкориговані дози добрив, гербіцидів або ЗЗР. При цьому дані про виконані роботи чітко фіксуються [32]. На всіх етапах вирощування доцільно застосовувати широкий спектр сучасних інформаційних технологій від точного землеробства до Агрокультури 4.0.

5. Запровадження технологічних комплексів, вибір сортів або гібридів рослин, підготовка ґрунту, системи удобрення, вибір методів посіву, догляд за посівами, захист від шкідників і хвороб, а також збір і зберігання врожаю забезпечує індустріалізацію і інтенсифікацію технологій виробництва продукції.

6. Технологічні операції забезпечуються відповідним технологічним комплексом машин: система машин, що складається із спеціальних самохідних машин (енергомашин), начіпних або причіпних машин і агрегатів, які використовують протягом усього циклу вирощування культур. Машини пов'язані за принципом повної механізації всіх видів робіт. Марки машин і їхні характеристики вказуються у звітних документах, обліку операцій тощо.

7. Частиною технології виробництва будь-якої продукції рослинництва є виробничий процес, що складається із послідовної зміни зв'язаних між собою виробничих операцій. До виробничих процесів належать: оранка, польові роботи, підготовка ґрунту, внесення гербіцидів, передпосівні роботи, сівба, внесення добрив іт ін., які виконуються за допомогою техніки.

8. Для оптимізації процесу виробництва та забезпечення його економічної ефективності створюють технологічні карти вирощування культур - детальні документи, які описують усі етапи агротехнічних операцій, необхідних для вирощування певної сільськогосподарської культури. Бланк технологічної карти (паперовий аналог) для прикладу представлений на рис. 2.2.

Технологічна карта виробництва _____

Урожайність, ц/га - _____ Органічних, т/га - _____

Попередник - _____ Мінеральних, кг д.р./га - _____

Рівень ресурсного забезпечення - _____ в тому числі: азотних, кг д.р./га - ____;
фосфорних, кг д.р./га - ____; калійних, кг

Клас ґрунтів - __, Група підприємств - ____

Номер операції	Технологічна операція	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Склад агрегату			Обслуговуючий персонал		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Витраш праці на весь обсяг робіт, люд.-год.	Тарифна ставка за нормозміну, грн.		Зарплата за весь обсяг робіт, грн.			Витрати палива, кг	
				енергом ашина	с.-г. машина		механізатори	інш робітники				механізаторам	іншим робітникам	механізаторам	іншим робітникам	разом	на одиницю робота	на весь обсяг робіт
					марка	кількість												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Рисунок 2.2 – Загальна структура технологічної карти вирощування культури

Автоматизація створення технологічних карт на основі бази даних підприємства та оперативних даних є обов'язковим завданням управляючої ІС, як і забезпечення формування всіх інших документів і звітних форм, що супроводжують аграрне виробництво і передбачені законодавством.

До основних факторів впливу на реалізацію потенціалу рослини відносять: погода, ґрунти, вибір насіння, вибір техніки, підготовка ґрунту, сівба, розподіл води, управління поживними речовинами, спостереження у період вегетації, боротьба зі шкідниками, хворобами, бур'янами, збирання. Необхідними елементами точного землеробства при цьому виступають: карти, віддалений моніторинг, технологічні рішення, погодні станції, моделювання ризиків, фінансові рішення, управлінські рішення.

Ефективне управління виробничими процесами у рослинництві на основі сучасної інформаційної системи передбачає перенесення операцій обробки даних про всі зазначені елементи виробничого процесу та підтримку прийняття рішень на програмно-технічний комплекс.

2.3 Обґрунтування вибору архітектури та функціональних характеристик інформаційних систем для аграрних підприємств

Експлуатаційні можливості сучасного комплексу технічних засобів, що використовується в ІС збирання і обробки інформації, дозволяють автоматизувати виконання багатьох процедур у функціях планування, обліку, керування, аналітики та ін.

Принципи планування класичної автоматизованої системи управління, які в значній мірі відповідають проектуванню ІС, одним із перших сформулював у 70-х роках минулого століття видатний кібернетик В. М. Глушков. Основні з цих принципів їх з урахуванням визначення ІС і сучасного рівня ІТ: принцип системного підходу до проектування; принцип декомпозиції; принцип моделювання; принцип додавання нових задач [33].

На основі урахування всього комплексу задач здійснення управління виробничими і супровідними процесами в діяльності аграрного підприємства, можна визначити, що сучасній ІС необхідна будова у вигляді програмних модулів, які органічно пов'язані між собою, і в той же час здатні працювати в автономному режимі. Така багатокомпонентна система забезпечує дотримання основного принципу побудови ІС – відсутності дублювання вводу вихідних даних. У той же час, інформація, що була отримана у результаті вводу чи обробки одним із модулів ІС, може бути використана будь-яким іншим її компонентом. При цьому така вузькоспеціалізована платформа повинна містити добре злагоджену й структуровану базу даних для загального призначення, бути гнучкою, масштабованою і забезпечувати зручний доступ користувачам.

На підставі поглибленого аналізу вже існуючих найбільш популярних як зарубіжних, так і вітчизняних цифрових платформ (Field View, Soft.Farm, Cropio) можна стверджувати, що найбільше оптимальними, економічними та географічно доступними (без прив'язки до робочого місця) є системи, що базуються на хмарових сервісах. Перевагою використання «хмарних обчислень» є можливість управляти витратами на програмне та технічне забезпечення й ефективне його використання, наприклад для послуги Software as a Service (SaaS) – «програмне забезпечення як сервіс» [34]. Успішні хмарні рішення слід застосовувати як зміну або розширення традиційних програмних рішень для технічної та фундаментальної реорганізації бізнес-моделі. За їх допомогою можна зберегти надвеликі обсяги даних, доступ до яких здійснюється з мобільних та персональних комп'ютерів.

Архітектура сучасних ІС, заснованих на хмарних обчисленнях, є модернізованим варіантом більш відомої клієнт-серверної архітектури. Клієнт (Client) – комп'ютер на боці користувача, з якого відправляється до сервера запит задля отримання інформації або виконання певних дій. Більш потужний комп'ютер або прирівняне до нього обладнання, – сервер (Server), призначений для виконання сервісних функцій за клієнтськими запитами (request), надання користувачам доступу до певних ресурсів, а також зберігання баз даних і управляючих програм.

Відомо, що хмарні обчислення – це програмно-апаратне забезпечення вебінтерфейсу чи віддаленого доступу. При цьому терміналом стає підключена до мережі робоча станція користувача, а сервери – обчислювальною хмарою [35]. Як відомо, основу клієнт-серверної архітектури складають два компоненти: клієнт і сервер. В такій моделі відбувається постійний обмін за схемою: запит (request) – обробка запиту – відповідь (response). Якщо приходить одночасно кілька запитів, то вони шикуються в чергу й виконуються сервером послідовно.

Відомо, що хмарні обчислення – це програмно-апаратне забезпечення вебінтерфейсу чи віддаленого доступу. При цьому терміналом стає підключена до мережі робоча станція користувача, а сервери – обчислювальною хмарою [35].

На сервері реалізуються наступні функції:

1. доступ, зберігання, захист і резервне копіювання даних;
2. обробка запитів клієнтів;
3. відправлення відповіді (результату) клієнту.

На боці клієнта реалізуються наступні функції:

4. надання інтерфейсу користувача;
5. формування запиту до сервера і відправка;
6. отримання результатів запиту від сервера і відправка додаткових команд (запитів на додавання, оновлення або видалення даних).

Принципи взаємодії між комп'ютерами визначені в архітектурі клієнт-сервер, а правила контактів між ними в мережі визначені в низці мережевих протоколів. В табл. 2.1 наведений опис всіх базових протоколів за призначенням.

Таблиця 2.1 – Мережеві протоколи і їх функції в архітектурі клієнт-сервер

Вид протоколу	Характеристика протоколу за функціями
TCP/IP	TCP/IP – це набір (стек) протоколів передачі даних і позначення всієї мережі, яка працює на основі двох протоколів – TCP і IP.
IP (Internet Protocol)	Один із перших протоколів, який відповідає за точність доставки повідомлень за заданим адресом. Реалізує пакетну доставку даних.
TCP (Transfer Control Protocol)	Служить для встановлення надійного з'єднання між двома пристроями, передачі інформації і підтвердження її отримання.
MAC (Media Access Control)	Протокол, за допомогою якого відбувається ідентифікація мережевих пристроїв. Всі пристрої, підключені до інтернету, мають свою унікальну MAC адресу.
ICMP (Internet control message protocol)	Протокол, який відповідає за обмін інформацією (повідомленнями), але не використовується для передачі даних.
UDP (User datagram protocol)	Протокол, який керує передачею інформації, але інформація не проходить перевірку при отриманні. Працює швидше, ніж TCP.
HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)	На основі протоколу передачі гіпертексту працюють всі сайти. Він запитує необхідні дані у віддаленій системі (вебсторінки, файли).
FTP (File Transfer Protocol)	Протокол передачі файлів зі спеціального файлового сервера на комп'ютер користувача
SSH (Secure Shell)	Протокол, який служить для забезпечення віддаленого керування системою по захищеному каналу.
POP3 (Post Office Protocol)	Стандартний протокол поштового з'єднання, який відповідає за доставку пошти
SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)	Визначає правила для передачі пошти. Відповідає за повернення або підтвердження про доставку, оповіщення про помилку

Інформаційна система, заснована на клієнт-серверній архітектурі, включає три основних компоненти: прикладний компонент, структурована база даних і спосіб її представлення, управління ресурсами і їх зберігання. Дворівнева і трирівнева клієнт-серверні архітектури розподіляють роботу з цими компонентами та між своїми рівнями по-різному. Дворівнева архітектура, при якій сервер отримує і обробляє запит без сторонніх ресурсів, як перша і класична, описана вище. Основним недоліком є обмеженість обробки великої кількості запитів в один момент.

Кількість видів операцій, яких потребує сучасне аграрне підприємство у розрізі виконання виробничих і управлінських функцій може буди надзвичайно великою. Потік даних потребує централізованого оновлення і вчасної доставки.

Багаторівнева клієнт-серверна архітектура, схема будови якої наведена на рис. 2.3 [37], дозволяє розподілити операції між кількома серверами і таким чином знизити навантаження на сервер, прискорити результат.

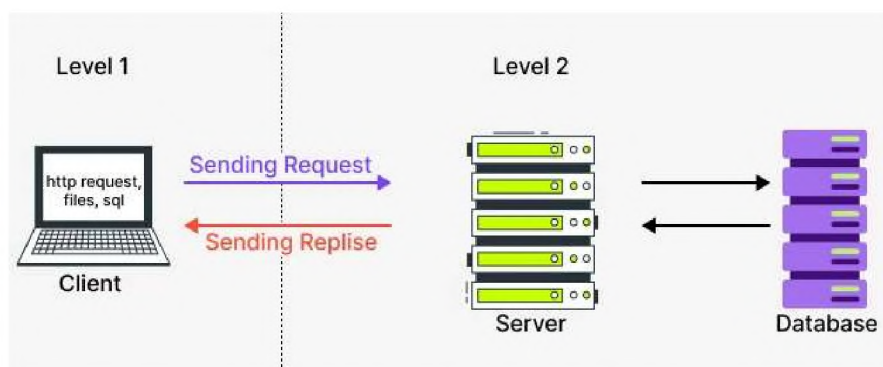


Рисунок 2.3 – Концептуальна схема дворівневої (багаторівневої) клієнт-серверної архітектури [37]

У трирівневій архітектурі (three-tier architecture) функції між серверами розподіляються таким чином, щоб забезпечити чіткий поділ логіки додатка, ефективність роботи та зручність масштабування:

1. Клієнтський рівень відповідає за інтерфейс користувача (UI) та отримання вводу від користувача;
2. Прикладний рівень (логіка та бізнес-процеси) - це «серце» системи, де реалізовані бізнес-правила та функціональність додатка (сервер додатків);

3. Зберігання та управління даними реалізоване на сервері бази даних (DB server), де відбувається виконання запитів до бази даних (читання, запис, оновлення, видалення), а також забезпечення цілісності та захисту даних.

Трирівневу архітектуру можна розширити до багаторівневої (N-tier, Multi-tier) способом встановлення додаткових серверів. Багаторівнева архітектура дозволяє підвищити ефективність роботи ІС, а також оптимізувати розподіл її програмно-апаратних ресурсів.

В якості прикладу багаторівневої інформаційної системи як варіанту рішення для будь-якого аграрного підприємства обрано вітчизняну систему Soft.Farm. Основна схема організації хмарної клієнт-серверної архітектури ІС Soft.Farm, яка розгорнута на платформі Amazon, показана на рис. 2.4.

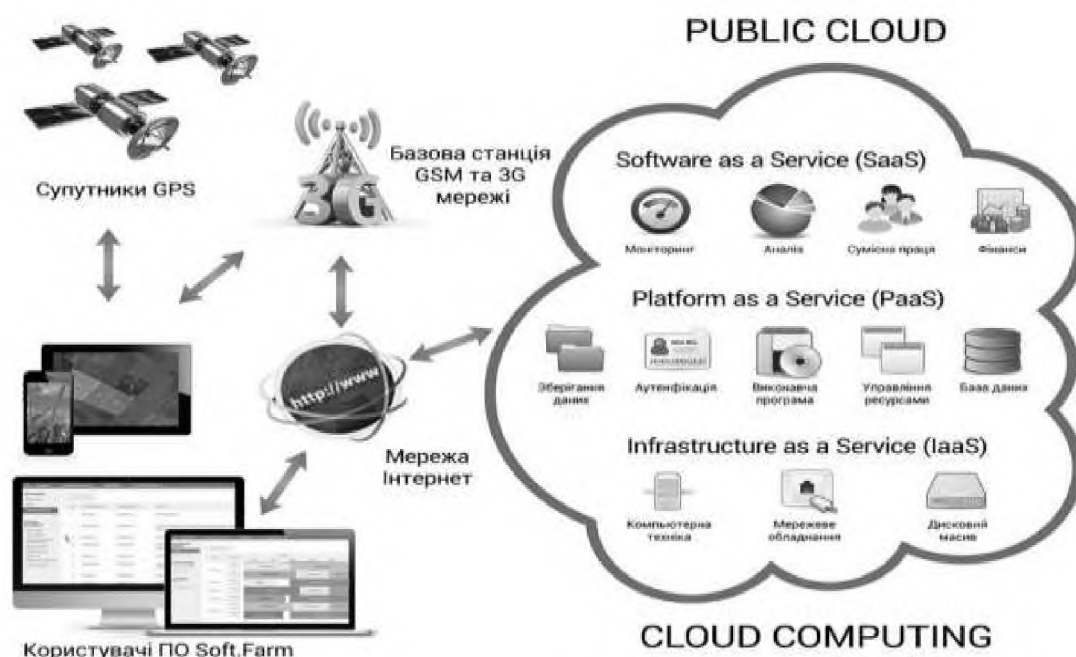


Рисунок 2.4 – Схема хмарних сервісів ІС Soft.Farm на платформі Amazon (розроблено на основі [27])

Система надає користувачам в онлайн доступі такі сервіси:

1. SaaS (програмне забезпечення як послуга) - моніторинг полів, аналіз даних, можливості сумісної роботи з даними, фінансовий аналіз);
2. PaaS (платформа як послуга): аутентифікація, управління ресурсами, бази даних, доступ до виконавчої програми);

3. IaaS (інфраструктура як послуга) із відповідними наборами функціоналів. Для зручності користування в базу даних системи уже внесено у вигляді структурованих словників безліч цінної інформації про всі види ґрунтів, марки добрив і засобів захисту рослин (ЗЗР), сільськогосподарських та енергомашин. Всі словники передбачають можливість доповнення новими даними, актуальними для конкретного підприємства.

Окрім загальної архітектури, інформаційні системи, які призначені для обслуговування завдань аграрного підприємства, зокрема в галузі рослинництва, повинні мати відповідний функціонал, який відповідає предметній галузі. В міжнародній термінології визначається спеціальний клас інформаційних систем – Farm Management Systems (FMS), який і вирізняє ці системи з-поміж інших (CRM, Project management і т.ін) [38]. У даній роботі надалі використовується саме така аббревіатура для позначення інформаційних систем для агрономії.

Наприклад, в роботі [28] проаналізовано сотні публікацій, пов'язаних із описом функцій та використанням FMS. Статистичний аналіз показав, що більш популярними функціями залишається облік ресурсів та фінансів (наявний у 17 з 38 розглянутих FMS) у порівнянні з прогнозами урожайності, погодними сервісами, управлінням врощуванням (7 із 38).

План впровадження інформаційних систем в управлінні агроєкосистемами має включати цілі, завдання, ресурси, етапи та очікувані результати використання сучасних технологій для підвищення ефективності та конкурентоспроможності аграрного сектору. FMS повинні охоплювати всі виробничі й технологічні ланки, які пов'язані з повним циклом вирощування окремих культур, завдяки включенню таких компонентів, як системи дистанційного моніторингу (стану ґрунтів, хімічного складу, вегетації рослин, хвороб і т. ін.), прогнозування погоди, оптимізацію технологій вирощування рослин, управління водними ресурсами, аналіз даних та інше. Як правило, більшість головних функцій реалізовані в спеціальних модулях з ідентичними назвами. В табл. 2.2 наведено необхідні складові інформаційної системи класу

FMS, які забезпечують автоматизацію етапів аграрного виробництва та управління ними.

Таблиця 2.2 – Ключові складові ефективного землеробства і методи автоматизації в середовищі FMS (узагальнено на основі [26])

Складова FMS	Метод автоматизації управління	Очікуваний результат
Земельний банк: - поля - земельні ділянки - договори оренди	Автоматизація управлінням земельним банком - GIS - CRM - агродрони	- консолідація земель - зменшення ризиків втрати - підвищення капіталізації компанії
Технічно-матеріальні цінності: - посівний матеріал - добрива - засоби захисту рослин - паливо	Автоматизація обліку, робочого часу, списання: - мобільний агроном - автоматизація АЗС, вагових - GPS-моніторинг техніки та операцій	- зниження витрат - оперативне прийняття рішень - контроль активів
Техніка: - геометрія руху по полю - норми виконання операцій - моніторинг виконання операцій	Впровадження точного землеробства: - паралельне водіння - моніторинг обробітку, висіву, виливу - управління нормами проведення операцій	- ефективність операцій - контроль дотримання технології - підвищення EBITDA (показник, що дорівнює обсягу прибутку до вирахування витрат за відсотками, сплати податків та амортизаційних відрахувань.)
Інформація - дані про земельний банк - дані по ґрунтам - метеодані - дані про виконані операції - дані про посіви та урожайність	Програмні продукти та сервіси: - супутниковий моніторинг - метеосервіси - системи точного землеробства - системи FarmManagement	- передача знань - єдине інформаційне поле - капіталізація компанії

Обґрунтування набору модулів та функцій FMS як єдиної платформи управління потоками даних в управлінні виробничими процесами в галузі рослинництва було представлено в роботі [39]. Функціонал найбільш відомих комплексних рішень для агровиробників (FieldView™ від Bayer [40], Soft.Farm [41], Cropwise Operations від Syngenta [42]) мають схожий набір виробничих модулів. Для практичного застосування проведено огляд функцій найбільш відомих на ринку України інформаційних систем класу FMS.

2.3 Порівняльний аналіз інформаційних систем управління виробничими процесами галузі рослинництва за функціоналом

На сьогодні передовим господарствам недостатньо просто облікових систем і програм електронної звітності, або ж окремих технологій моніторингу технологічних процесів. Для агропідприємств, які стали на шлях впровадження точного землеробства, поступового переходу на рівень Агрокультури 4.0 пріоритетним питанням є організація управління всіма виробничими процесами в середовищі спеціалізованої ІС та можливість поєднання на інтегрованій платформі потоків даних і формування більшості видів звітності. Оскільки автоматизація сучасного аграрного виробництва можлива на основі застосування лише комплексу ІТ і готових прикладних рішень, призначених для всіх етапів збору та обробки даних, підтримки прийняття рішень, то питання вибору професійної FMS є ключовим.

Такі гіганти ІТ індустрії, як компанії Microsoft, Intel, IBM та ін. вчасно зрозуміли стратегічні переваги для платформ у власному розвитку [43]. Сучасні розробники інформаційних систем також намагаються слідувати цим стратегіям, розробляють і впроваджують різноманітні промислові рішення на основі єдиних платформ. Відомими компаніями, що мають комплексні рішення для агровиробників, на сьогодні в Україні є, наприклад, IT-Enterprise [44] з платформою MASTER, ТОВ «Кварт Софт» і платформа Soft.Farm, ТОВ «СофтПро» і ПК «Універсал».

Міжнародні компанії широко представлені і конкурують в сегменті ПЗ на аграрному ринку України.

Для формування цілісної картини розглянемо функціональні характеристики та інші показники декількох популярних інформаційних систем різних розробників, які мають подібність підходу до аналізу даних, набору модулів і призначені для галузі рослинництва. Першим проведемо аналіз модуля MASTER: Агрономія, що включений до інформаційної платформи MASTER (табл. 2.3) і є технічним брендом компанії IT-Enterprise (додаток В).

В якості критеріїв порівняння обрано такі, що показують рівень адаптованості системи саме до облікових операцій та збору і обробки даних, забезпечення всіх операцій виробничої діяльності в галузі рослинництва.

Таблиця 2.3 – Основні характеристики ІС MASTER:Агрономія (за [45])

Назва характеристики	Короткий опис характеристики, дані, пояснення
Призначення ІС	Функціонал призначений для систематизації робіт агронома, можливості збору фактичних затрат на польові роботи і вирощування культур. Є окремим модулем в ІС класу ERP, з яким інтегрується
Країна-виробник	Україна, компанія IT-Enterprise
Функціональні можливості	- ведення обліку робіт, виконаних у розрізі культур; - ведення обліку фітосанітарних спостережень; - ведення обліку фенологічних спостережень; - ведення обліку метеорологічних спостережень.
склад додатка MASTER: АГРОНОМІЯ	ДОКУМЕНТИ: Виконані роботи – фіксація по факту виконаних робіт на полі та фіксація затрат у розрізі полів та культур; Фітосанітарні спостереження - фіксація наявності шкідників, хвороб та бур'янів на полі в культурі; Фенологічні спостереження - фіксація якості росту культури в певну фенофазу за допомогою характеристик росту культури; Метеорологічні спостереження - фіксація метеорологічних характеристик середовища в певний період; План спостережень за культурою в розрізі агрономів та фенофаз; План робіт агронома. ДОВІДНИКИ: Хвороби рослин, Характеристики якості культури, Шкідники рослин, Бур'яни, Фенофаза, Типи спостережень, Типи ґрунтів і показники якості. ЗВІТИ: Структура посівних площ, Польовий журнал агронома, Оперативний звіт про виконані роботи, План-факт витрат матеріалів, Журнал внесення добрив, Вирощування спостереження, Врожайність-збирання, План-фактний аналіз робіт агронома.
Можливість поєднання з іншими програмними продуктами	MASTER: Агро – модуль комп'ютерної платформи, яка має конфігурації: Агрономія, Комплексний облік для бюджетних установ; Документообіг, Тік, Бюджетування, Облік автотранспорту, Громадське харчування та інші, дозволяє поєднувати управління різними виробничими процесами на єдиній платформі
Наявність демо-версії	На умовах договорів про співпрацю і навчання
Тип встановлення на ПК	З 2020 року програмні продукти MASTER постачаються виключно у форматі веб-клієнт RMD. Є хмарне рішення
Технічні вимоги	Необхідні сервер та відповідне ПЗ. Вебклієнт RMD – підтримує будь-яку операційну систему: Windows, Linux, iOS, Android тощо

Платформа MASTER спеціалізується на рішеннях для управління бізнес-процесами всіх видів підприємств, але має спеціалізований модуль Агрономія (додаток Г), що робить його більш універсальним [46].

Для порівняння розглянемо міжнародну систему Cropio від Syngenta Group, яка призначена безпосередньо для управління агропідприємствами і має значну кількість користувачів в Україні. Детальні характеристики оновленої системи Cropwise Operations [47] (2021 р.) структуровані в табл. 2.4. на основі даних офіційного сайту системи [48].

Таблиця 2.4 – Основні характеристики Cropwise Operations (за даними [48])

Назва характеристики	Короткий опис характеристики, дані, пояснення
Призначення ІС	Система управління агровиробництвом
Країна-виробник	Система Cropio розроблена компанією N.S.T. New Science Technologies Ltd. З 2019 р. належить компанії Syngenta Group
Функціональні можливості	Програма складається із трьох базових модулів: Стан посівів, Агро операції (Планування робіт), Телематика (GPS Моніторинг), які охоплюють увесь перелік операцій у рослинництві
Характеристика головних модулів Cropwise Operations	- Функції модуля СТАН ПОСІВІВ: оцінка стану посівів — супутникові знімки високої та середньої роздільної здатності; історія полів; карти вегетації; карти рельєфу та схилів; точний прогноз погоди; опади; вологість ґрунту; температура повітря та ґрунту; активні температури; звіти оглядів полів; прогноз урожайності; повідомлення про опади та різке зниження вегетації. - Функції модуля АГРООПЕРАЦІЇ: планування агроробіт; розподіл норм внесення насіння, добрив, засобів захисту рослин; відбір проб ґрунту; тести ґрунту; карти аналізу ґрунту; карти текстури ґрунту; диференційоване внесення; планування збиральної кампанії. - Функції модуля АГРООПЕРАЦІЇ: планування агроробіт; розподіл норм внесення насіння, добрив, засобів захисту рослин; відбір проб ґрунту; тести ґрунту; карти аналізу ґрунту; карти текстури ґрунту; диференційоване внесення; планування збиральної кампанії.
Можливість поєднання з іншими програмними продуктами	Сторіо інтегрується з багатьма обліковими ІС, системами GPS моніторингу техніки, метеостанціями, дронами різних виробників, різними сенсорами та датчиками. Система дозволяє відстежувати погодинну та щоденну роботу, продуктивність та пересування техніки. Програма може надсилати автоматичні оповіщення у таких ситуаціях, як порушення швидкісного режиму, робота без плану, відсутність сигналу та інші
Наявність демо-версії	Cropwise Operations надається протягом 14 днів безкоштовно як пробна демо-версія на сайті
Тип встановлення	На всіх цифрових пристроях, від мобільного, планшета до хмарового сервісу. Може працювати Off-line
Технічні вимоги	Оговорюються для кожного конкретного користувача, загалом відповідають потребам стандартного ПЗ

За останні роки Syngenta Group стала власником чотирьох платформ управління сільськогосподарським виробництвом на ключових агроринках у

світі та об'єднала їх у нову бізнес-структуру Syngenta Digital, маючи на меті роль світового лідера цифровізації сільського господарства (понад 50 млн га сільгоспугідь керуються програмними продуктами компанії) [49].

В такому ж контексті, як це представлено в табл. 2.3-2.4 проводився аналіз інших ІС для здійснення управління виробничими процесами. Кожна система має певні оригінальні рішення, як наприклад, прогнозування урожайності в Cropwise, або набір супровідних модулів, які охоплюють усі економічні ланки підприємства і здійснюють управління виробничими, обліковими, фінансовими, та іншими програмами, як це пропонує програмний комплекс MASTER: Агрономія. Додатковими важелями до впровадження виступають цінова політика, доступність демо-версій, відкритість та масштабованість.

Комплексний аналіз та вивчення відгуків користувачів сприяли вибору серед всіх потужних розробок універсальної ІС Soft.Farm [50].

Вітчизняна система Soft.Farm пройшла шлях від спеціалізованої інформаційної системи з автоматизації управління виробничими процесами агропідприємств до сучасної потужної платформи, яка об'єднує геоінформаційну систему Кадастр.UA, і здатна інтегруватися з будь-якими іншими платформами.

Система є веборієнтованою, заснована на хмарних технологіях, призначена для організації та управління сільськогосподарськими роботами, базові модулі надаються у вільному доступі. Система розроблена у відповідності до потреб вітчизняного агросектору сільськогосподарських виробників, (словники базуються на основних компонентах аграрного виробництва, таких як ґрунти, пестициди, види шкідників, засобів захисту рослин, марок техніки тощо; формування звітних електронних документів здійснюється відповідно до переліку та вимог чинного законодавства). Здатність інтеграції з системами інших платформ класу ERP забезпечується відповідними API вебсервісу [51].

Вхід в систему для початку роботи здійснюється безпосередньо через вебінтерфейс системи [50], використання починається безкоштовно після реєстрації (додаток Д1).

Система Soft.Farm складається з модулів, які дозволяють забезпечити збір, обробку всіх даних, а також автоматизувати виробничі й планові процеси агропідприємств.

Модульність побудови IC Soft.Farm дозволяє обліковувати всі технологічні операції, які проводяться, здійснювати аналітику, генерувати звітні документи, розраховувати зміст, обсяги і вартість робіт. Модулі, що стосуються обліку земельних ресурсів і робіт є подібними до попередніх систем: «Агротехнологія», «Земельний банк», «GPS моніторинг техніки», «Картограми».

Модулі обираються за потреби, платні операції можна включати за потреби, що дозволяє управляти і функціоналом, і тарифним планом, поетапно впроваджувати. Перелік усіх модулів представлено на сайті у розділі «Рослинництво» (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Набір головних модулів IC Soft.Farm у розділі «Рослинництво»

Розглянемо на прикладах функціонал системи та технічні можливості головних модулів.

Фрагмент знімку екрану інтерфейсу IC Soft.Farm при роботі модуля GPS-моніторингу в розділі «Робота техніки» на прикладі реального підприємства представлено на рис. 2.6: показана карта пропусків при внесенні насіннєвого матеріалу із позначками по діям одиниць транспорту та зведеними даними по ділянці. Прапорці є спеціальними мітками для контролю за якістю внесення насіння і технологічними діями транспортних засобів по усуненню виявлених

недоліків. Режим дії транспорту: зупинка – усунення недоліків (внесення насіння там, де пропущене) – продовження роботи.

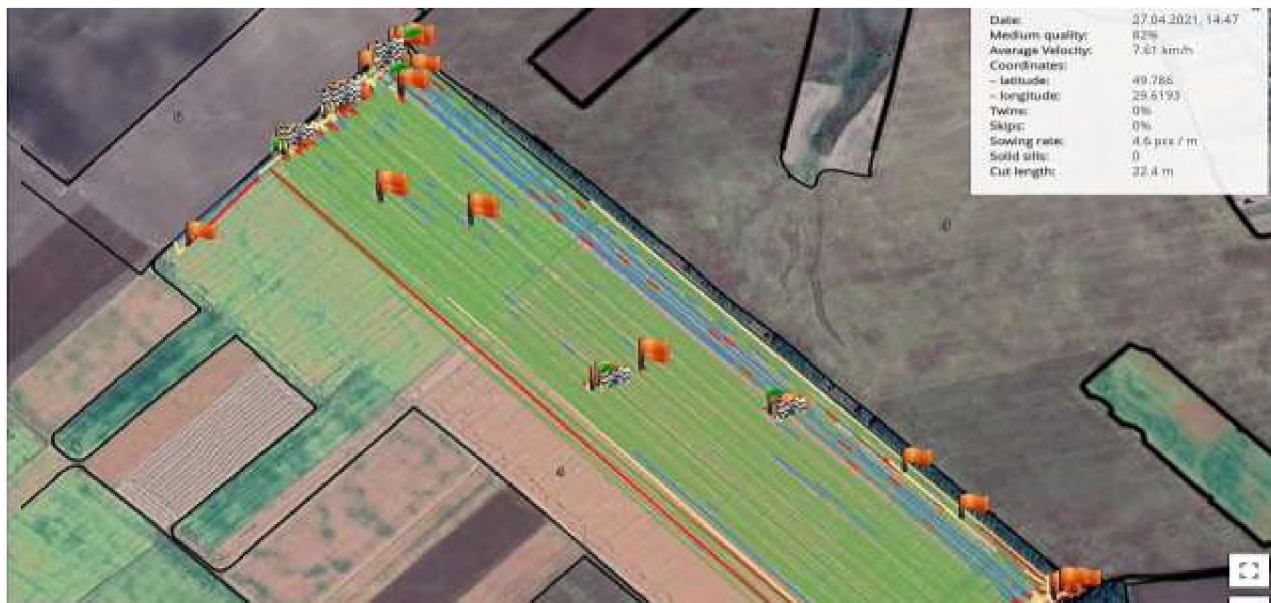


Рисунок 2.6 – Візуалізація контролю якості у процесі виконання польових робіт із відстеженням завантаженості одиниць техніки в режимі реального часу

По кольорам легенди (див. рис. 2.6) рисунку розпізнають: від норми 100 % (зелені зони) до синьої й червоної зони, в яких недостатньо внесені посівні матеріали. Для читання рисунків є довідник «Елементи картограм» (додаток Д).

Примітка. Наведені в подальшому приклади є результатом вивчення та узагальнення досвіду розробки і впровадження IC Soft.Farm у різних підприємствах галузі рослинництва різних регіонів України, надані для вивчення без анонсування конкретних даних в публічному доступі компанією-розробником.

Далі важливо звернути увагу на технологічні інструменти, які не завжди представлені в інших системах для агропідприємств, оскільки маємо справу із використанням міжнародної бази супутникових знімків. Наявність модулів, описаних в табл. 2.5, дозволяє не лише проводити «спостереження» явищ на ділянках полів, як основного місця проведення всіх агрономічних робіт. Важливим завданням є налаштування обміну даними з різними пристроями, форматами та програмним забезпеченням. Ці дані дають змогу проводити диференційоване збагачення добривами різних марок, що в фіналі дає економію, з однієї сторони, та більш чистий продукт – з іншої [52].

Таблиця 2.5 – Модулі IC Soft.Farm для обстеження полів на основі супутникових знімків та планування, контролю робіт

Назва модуля	Функції модуля в Soft.Farm
«Агроскаутінг»	Мобільний додаток IC за допомогою якого відстежують виконання завдань та проведення аналізу якості їх виконання, планові обстеження поля і складання звіту. Агроном у полі оглядає посіви та при виявленні проблемних ділянок, шкідників, хвороб, бур'янів і робить світліну. При цьому мобільний пристрій фіксує GPS координати світліни та додає інформацію до звіту: виявлені шкідники, хвороби, бур'яни; фазу розвитку рослини; визначає групу ризику; описує стан посівів
«Супутникові знімки, індекс NDVI»	Моніторинг посівів на основі знімків зі штучних супутників землі. Знімки відображають розподілення вегетаційної маси по полю, що дозволяє визначити ділянки з низькою вегетацією і розробити агротехнічні заходи для їх усунення. Аналіз індексу NDVI по роках допомагає визначити продуктивні та непродуктивні поля, оптимально сформувати сівозміну.
«Метео-спостереження»	забезпечує доступ до супутникових даних та об'єднує інформацію з метеостанцій різних виробників в одному інтерфейсі. Передбачено збір даних за допомогою ґрунтових датчиків вологості та температури, які встановлюються по полю на глибину від 50 см до 1 м і протягом 20 років передають інформацію на сервер. Модуль надає достатньо інформації, щоб виконувати польові роботи за сприятливих умов та не нести зайвих витрат.
«Контроль висіву»	Контроль роботи сівалок для мінімізації пропусків при посіву: на сівалку встановлюються датчики, в кабіні машини – монітор, на якому в реальному режимі відображається інформація про висів, дані додатково передаються на інтернет-сервер по каналах GSM-зв'язку. Роботу техніки можуть віддалено контролювати диспетчери та керівництво. У модуль «Контроль висіву» можливе підключення будь-якої системи контролю висіву, яка має функцію передачі даних на віддалений сервер. Система розрахує засіяну площу, витрати насіння та добрив, час роботи, створить картограму посіву, яку можна використовувати для планування врожайності, складання карт диференційного внесення добрив, а також для загальної оцінки якості виконаних робіт як по полю, так і по господарству.
«Контроль витрат ON-LINE»	Забезпечує збір, обробку та аналіз інформації із різних джерел про хід виконання робіт по кожній із технологічних операцій, тобто актуальний аналіз план-факт.

Кілька прикладів результатів обробки інформації та візуалізації завдань для подальших робіт представлено на основі експериментальних даних компанії.

На рис. 2.7 показано принцип використання даних хімічного аналізу ґрунту поля по концентрації мінеральних речовин для росту культури. На основі виконаних замірів хімічного аналізу ґрунту поля створюється карта. Справа – технічне завдання для технологічного приладу (енергомашина + навісне обладнання) для внесення відповідних добрив.



Рисунок 2.7 – Результати хімічного аналізу поля (зліва) по концентрації поживних речовин та технічне завдання по диференційованому внесенню добрив (справа) в IC Soft.Farm

Кольорами (див. рис. 2.7) позначені рівні насиченості ґрунту: від найменшого рівня (10 кг/га, зелений колір) до найвищого рівня (30 кг/га, червоний). Технічне завдання завантажується в комп'ютер машини для диференційованого внесення добрив, мінеральних речовин для вирівнювання загального насичення ділянки. Ефективність використання диференційованого внесення добрив порівняно із внесенням по нормам складає в середньому 15 %.

На рис. 2.8 наведено графічне зображення NDVI (Normalized difference vegetation index) на прикладі підприємства, зареєстрованого в Україні. Колірна гамма кожного значення індексу NDVI дозволяє відобразити однорідність рівня рослинності або насиченість рослинної маси по точкам поля, що дозволяє виявити неоднорідні ділянки та розробити відповідні агротехнічні заходи.

Аналіз NDVI за роками допомагає визначити продуктивні та малопроодуктивні поля, отримана інформація допоможе оптимально сформувати сівозміну. Аналіз індексу NDVI виявить поля, на яких протягом п'яти років жодного разу не було високого врожаю. Фахівці зможуть вирішити: або вкладати кошти в добрива, або, наприклад, сіяти на корм багаторічні трави.

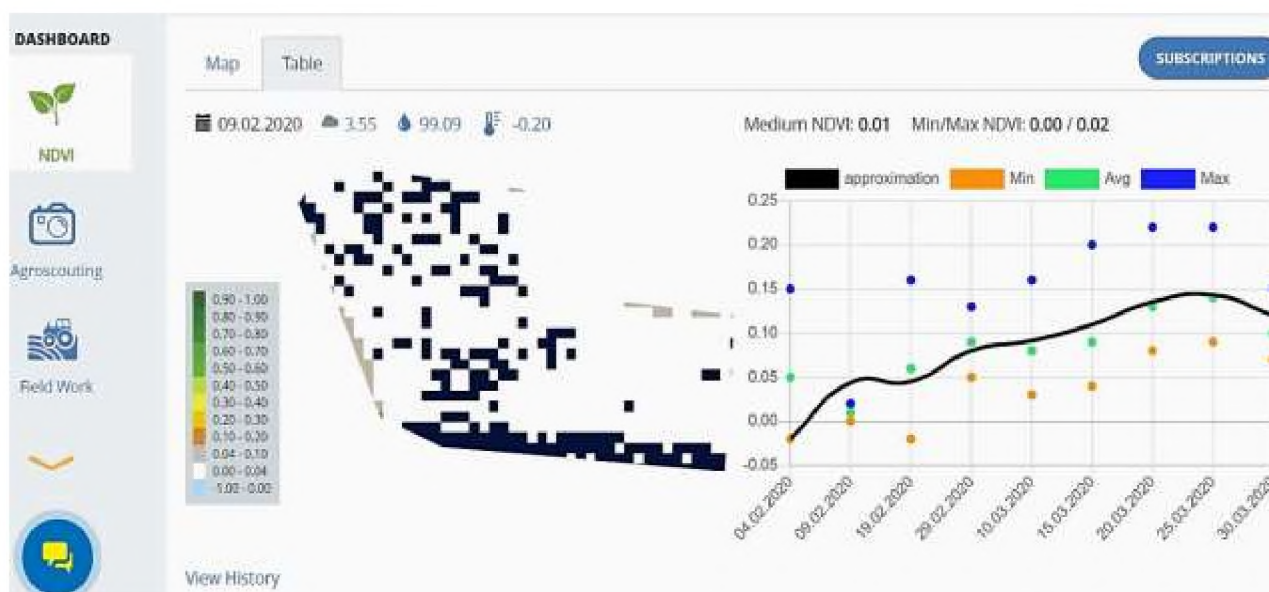


Рисунок 2.8 – Приклад візуалізації результатів роботи модулю NDVI за 1 місяць

На наступних етапах впровадження ІС виконує роль інтеграційного центру аналізу, обробки інформації та прийняття рішень. Сюди відноситься бюджетування, контроль доходів і витрат, управління персоналом, проектами, продажами, договорами та документацією та багато іншого. Тому агрокомпанії часто додатково впроваджують CRM-системи (управління взаєминами з клієнтами) та BPM (управління бізнес-процесами), що забезпечує виконання більшості завдань і може інтегрувати інше наявне програмне забезпечення. На основі BPM-системи також є галузеві рішення для управління земельним фондом, прогнозування врожайності на основі статистичних даних, планування земельних робіт, посіву і збору врожаю» [52]. Однак, вивчення досвіду практиків показує, що платформи потрібно створювати на основі виробничих систем.

Висновки до розділу 2

Поступове збільшення потоків великих обсягів даних при виконанні численних виробничих операцій може бути інтегровано та ефективно опрацьовано лише на платформах спеціалізованих інформаційних управляючих систем. Потік даних потребує централізованого оновлення і вчасної доставки.

Обґрунтованою є трирівнева і багаторівнева клієнт-серверна архітектура FMS, яка базується на хмарних обчисленнях.

Вибір функціоналу та складових для автоматизованої ІС має базуватися на детальному супроводі й відображенні всіх видів операцій та відповідних даних, що виникають у процесі їх виконання. Складові елементи технології вирощування агрокультур поєднують матеріальні, технічні, організаційні заходи. Технології визначаються специфічними засобами виробництва – ґрунтом, рослинами, кліматичними умовами.

Для автоматизованого управління виробничими процесами в аграрних підприємствах існує достатньо сучасних рішень типу FMS. Найпотужнішими та популярними з них є системи Cropio, Master: Agro, Soft.Farm, які задовольняють потреби агровиробників у контролі більшості технологічних операцій, підтримують збір і обробку великих обсягів даних на віддалених серверах. Для прикладу серед представлених для впровадження відповідних вітчизняних і зарубіжні платформ розглянута архітектура Soft.Farm.

Обґрунтовано доцільність модульної побудови ІС для вирішення різних технологічних та управлінських завдань, а також можливість варіювати конфігурацією системи.

Основним трендом на сьогодні є вирішення питання інтеграції різноманітних програм на єдиних платформах, які б дозволяли проводити обмін даними, поєднувати результати, отримані з моніторингу і обробки як геоданих, так і обліку [50]. Надання послуг із підбору відповідного комплексу програмного забезпечення є перспективним напрямом ІТ-бізнесу на основі здійснення аналітики потреб та пропозиції на ринку [53]. Для ілюстрації описаних можливостей FMS в наступному розділі наведено зразки виконання окремих управлінських операцій та використання взаємопов'язаних даних для проведення аналітик та прийняття рішень на прикладі FMS Soft.Farm.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ ПРОЦЕСАМИ ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА АГРАРНОГО ПІДПРИЄМСТВА В СЕРЕДОВИЩІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Створення інформаційної бази об'єктів виробничої діяльності аграрного підприємства на платформі Soft.Farm

Процес впровадження та використання FMS Soft.Farm, після проведення всіх підготовчих робіт і реєстрації в реальній системі, починається зі створення баз даних і, перш за все, збору інформації про поле. Для збору інформації використовуються дистанційні методи зондування, зокрема аерофотозйомка, супутникові знімки, збиральна техніка, обладнана системою моніторингу урожайності, автоматичні ґрунтові пробовідбірники спільно з GPS-приймачами.

В експериментальній частині роботи використані дані окремих підприємств без вказування назв та локації. Окремі дані являють собою типовий набір характеристик середнього фермерського господарства і обиралися із різних довідників, що є у відкритому доступі. Розглянуто модель підприємства, що займається галуззю рослинництва з технологіями точного землеробства, розташоване на території Полтавської області і потребує управління виробничими процесами на основі ІС. В якості прикладу впроваджуємо систему Soft.Farm (Ядодаток Д, рис. Д.1). Після реєстрації підприємства через вебсайт системи (Ядодаток Д, рис. Д.2) і входу з'являється перше повідомлення із привітанням нового користувача та запрошення обрати вид господарської діяльності (рослинництво). Першим кроком є вибір меню налаштування даних нового користувача (фахівця, директора) яке наведено в додатку Д, рис. Д.3.

Наступним кроком є робота із внесення початкових даних, заповнення профілю підприємства. ІС Soft.Farm підготовлена до роботи таким чином, що містить великий набір загальних і технологічних заповнених довідників (додаток Д, рис. Д.4), як, наприклад, типи угідь, типи ґрунту, водні режими, шґгрупи культур, типи ЗЗР, ґрунтові шари. Інші довідники призначені для

стіорення бази даних конуретного підприємства: відділення, поля, схеми сівозміни. Довідники енергомашини, сільгоспмашини також заповнені, але можуть редагуватися, доповнюватися і відповідності даних підприємства.

Розглянемо приклади поетапного внесення первинних даних до системи та наповнення окремих словників. Налаштування ІС для початку роботи з даними обраного підприємства починають із розділу «Профіль організації» із пункту меню «Налаштування». На моніторі з'явиться меню із підпунктами, в яких необхідно здійснити правки та налаштування (рис. 3.1).

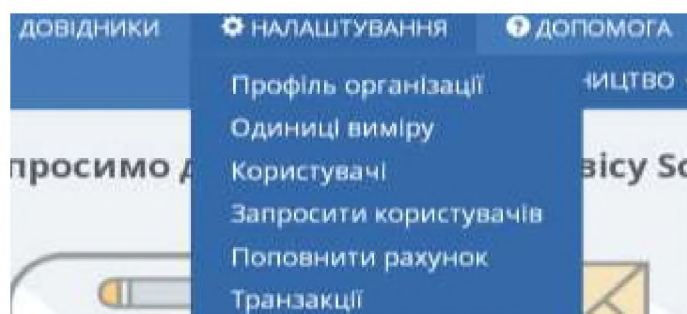


Рисунок 3.1 – Перелік підпунктів розгорнутого розділу головного меню «Налаштування»

Завдяки налаштуванню профілю організації і введення реквізитів (ЄДРПОУ, МФО, IBAN) в системі буде автоматизовано заповнення багатьох електронних документів, наприклад, рахунків (додаток Е). Налагоджують також довідники одиниць виміру, даних про користувачів, запрошення і розподіл повноважень між всіма користувачами системи на підприємстві. Першим користувачем системи є, як правило, головний спеціаліст або директор – особа, яка має доступ до всіх даних підприємства і показників виробничої діяльності. Анкетні дані внесені автоматично у систему при реєстрації. Можуть бути відредаговані у розділі «Профіль».

Згідно призначених ролей передбачено надання відповідних функціональних прав по управлінню створеним інформаційним порталом. При цьому слід врахувати таку відповідність повноважень.

Власник – особа, яка провела реєстрацію підприємства і їй надано право управляти інформаційними ресурсами без обмежень.

Адміністратор – особа, яка має права для керування всією системою Soft.Farm.

Користувач – особа, яка працює на підприємстві і запрошена власником до спільного управління інформаційними ресурсами, реєструється в системі через e-mail після запрошення власника чи адміністратора.

Власник має найбільші повноваження, а його інтерфейс відрізняється від запрошених співробітників – користувачів. Власник, наприклад, моніторить обсяги використаного хмарного сховища і приймає рішення про розширення пам'яті через спеціальний довідник SF.Cloud (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Початкові дані про обсяги використаного простору в SF.Cloud

На рис. 3.3 представлено склад довідника «Відділення», заповненого для тестового підприємства на прикладі географічних даних Полтавського району.

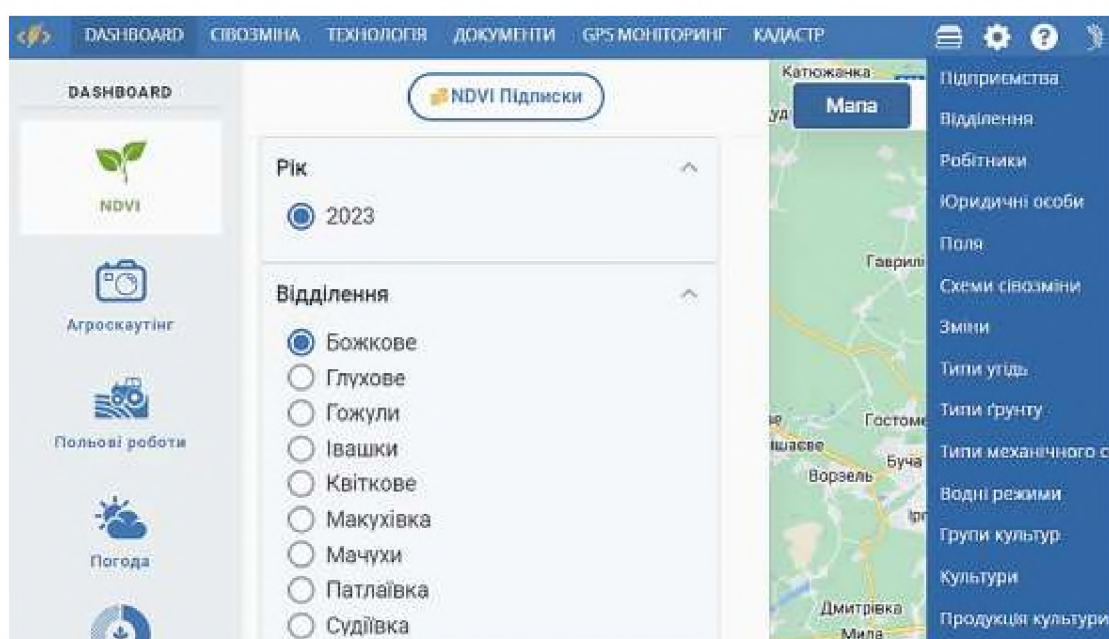


Рисунок 3.3 – Перелік відділень, внесених у довідник «Відділення»

При реалізації плану впровадження ІС взято до уваги, що більшість аграрних підприємств мають у загальному землекористуванні не менше декількох тисяч гектарів земельних угідь і розташовані на територіях декількох населених пунктів (так званих відділень), що відносяться до однієї з природно-кліматичних зон, для яких є характерним набір типів ґрунтів, водного балансу тощо. При проведенні обліку та планування різних сільськогосподарських робіт прикладними об'єктами ІС виступають певні характеристики відділень господарства, полів, що відносяться до кожного з відділень та ділянок, з яких і складаються самі поля.

Отже, на початку застосування ІС Soft.Farm, необхідно продовжити її налаштування та здійснити внесення вихідних даних у спеціальні довідники, що будуть у подальшому застосовані при виконанні більшості технологічних операцій на підприємстві. У довідники «Відділення», «Поля» та «Схеми сівозміни» розділу «Довідники» вносять дані, що стосуються підприємства, у якому впроваджується дана система. Приклад наведено на рис. 3.5.

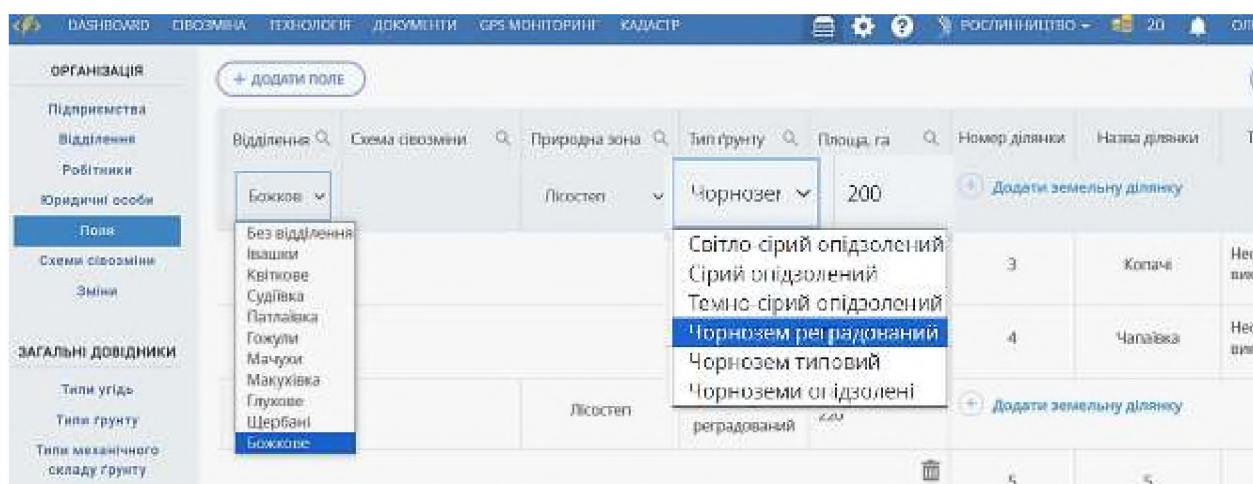


Рисунок 3.4 – Приклад процесу заповнення даних про всі поля всіх відділень

Довідник «Поля» є одним із ключових для подальшої роботи, заповнюється після введення даних про відділення, а також на основі довідників «Природна зона», «Типи ґрунту», «Тип угідь» (див. рис. 3.4) разом із первинними даними (площа, номер, тип ділянки). Для введення нових даних слугує кнопка «Додати»: у наведеній формі з'явиться рядок для введення даних. При цьому довідникові дані взаємопов'язані між собою певними відношеннями. Наприклад, при виборі природної зони розміщення земельних угідь автоматично формується список вибору типів ґрунтів, характерних саме для цієї зони

(див. рис. 3.4). Для збереження даних необхідно натиснути кнопку «Зберегти». Дані про сівозміни на початковому етапі відсутні, тому наступним кроком є формування довідника «Сівозміни» для підприємства. Сівозміна – це «...чергування сільськогосподарських культур (і пару) у часі і на території згідно з науково обґрунтованими для певних культур нормами періодичності, що базуються на особливостях біологічної взаємодії культур та впливу їх на родючість ґрунту [54]». IC Soft.Farm надає змогу користувачам створити схеми сівозміни у господарстві з урахуванням сучасних наукових досліджень у даній області. Принцип створення довідника «Сівозміни» аналогічний до створення довідника «Поля» за винятком введення даних до стовпця «Кроки сівозміни». Активувавши поле цього стовпця, з'являється вікно (рис. 3.5) із переліком культур довідника «Культури» у схемі сівозміни та вибору періоду їх застосування через вбудований Календар (рис. 3.6).

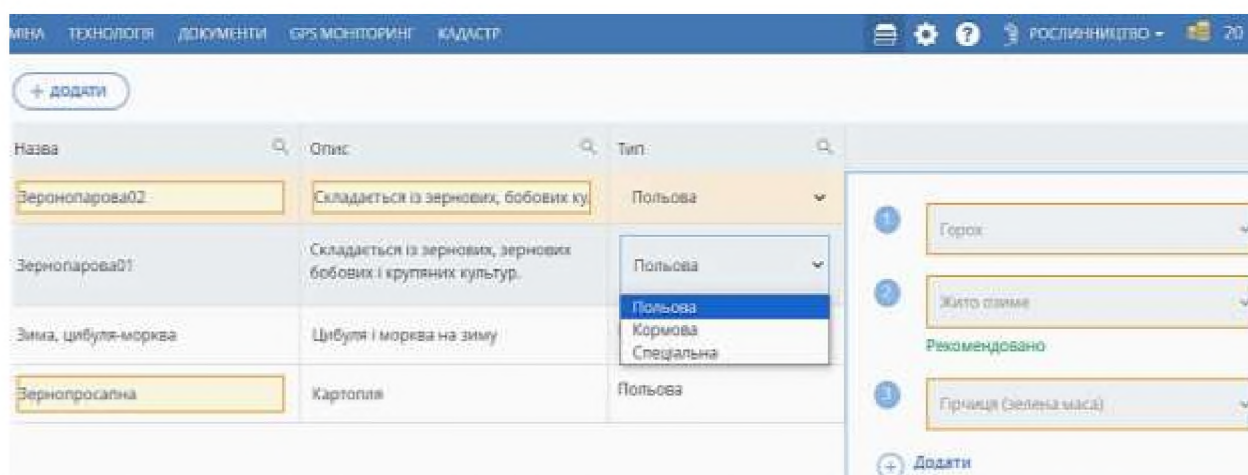


Рисунок 3.5 – Фрагмент заповнення довідника «Схема сівозміни»

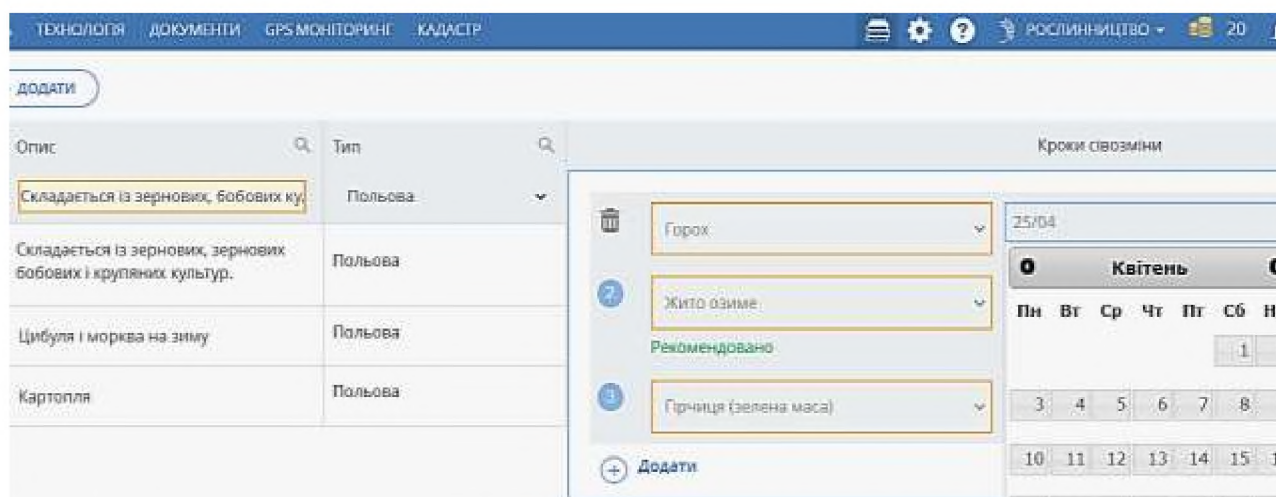


Рисунок 3.6 – Приклад заповнення дат висіву і збору у розділі «Кроки сівозміни»

При вдалому виборі пари попередник–наступник з'являється підпис «Рекомендовано» (або задовільно, погано): агроном має підтримку рішень. Більша частині інструментарію IC Soft.Farm призначена для створення і обробки з максимальною точністю та оперативністю інформації про всі показники полів (див. табл. 2.4).

Окрім довідників система містить і більш ефективний інструментарій у вигляді електронних мап полів із можливістю завантажувати, обробляти та обліковувати геодані. Програма надає інструменти для створення електронної мапи власного господарства. Обриси облікових ділянок можна виконати вручну або імпортувати наявні виміри GPS [55]. Створення електронної мапи полів починається у розділі «Сівозміна» головного меню. Пункт «Мапа полів» відкриває вікно електронної мапи господарства. Початкова позиція представлена в додатку 3 (Трис. 3.1).

Обравши пункт «Мапа полів», переходимо до вікна електронної мапи господарства. Далі, використовуючи наявні інструменти програми, наносяться контури ділянок всіх полів у всіх відділеннях. Процес обведення контурів поля показано на рис. 3.7.

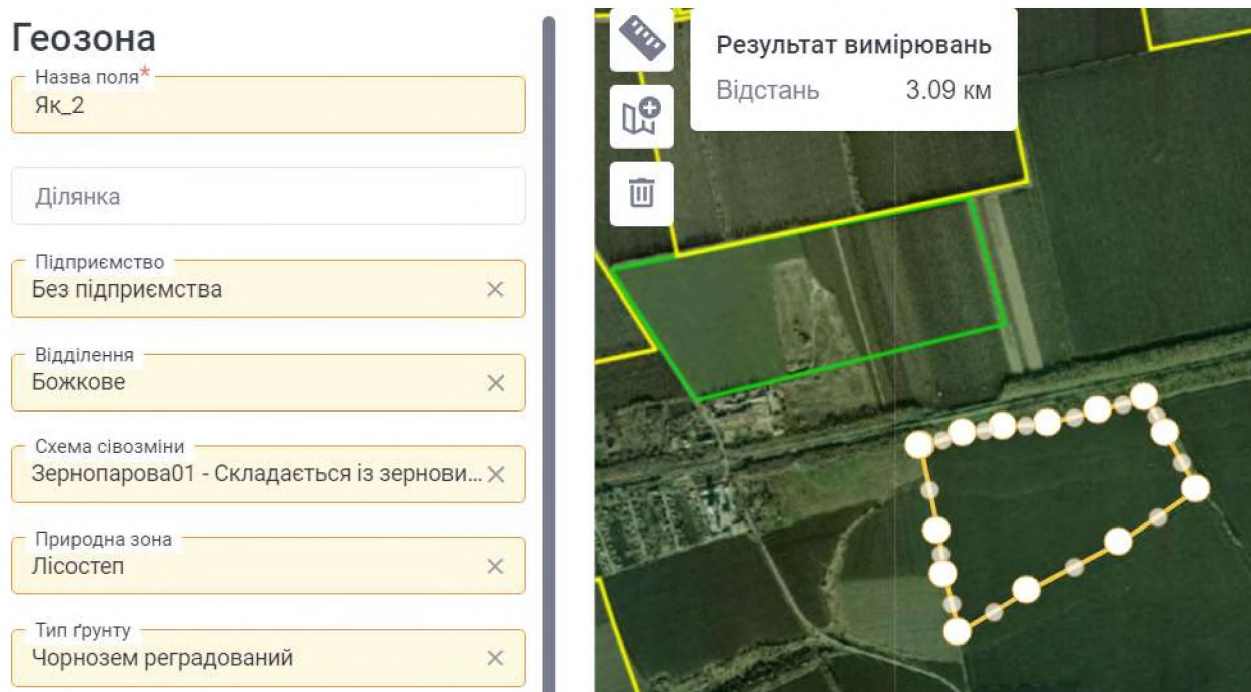


Рисунок 3.7 – Зображення фрагменту електронної мапи з відміченими контурами ділянки поля, розрахунком площі

Після завершення (замикання) контуру система видає площу та периметр ділянки, а також можливість обрати кольорову легенду для розмітки насаджень. Дану фігуру можна зберегти в спеціальному форматі KLM для геоданих і використати файл в іншій геосистемі або заархівувати. Остаточне збережене поле буде містити в системі всю інформацію, яка відображається із заповнених довідників в одному вікні (рис. 3.8).

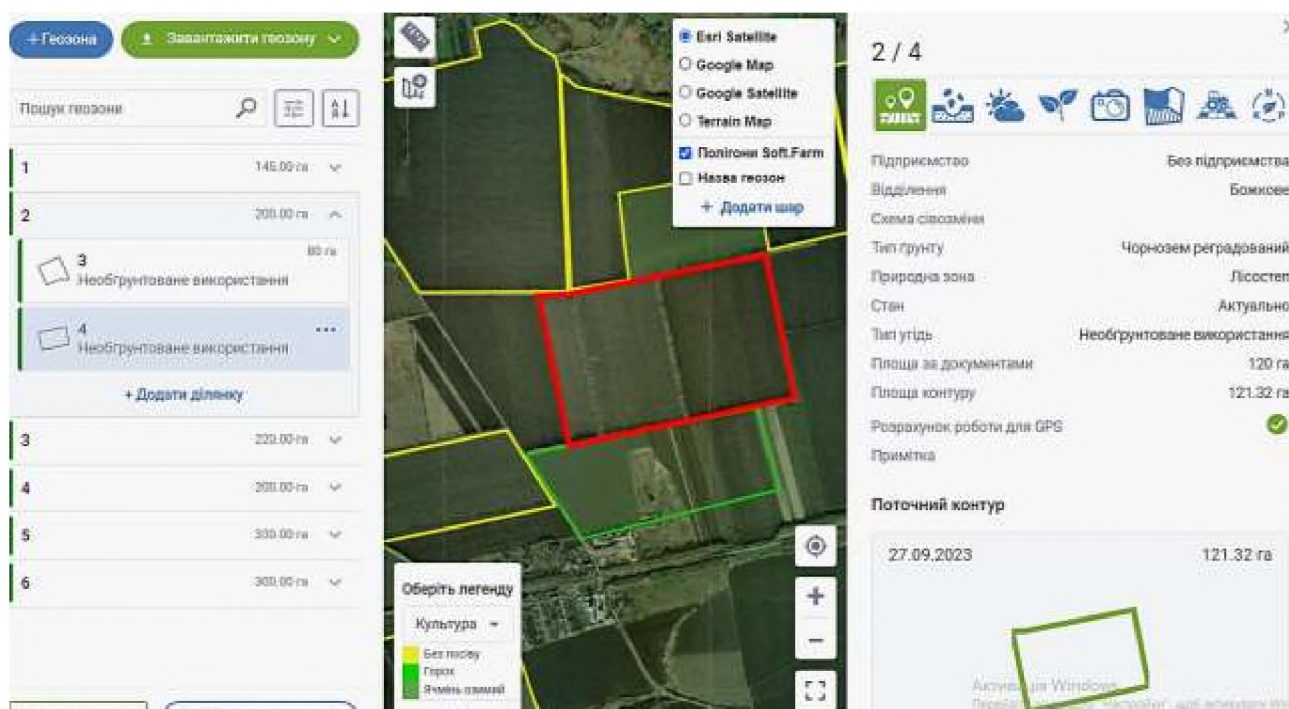


Рисунок 3.8 – Виведення виділеного поля на мапі як геозони та паспорту поля

У лівій частині вікна представлено перелік всіх полів з нанесеними контурами та площею, а в правій частині – паспорт поля, яке виділено на мапі, його схема та дані про виміри (див. рис. 3.8). Для демонстрації було обрано шар ГІС Esri Satellite. Після нанесення контуру (або задавання точних координат поля за допомогою сучасного гаджету і технологій GPS) буде підрахована площа кожної ділянки. Для уточнення площі та контурів передбачена можливість редагування мапи полів. Збережені раніше файли у форматі KLM або інших форматах можна завантажити і обробити в системі.

Після завершення описаних вище операцій можна виконувати певні управлінські та облікові роботи, що по'язані з рослинництвом. Інші словники продовжують редагуватися далі. Приклади певних робіт, які можна виконати в системі, наведено в наступному підрозділі.

3.2 Результати обробки управлінської та виробничої інформації щодо продуктивності агроєкосистем у середовищі FMS на прикладі Soft.Farm

Розглянемо приклади планування і контролю традиційних операцій, пов'язаних із виробничою та управлінською діяльністю галузі рослинництва, у системі Soft.Farm: схеми посівів, результати висіву, планування врожаю та інші. Тут використовується вся попередньо уведена інформація про поля в довідниках.

Для створення посіву у розділі «Сівозміна» є підрозділ «Посів», вікно якого вже містить дані про поля підприємства (дані, які вводились у довідник «Поля») та часовий графік розміщення культур по датам, рокам. Форма «Посіви» заповнюється напівавтоматично зі списками вибору культур, дат, сортів, а також вводиться планова й фактична урожайність, розраховується валовий збір з урахуванням площі поля (рис. 3.9).

Продукція культури	Запланована врожайність, т/га	Запланований валовий збір, т	Фактична врожайність, т/га	Фактичний валовий збір, т
Зелена маса	2	320	1.8	288

Рисунок 3.10 – Зображення вікна форми «Посів» із заповненими полями

Вікно відкритої форми дозволяє створювати посіви на відповідних полях площі за вибором культури або на підставі уже створених схем сівозміни. При створенні посіву за вибором культури зручно скористатися списком культур із довідника системи, вибором сорту. Жовтим відмічені введені дані включно із планом урожайності. Для введення даних по датах посіву та збору врожаю передбачене використання календаря із прокруткою по вибору місяця року і дат: у вікні «Посів» буде виведено зображення часового терміну вирощування уведених культур у вигляді кольорових прямокутників із вказанням сорту, планового збору (рис. 3.10).

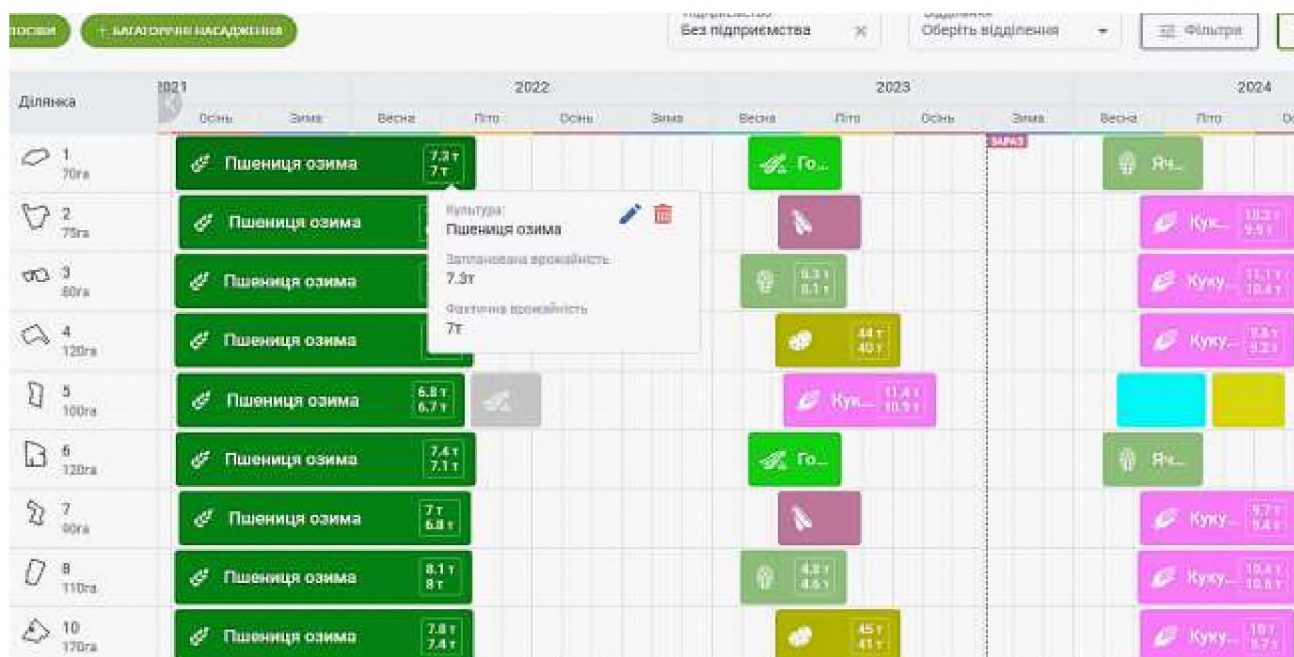


Рисунок 3.10 – Вид плану посівів на ділянках у вікні «Посіви» IC Soft.Farm

Наступні кроки введення даних про посіви будуть супроводжуватися появою рекомендацій від IC по вибору наступників для посіву на відповідній ділянці поля із врахуванням попередника. Тобто, IC, обробивши дані, що введені у відповідні словники, і ті, що сформовані розробниками IC по відповідному алгоритму, висвітлює рекомендації по вибору тієї чи іншої культури.

Потужним інструментом є здійснення комплексного аналізу посівних робіт у модулі «Контроль висіву» (рис. 3.11).

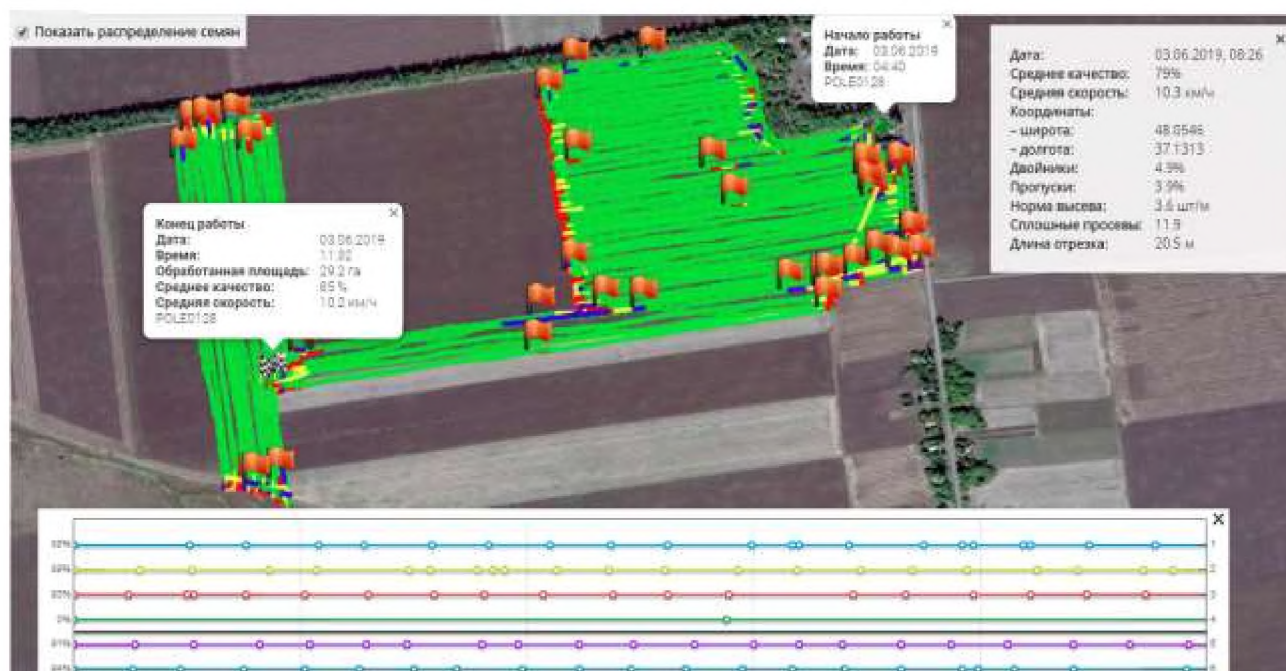


Рисунок 3.11 – Картограма посіву, створена у модулі «Контроль висіву»

Система автоматично розрахує засіяну площу на полі, витрати насіння та внесених добрив, загальний час роботи. Результатом буде створена картограма посіву, за якою можна планувати урожайність, диференційоване внесення добрив, отримати загальну оцінку якості виконаних робіт. На картограмі відображено марки машин, показники якості робіт, витрати часу за кожен день, дані початку/кінця роботи і т. ін. Модуль «Контроль висіву» підтримує оперативний контроль посівних робіт під час посівної компанії, а саме переміщення техніки, траєкторію, обсяги внесення тощо (рис. 3.12).

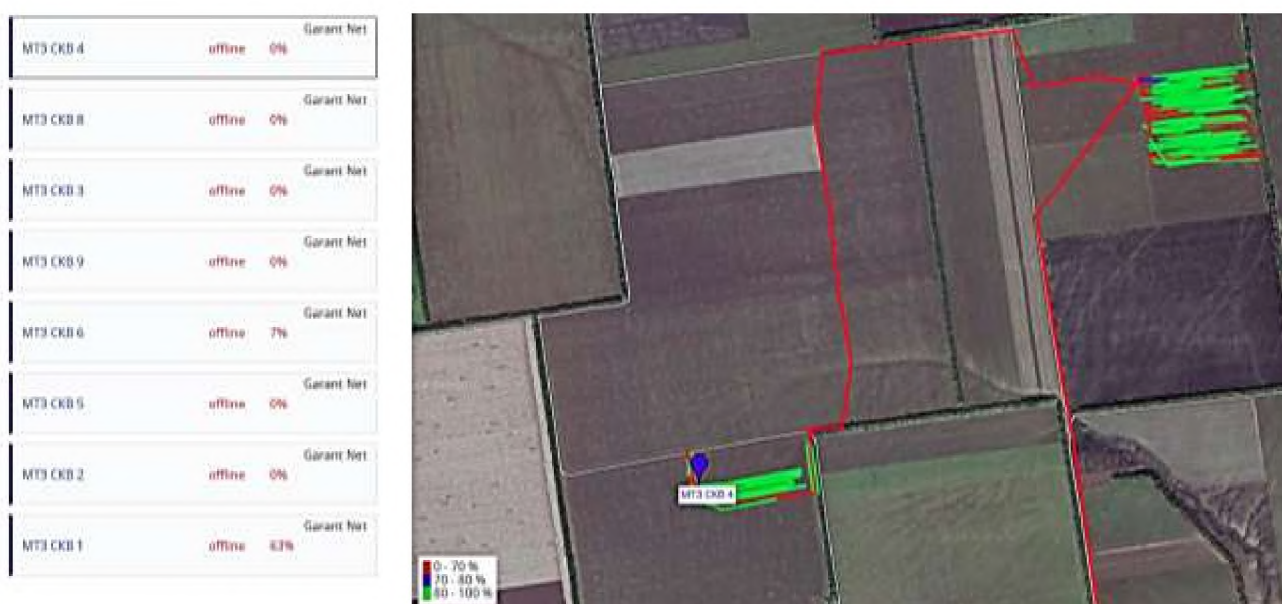


Рисунок 3.12 – Фрагмент контролю руху трактору в процесі посіву зернових

Модуль працює як самостійно, так і в комплексі з іншими підсистемами: технологічними картами, плануванням та закриттям польових робіт, списанням матеріалів, тобто закриває облікові показники і експортується до бухгалтерських систем. Такий комплексний аналіз дозволяє оперувати достовірною інформацією, оперативно генерувати звітні документи: про якість робіт (додаток К, рис. К.1), акти списання (додаток К, рис. К.2).

Важливим аспектом управління виробничими процесами є складання виробничого плану, який формується на основі зіставлення результатів аналізу ринку з виробничими можливостями підприємства. IC Soft.Farm у розділі «Виробничий план» в автоматизованому режимі здійснює оцінку доходу від вирощування відповідної культури на вибраній ділянці у запланований період. У результаті автоматизованої обробки попередньо уведених даних (площі ділянок,

урожайність) та ціни продукції (прогнознi ціни) буде розрахована дохідна частина (рис. 3.13).

культури	Ціна, грн.	Усього				Глухове		
		Площа, га	Врожайність, т/га	Валовий збір, т	Дохід, грн	Площа, га	Врожайність, т/га	Валовий збір, т
		405	9,85	5 858	6 282 000,00	100	1,9	190
кукурудза	3 500,00	80	11	880	3 080 000,00	0	0	0
овес	5 800,00	100	1,9	190	1 102 000,00	100	1,9	190
ячмінь озимий	4 000,00	75	7	525	2 100 000,00	0	0	0
пшениця озима (врожай 2025 року)	см. наст. рік	150	28,42	4 263		0	0	0
	см. наст. рік		0	0			0	0
горох		70	2,7	189	434 700,00		0	0
Усього	2 300,00	70	2,7	189	434 700,00	0	0	0

Рисунок 3.13 – Виробничий план на обраний рік по запланованим культурам

Для архівації документів та за необхідності подальшого використання результатів обрахунку для виробничого плану передбачений експорт у табличний процесор Excel (рис. 3.14) кнопкою «Експорт в Excel» безкоштовно. Всі дані будуть експортовані, можуть зберігатися в спеціальних папках, використовуватися для здійснення аналітики.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1				Усього				Глухове			Божкове		
2	Культура	Продукція культури	Ціна, грн	Площа, га	Врожайність, т/га	Валовий збір, т	Дохід, грн	Площа, га	Врожайність, т/га	Валовий збір, т	Площа, га	Врожайність, т/га	Валовий збір, т
3	Зернові			405	9,85	5 858	6 282 000	190	5 668				
4	Кукурудза	Зерно кукурудзи	3500	80	11	880	3 080 000	0	0	0	80	11	880
5	Овес	Зерно вівса	5800	100	1,9	190	1 102 000	100	1,9	190	0	0	0
6	Ячмінь озимий	Зерно озимого ячменю	4000	75	7	525	2 100 000	0	0	0	75	7	525
7	Пшениця озима (врожай 2025 року)	Зерно озимої пшениці		150	28,42	4 263	0	0	0	0	150	28,42	4 263
8		Солома			0	0	0		0	0		0	0
9	Зерно-бобові			70	2,7	189	434 700	0	189				
10	Горох	Горох	2300	70	2,7	189	434 700	0	0	0	70	2,7	189
11	Усього			475	8,8	6 047	6 716 700	100	1,9	190	375	10,64	5 857

Рисунок 3.14– Експорт даних виробничого плану вирощування культур в Excel

У процесі управління продуктивністю агроєкосистем обов'язковим є складання технологічних карт для кожного посіву/поля, в які заносяться всі

технологічні операції при вирощуванні культур від оранки, боронування, до висіву, внесення гербіцидів, добрив і багато іншого (рис. 3.15). Кількість, тип операцій є індивідуальними при вирощуванні кожної з культур на ділянках.

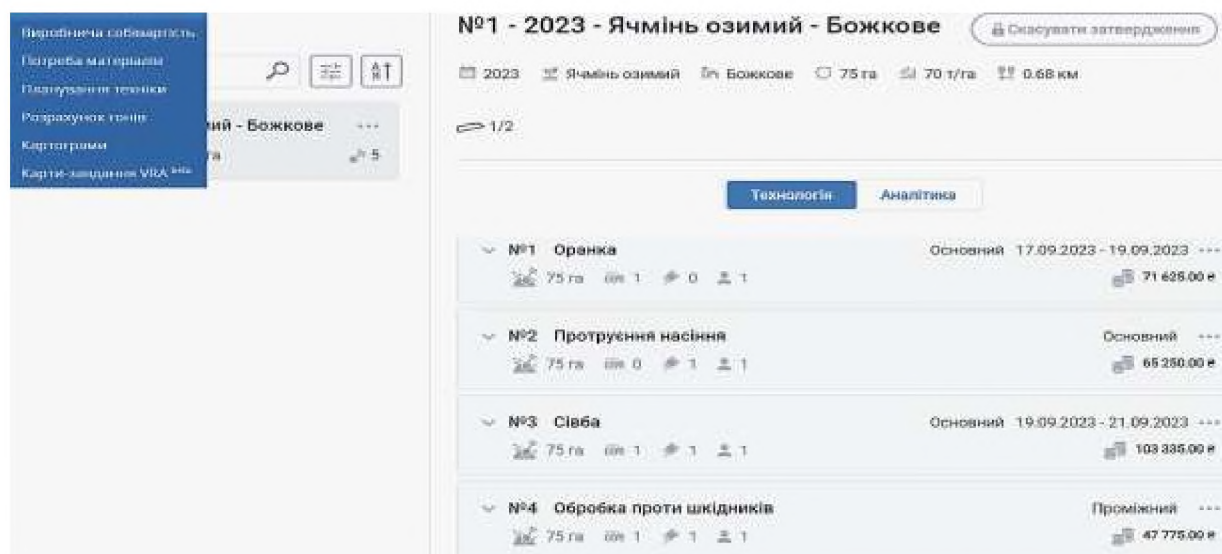


Рисунок 3.15 – Фрагмент технологічної карти з операціями на ділянці поля 1/2

При цьому кожна технологічна операція включає низку обов'язкових показників, які є предметом обліку, планування ресурсів та витрат, зрештою, звітності. Форма операції «Оранка» у розділі «Технологічні карти» меню «Технологія» показана на рис. 3.16.

^

№1

Оранка

Основний

17.09.2023 - 19.09.2023

...



75 га



1



0



1



71 625.00 €

ТЕХНІКА



70 125.00 €



Енергомашина

John Deere



Сільгоспмашина

ПЛН8



Обсяг робіт

75 га



Кількість машин

1



Споживання пального

17 л



Загальне споживання палива

1275 л



Ціна палива

55.00 €/л



Вартість палива

70 125.00 €

ТРУДОВИТРАТИ



1 500.00 €

Назва

Обсяг робіт

Розцінка на обсяг

Кіл-ть людей

Кіл-ть годин

Розцінка € за годину

Загальна зарплата

Механізатори

75 га

20.00 €

1

0 год

0 €

1 500.00 €

Робітники

75 га

0 €

0

0 год

0 €

0 €

Рисунок 3.16 – Форма обліку даних про обсяги робіт, витрати матеріальні та людські, а також запланована техніка

На створення технологічної карти у великих підприємствах без спеціальної програми витрачалося надзвичайно багато часу. Вагомою перевагою ведення операцій в єдиній системі є наявність інструментів аналітики: після створення технологічної карти можна оцінити рентабельність продукції (рис. 3.17).

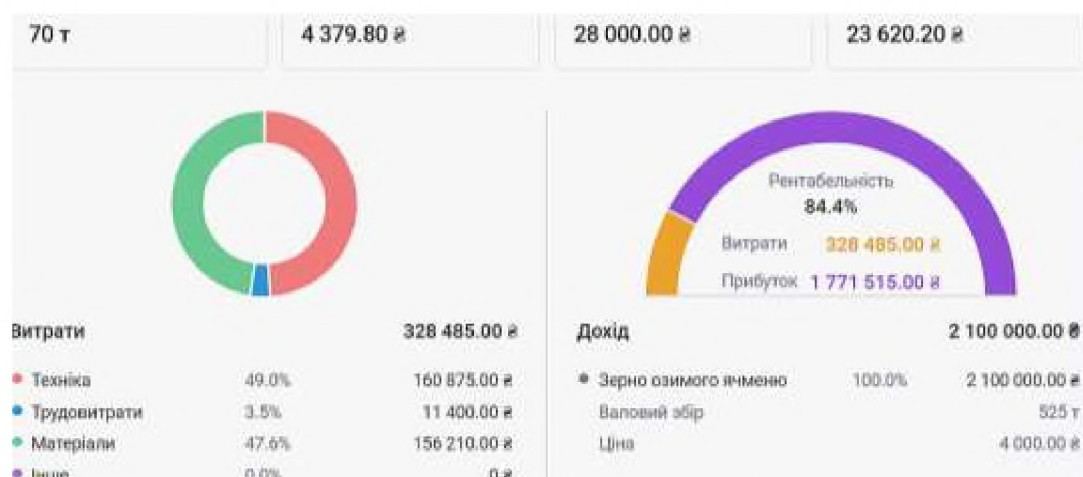


Рисунок 3.17 – Дані аналітики по рентабельності вирощування культури

Управління процесами в системі дозволяє максимально використати всі прийоми точного землеробства. Наприклад, перед початком посіву культури для кожного поля можна розрахувати кількість гонів (проходів по полю) в заданому напрямку і з урахуванням технічних параметрів техніки. На початку обирається пункт «Розрахунок гонів», потім заповнюється форма завдання для обраного поля і параметри техніки (марки і види внесені в технологічну карту). Поле з'являється на мапі, де потрібно задати точки в'їзду й виїзду машини (рис. 3.18).

ТЕХНОЛОГІЧНІ КАРТИ

- Технологічні карти
- Грошова собівартість
- Потреба матеріалів
- Планування техніки

Ділянка

1/2

Ширина причепа: 6

Споживання матеріалів: 220

Об'єм бункера: 2050

кг

Розрахувати **Енергія** 30

Початкові параметри

Азимут: 84.04°
 Широта: 49.65929
 Довгота: 34.75714

Результати розрахунків

Відстань: 0 км
 Площа ділянки: 0.00
 Загальне споживання: 0
 Норма: 0
 Кількість заправок: 0
 Остання заправка: 0

Рисунок 3.18 – Форма внесення даних для розрахунку гонів по операції висіву

Після розрахунку отримаємо на мапі розбиття поля на смуги (гони) різного кольору для наочності (рис. 3.20).

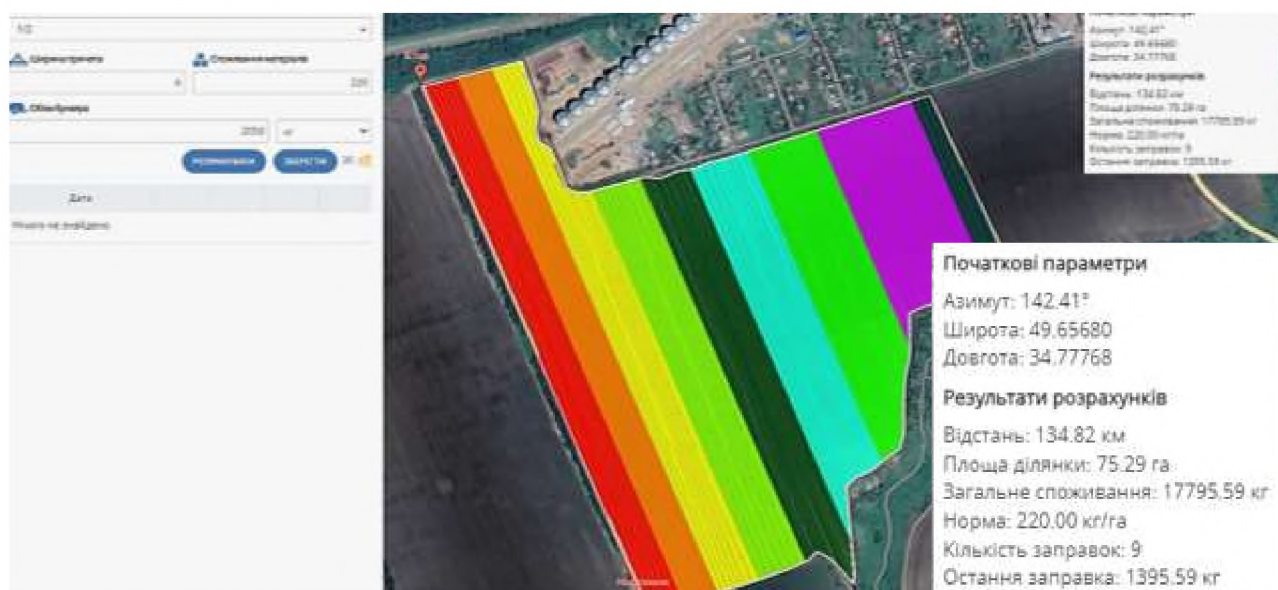


Рисунок 3.19 – Візуалізація на мапі розрахованих гонів машини для обліку

Як видно (див. рис. 3.19, довідкове вікно розрахунків), на підставі всіх даних в FMS порашоване завдання для техніки з повною відстанню, споживання насіння, норм висіву, кількість заправок бункера. Якщо таку карту звантажити в бортовий комп'ютер комбайну, то все буде виконано (при GPS-контролі позиціонування техніки) доволі точно.

На основі запланованих посівів та технологічних операцій в системі проводиться автоматичне планування протреб в ресурсах: насіння, добрив, пального та ін. Приклад плану потреб для одного поля показано на рис. 3.19.

Назва	Обсяг робіт	Загальна к-сть	Норма внесення	Ціна	Вартість
НАСІННЯ					89 460.00 ₴
Богиня	Пшениця озима \ 1-а	75 га	9000 кг		89 460.00 ₴
ЗЗР					66 750.00 ₴
Віал траст	Протруйник	75 га	30 л		24 000.00 ₴
Шторм	Родентицид	75 га	112.5 кг		42 750.00 ₴
ДОБРИВА					0 ₴
Разом					156 210.00

Рисунок 3.19 – Автоматизований розрахунок потреб матеріалів на поле

Демонстрація не повного переліку можливостей системи дає завершеної картину її потужності. Зокрема, на прикладах було показано, що IC Soft.Farm, з її модульною структурою, містить значний набір інструментарію, довідників, має відповідне математичне забезпечення, здатна забезпечити повноту і гнучкість підтримки управління виробничими процесами підприємства всередині системи.

За допомогою наведених прикладів було показано, що IC Soft.Farm, яка має модульну побудову, містить значний набір інструментарію, довідників, має відповідне математичне забезпечення, здатна забезпечити повноту і гнучкість підтримки управління виробничими процесами підприємства всередині системи.

Важливим фактором є можливість обміну з іншими системами документами і даними у загальноприйнятих форматах, як XML, XLS та іншими. Це дає можливість у майбутньому формувати єдиний банк даних по підприємству та розширювати і узгоджувати напрямки автоматизації всіх процесів на єдиній платформі. Розроблення додатку Кадастр. UA, інтегрованого із платформою Soft.Farm додало можливості використання геоданих для обліку кадастрових даних про земельні ділянки.

3.3 Обґрунтування ефективності впровадження систем автоматизації виробничих процесів в аграрних підприємствах IC Soft.Farm

Економічний ефект від впровадження інформаційної системи проявляється через окупність інвестицій та отримання вищих виробничих показників (доходності, рентабельності та ін.) господарської діяльності завдяки переходу на новий рівень управлінських та облікових процесів. Загалом, ефективність впровадження ІС має декілька основних проявів [56].

1) Технологічний: застосування новітніх технологій дозволяє використовувати та управляти сучасними агротехнологіями, використовувати для збору і передачі даних датчики, системи GPS-моніторингу транспорту, супутникові знімки стану посівів, застосовувати методи точного землеробства, проводити аналітику, а відтак підвищувати рентабельність.

2) Організаційний: удосконалення організаційної структури підприємства, перерозподіл обов'язків персоналу і переведення багатьох робіт в площину автоматизації, отримання економії робочого часу і вирішення більшої кількості задач в одиницю часу; покращення обліку робочого часу і підвищення виконавської дисципліни, відповідальності.

3) Економічний: досягнення окупності вкладень, підвищення прибутку і рентабельності за рахунок зниження прямих витрат на виробництво і т. ін.

У будь-якому з перших двох пунктів також присутня економічна складова. Базисом для викладення міркувань про ефективність впровадження ІС мають бути дані як про діяльність конкретного підприємства, так і вартісні показники самої інформаційної системи.

Ефективність використання інформаційних технологій та ефективність функціонування інформаційної системи управління виробничими процесами агропідприємства в цілому визначається за відповідністю критерію (3.1):

$$f(r, t) \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

де r – загальна кількість ресурсів, що витрачаються на автоматизацію управління (матеріальні, інтелектуальні, трудові);

t – час стабілізації функціонування підприємства.

При цьому при плануванні мінімізується в основному r , а при оперативному управлінні – t . Оцінювання економії ресурсів за різними методиками (наприклад [25]) показали значну економію пального, робочого часу, посівного матеріалу, гербіцидів і добрив, ЗЗР за рахунок застосування GPS-контролю техніки, а також застосування технологій паралельного водіння, які дозволяють зменшити зони перекриття або пропуски при технологічних операціях. За даними, оприлюдненими компанією ТОВ «Кварт Софт», яка є офіційним розробником і постачальником ІС Soft.Farm, у розрізі використання кожного з модулів спостерігається значний економічний ефект. В табл. 3.1 наведено зведену інформацію щодо ефективності використання модулів «Земельний банк» та «Агротехнологія». Оцінювання показників здійснено в перерахунку на умовні 1000 га площі поля (дані отримані з багатьох господарств,

взято усереднені дані). Для розрахунків використано усереднені ціни на дизельне пальне за перше півріччя 2024 р., вартість 1 т комплексного (азотно-фосфорно-калійного) мінерального добрива Нітроамофоска-М: NPK 9:18:22, які відповідно складають: 55,6 грн/л дизельного пального [57], 26100 грн/т комплексного добрива [58]. Наведені цифри носять інформаційний характер та не є предметом конкретних угод.

Таблиця 3.1 – Підрахунок підвищення прибутковості окремих робіт при використанні модулів IC Soft.Farm (за цінами станом на 1 півріччя 2024 р.)

Вид ресурсу	Відсоток зменшення витрат/1000 га	Обсяг заощадженого ресурсу, одиниць /1000 га	Середня вартість (прибутковість) за т (га), грн	Економія в грошовому вимірі, грн
Обліковані земельні угіддя (поля, ділянки), га	3 %	30	11200	336000
Мінеральні добрива при внесенні, т	15 %	30	26100	783000
Паливо при виконанні польових робіт (паралельне водіння), л	10 %	800	55,6	44480
Сумарний показник	-	-	-	1 163 480

Отже, лише завдяки застосуванню 4-х модулів системи і отриманому точному вимірюванню земельних угідь, контролю внесення добрив (1 виду), застосуванню контролю витрат палива при виконання окремих операцій складе не менше 1 млн 163,48 тис. грн або 28171,4 \$ (за фіксованим курсом курсом НБУ 41,3 грн/\$ станом на 1 жовтня 2024 р.). Додаткові прибутки (зменшення витрат) відбуваються за рахунок прорахованих управлінських рішень при застосуванні інших модулів системи.

Наступним етапом оцінки ефективності впровадження ІТ управління підприємством [59] є розрахунок витрат на ІТ, визначення обсягу інвестицій, які необхідні для досягнення поставленої мети. Оцінка витрат на інформаційну

технологію складається із двох етапів: оцінки усіх капітальних і поточних витрат, пов'язаних із впровадженням і використанням ІТ, та оцінки обґрунтованості величини витрат на проект. Розглянемо їх більш детально.

Перший крок. Оцінка витрат по проекту передбачає визначення усіх капітальних і поточних витрат пов'язаних із впровадженням та використанням інформаційної технології.

Даний крок передбачає визначення витрат від простоїв пов'язаних з плановою або неплановою зупинкою роботи інформаційної технології та інших можливих втрат.

Визначення величини можливих втрат здійснюється на основі статистичних даних щодо впровадження подібних інформаційних технологій або за даними, накопиченими на підприємстві.

Досвід компаній, що впроваджують ІС дозволяє зробити припущення, що загальна величина витрат по проекту може бути розрахована за формулою:

$$Z_{zag}^{IT} = Z_n + Z_{\pi} + Z_{um} + P, \quad (3.2)$$

де Z_{zag}^{IT} – загальні витрати на проект впровадження інформаційних технологій;

Z_n – прямі витрати на впровадження ІТ;

Z_{π} – оцінка непрямих витрат на проект впровадження;

Z_{um} – сума витрат на утримання ІТ за період їх життєвого циклу;

P – можливі втрати від простоїв або збоїв у системі.

Реєстрація і внесення даних є в системі безкоштовними. Склад і вартість платних пакетів ІС Soft.Farm залежать від набору модулів («На вибір» або «Безліміт») і залежать від індивідуальних потреб підприємства (додаток Л).

Попередні розрахунки статей прямих витрат, обчислені за формулою (3.2) на базі усереднених даних за 2023 р. та на основі середніх показників при впровадженні аналогічних проектів у сільськогосподарських підприємствах, виконаних за посередництва компанії «Кварт-Софт», наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні статті прогнозних витрат на реалізацію проекту з впровадження корпоративної IC Soft.Farm [60]

№п/п	Статті прямих витрат	Сума витрат, грн
1	Купівля повного пакету «Безліміт»	15500
2	Купівля додаткового обладнання для роботи ІТ (окрім ПК)	9400
3	Складання технічного завдання	18000
4	Виконання робіт зі створення єдиної бази підприємства за допомогою фахівців компанії (3600 грн добова оплата*10 днів)	36000
5	Поточне обслуговування робочих місць та каналів комунікацій протягом року (поза сервісом Soft.Farm)	16400
6	Первинне навчання персоналу (управлінців, виконавців), 8 осіб (інтенсив, 2 наставника, 4дні*6 години, добові за відрядження)	11600
7	Разом сума прямих витрат (сума позицій 1...6)	72100
8	Витрати на оплату праці нового штатного працівника з ІТ на рік	153600
9	Всього витрати (поз.7+8)	332600

Як бачимо, сумарні витрати (див. табл. 3.2) складатимуть близько 332,6 тис. грн. (еквівалент 9 038,6 \$). Порівнюючи результати обрахунків доходної частини (див. табл. 3.1) і витрат (див. табл. 3.2), впровадження багатомодульної IC не лише позитивно впливає на якість виробничих процесів, але й матиме значний економічний ефект. Зниження сукупних матеріальних виробничих витрат навіть на 5-15 % дозволяє отримати близько 935,8 тис. грн економічного ефекту за один сезон. Це дозволить покрити головні витрати на купівлю і впровадження IC, а також дозволить проводити подальшу модернізацію робочих місць, підвищувати якість та екологічність продукції, розширювати канали збуту тощо.

Висновки до розділу 3

Приклади практичного застосування різноманітного інструментарію IC Soft.Farm демонструють високий рівень відповідності потребам фахівців галузі рослинництва у зборі, розміщенні та використанні оперативної та архівованої інформації в ході виконання всіх технологічних операцій. Дані, що вносяться і обробляються кожним модулем тісно пов'язані між собою і

утворюють єдиний інформаційний кластер на спільній платформі, тим самим автоматизують чимало рутинних розрахунків, збільшують швидкість обробки та доступність інформації.

Система забезпечує генерацію й обмін електронними документами у всіх традиційних форматах та затверджених державним законодавством формах.

Інформаційне, математичне та інші види забезпечення дозволяють здійснювати управління виробничими процесами й досягати значно вищих і точних показників продуктивності агроєкосистем.

Ефективність використання новітніх інформаційних технологій та ефективність функціонування інформаційної системи управління виробничими процесами агропідприємства в цілому оцінюється за загальним критерієм досягнення мінімізації всіх ресурсів, що витрачаються на впровадження і часом стабілізації (окупності) функціонування підприємства.

Економічний ефект оцінювався методом розрахунку окупності системи й показав термін менше 1 року. Окупність впровадження системи досягається завдяки зменшенню витрат всіх видів ресурсів при виконанні більшості робіт і технологічних операцій.

ВИСНОВКИ

Застосування інформаційних технологій в агросекторі сьогодні не випадково називають «блакитним океаном» для досягнення управлінських результатів нового рівня, а також збільшення рентабельності виробництва, досягнення вищої конкурентності. Впровадження інновацій забезпечує точність вимірювань, швидкість збору даних та їх опрацювання, ефективність прийняття оперативних і стратегічних рішень, контроль за якістю та складом продукції, розширення ринків збуту.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено дослідження сучасних трендів цифрових перетворень регулярних даних в агровиробництві, стану використання спеціалізованих інформаційних систем управління виробничими процесами в галузі сільського господарства, обґрунтовано оптимальний склад і функціонал таких систем. На основі роботи можна сформулювати наступні висновки.

1. Аграрне виробництво завдяки об'єктивним природним, світовим технічним та економічним процесам поступово перетворюється в одну з найбільш наукоємних сфер у розрізі Агрокультури 4.0, все більше використовує цифрові технології, системи точного землеробства, потребує сучасного програмного забезпечення, систем збирання і моніторингу даних, заснованих на потужних і безвідмовних комунікаціях.

2. За узагальненими даними аналітичних компаній лише 20-30 % аграрних підприємств України використовують системи точного землеробства і спеціалізовані інформаційні системи. Відтак перехід до Агрокультури 4.0 базується на освоєнні як технологій 3.0, так і додавання штучного інтелекту, роботизованих систем, блокчейну, інтернету речей та інших складових фреймворку Індустрії 4.0.

3. Поступове збільшення потоків великих обсягів даних при виконанні численних виробничих операцій може бути інтегровано та ефективно опрацьовано лише на платформах спеціалізованих інформаційних управляючих

систем. Обґрунтованою є трирівнева і багаторівнева клієнт-серверна архітектура, яка базується на хмарних обчисленнях.

4. На ринку програмного забезпечення України представлені сучасні рішення, які призначені для використання в управлінні виробничими процесами в галузі рослинництва. Кожна з таких систем має сильні й слабкі сторони, але не є абсолютно досконалою через багатоплановість та особливості предметної області. Найбільш популярними є системи Storio, MASTER: Agro, Soft.Farm, які задовольняють потреби агровиробників у контролі більшості технологічних операцій, підтримують збір великих обсягів даних завдяки застосуванню датчиків, контролерів, супутникових знімків та їхню обробку на віддалених серверах, інтегруються з іншими системами.

5. Аналіз багатьох ІС показав, що найбільш ефективні системи для агрокомплексу мають спільні риси і типові модулі, а саме: модулі обліку земельного банку, ведення посівів, контролю за роботою транспорту, метеоспостереження, ведення історії полів та планування робіт. Додаткові інструменти і модулі надають додаткові переваги і розширюють можливості ІС.

6. Відома вітчизняна хмарна ІС Soft.Farm від моменту виходу на ринок щороку збільшує кількість користувачів, забезпечує кожне підприємство набором високотехнологічних рішень і може бути рекомендована для впровадження в ролі інтегруючої інформаційної управляючої системи.

7. Приклади практичного застосування інструментарію ІС Soft.Farm демонструють високий рівень його відповідності потребам фахівців галузі рослинництва у зборі, розміщенні та використанні фахової інформації в ході виконання всіх технологічних операцій. Дані, що вносяться і обробляються кожним модулем, тісно пов'язані між собою і утворюють єдиний інформаційний кластер на спільній платформі. Система забезпечує генерацію й обмін електронними документами у всіх традиційних форматах та затверджених законодавством формах.

8. Оцінювання ефективності впровадження і використання інформаційних систем в агропідприємствах показало, що основним джерелом досягнення

економічного ефекту є підвищення точності обліку використання ресурсів (земельних, добрив, ЗЗР, насіння, робочого часу, ПММ та ін.), прийняття оптимальних рішень в управлінні всіма процесами. Загальний показник економії матеріальних виробничих витрат за середньостатистичним даними може складати до 30 % щорічного чистого прибутку.

Практичні результати даної роботи як систематизований науковий, практичний матеріал, який пройшов апробацію, можуть бути рекомендовані для ознайомлення спеціалістам в галузі сільського господарства при виборі і впровадженні спеціалізованих інформаційних управляючих систем. Подальші дослідження можуть доповнити та розширити основні аспекти роботи за подібною тематикою.

На прикладі IC Soft.Farm завдяки відкритості доступу та низки безкоштовних модулів зручно проводити навчання фахівців-агрономів з метою підвищення рівня їхньої кваліфікації та подальшого застосування в галузі.