

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ  
ПІДГОТОВКИ, ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ ВРОЖАЇВ В УМОВАХ  
ГІБРИДНИХ ВІЙН**

*С. А. Шворов, доктор технічних наук, професор*

*О. О. Опришко, кандидат технічних наук, доцент*

*А. О. Дудник, кандидат технічних наук, доцент*

*Ю. Л. Цицюрський, інженер*

*Р. В. Залозний, аспірант*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: [ozon.kiev@nubip.edu.ua](mailto:ozon.kiev@nubip.edu.ua)*

**Анотація.** *Актуальність роботи полягає в тому, що в умовах та після закінчення війни на сільськогосподарських полях залишається дуже багато елементів озброєння та військової техніки. Щоб уникнути зіткнень сільськогосподарської техніки з цими елементами за допомогою запропонованої системи вирішуються такі задачі: моніторинг поля на основі застосування космічних та безпілотних літальних апаратів, планування польових робіт та синтез маршрутів руху безпілотних тракторів та комбайнів, а також контроль і оперативне керування режимами їх роботи. На основі інформації від датчиків космічних та літальних апаратів за допомогою спеціального програмного забезпечення будується мікрорельєф поля, визначаються координати небезпечних елементів (перешкод) на шляху руху безпілотної техніки. Крім того, на цьому етапі здійснюється моніторинг водної ерозії ґрунту. На другому етапі визначаються компромісно-оптимальні маршрути і параметри руху безпілотних тракторів для оранки та удобрення ґрунту. На третьому етапі забезпечується уточнення обсягів та щільності врожаю на кожній ділянці поля, а також координати перешкод з метою реалізації компромісно-оптимальних траєкторій руху та оптимальної швидкості пересування безпілотних збиральних комбайнів.*

**Ключові слова:** *інтелектуальна система керування, безпілотні трактори та комбайни, моніторинг, космічні та безпілотні літальні апарати*

**Актуальність.** *Сучасні військові конфлікти мають істотну відмінність від класичних війн 20 сторіччя. Одним з характерних проявів сучасних війн є їх гібридний характер, коли поряд із безпосередньо військовими діями відбуваються і атаки на енергетичну інфраструктуру як воюючих, так нейтральних країн. Як характерний приклад можна привести дослідження László Á. Kóczy (2022) в [1]*

щодо аспектів крупної аварії на газопроводах Nord Stream, що призвели до значного пливу на енергетичний ринок Європи і викликали панічні коливання ринку. Для забезпечення енергобезпеки доцільно розвивати власні енергетичні, передусім відновлювальні. Так, в Китаї та США за даними Y. Niu (2022) в [2] стрімкими темпами розвивається біогазові проекти, оскільки керівництво цих країн розглядає їх як стратегічні напрямки і прикладає певні стимули на державному рівні. У Країнах Європейського союзу за даними L. Zemite (2022) в [3] також широко впроваджують біогазову індустрію як один з заходів щодо екологічної безпеки, згідно якої має бути до 2050 року досягнута кліматична нейтральність країн. В Україні перспективи розвинення біогазу були зрозумілі бізнесу, проте в аналітичному дослідженні T. Kurbatova (2018) в [4] було показано, що стартові затрати на розгортання виробництва були занадто великі для невеликих господарств і було висунуто рекомендацію щодо утворення спеціальних кооперативів. У роботі M. Panchuk (2020) в [5], присвяченій розвиненню біогазової галузі в Україні взагалі, доводили необхідність створення спеціальної інфраструктури для цього напрямку. Стосовно створення інфраструктури доцільно розглянути досвід країн з подібним для України кліматом. У роботі D. Y. Suslov (2019) в [6] щодо біогазового виробництва в Хорватії було показано істотне збільшення виходу біогазу при поєднання ресурсів різних господарств, зокрема, кукурудзяного силосу та курячого посліду тощо. Тобто стосовно України економічна привабливість буде вищою при поєднання сировинних ресурсів різних сусідніх вузькоспеціалізованих господарств при технічній та інформаційній підтримці спеціалізованих служб та установ.

Світовий досвід щодо сировини для виробництва біогазу свідчить про кілька окремих напрямів. Найбільш традиційним є використання в містах побутових біологічних відходів домогосподарств N. Voća (2021) в [7], твердих міських відходів біовідходів із звалищ T.O.Ábrego-Bonilla (2022) в [8] та біологічних решток від парків та скверів N.A.Pasichnyk (2022) в [9]. У сільській місцевості перспективними є як спеціальні технічні культури V.Lysenko (2018) в [10], так і бур'яни, технологію обробки яких показано в роботі P. P. Dell'Omo (2018) в [11].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В умовах гібридної війни цінність продовольства стрімко зростає і відповідно технічні культури не витримуватимуть конкуренції із виробництвом продовольства. З іншого боку, зростає кількість маргінальних земель, на яких з тих чи інших причин немає доцільності застосовувати традиційні рослинницькі практики. До маргінальних земель та тривалий період, ймовірно, будуть відноситись як поля на яких безпосередньо відбувались бойові дії із воронками від бомб та снарядів чи навіть уламки зруйнованої техніки. Навіть у наближених до лінії зіткнення районах поля в багатьох випадках виявляються занедбаніми із значними втратами від водяної ерозії ґрунтів. Такі ландшафти є зовсім не традиційними для сучасної рослинницької галузі України та Європи. Для таких полів доцільно використовувати безпілотні апарати, методичні проблеми при створенні яких стосовно міцності конструкції описано в роботі А. Chatzisavvas (2022) в [12].

Відповідно в умовах очікуваного дефіциту ресурсів та знаряддя більш актуальними стають оптимальні маршрути пересування наземного обладнання. Стосовно оптимального використання транспорту в рослинницькій галузі є дослідження S. B. Choudhury (2021) в [13], проте автори передусім розглядають задачу пересування між різними віддаленими полями. Аналогічна проблема вирішувалася в роботі стосовно елеватора S. Timchuk (2021) в [14], але так само не розглядалась можливість змін в ландшафті. Питання роботи безпосередньо на полі кількох одиниць безпілотного обладнання показано в роботі А. Furchi (2022) в [15], де підкреслено необхідність врахування при побудові стратегій і необхідність маневрів обладнання безпосередньо на полі. Для обмежених площ, а саме теплиць, такі питання досліджувались в роботах А. Kutuyev (2022) в [16] та D. S. Komarchuk (2021) в [17], але і в цих випадках перешкоди не мали випадкового характеру.

Попередньо встановити реальний стан ландшафту можливо при спектральному моніторингу з використанням БПЛА, що показано в роботах Е. К. Raptis (2022) в [18] та V. Lysenko (2019) в [19]. Стосовно зафіксованих на знімках перешкод, а саме стовпів ліній електромереж, оптимальні маршрути для наземного обладнання розглядались в V. Mezhujev (2020) в [20] та V. Lysenko (2018) в [21], проте воронки

та западини обумовлені водною ерозією не розглядалися. Таким чином, огляд існуючих інформаційних систем, які використовують при організації збиральної кампанії, показав, що більшість з них дозволяє розв'язувати проблеми передусім бухгалтерського обліку для сільськогосподарських підприємств, а не задачі керування. Однак, системи, які використовують методи штучного інтелекту та імітаційного моделювання, дозволяють врахувати особливості технологічних процесів при керуванні ним, але вони, як правило, призначені для розв'язання окремих задач, пов'язаних з підготовкою, вирощуванням та збиранням врожаїв, і не здатні забезпечити підтримку прийняття рішень з керування безпіотною сільськогосподарською технікою.

**Мета дослідження** – розроблення функціональної структури інтелектуальної системи управління процесами підготовки, вирощування та збирання врожаїв в умовах гібридних війн.

**Матеріали і методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети виникає необхідність у вирішенні таких задач: моніторингу, планування, оперативного керування та контролю за роботою безпілотних тракторів та комбайнів в процесі підготовки, вирощування та збирання врожаїв.

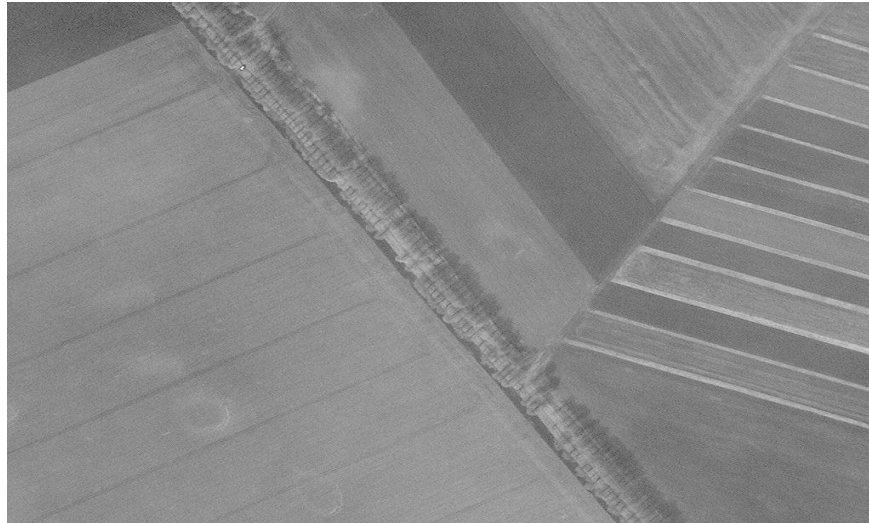
Як показують результати моніторингу фактичної ситуації руху техніки по полю, існуючій системі планування та керування БТК притаманні такі недоліки, а саме:

- 1) не враховується мікрорельєф та геометрична форма полів;
- 2) має місце накладання маршрутів руху БТК;
- 3) великі втрати часу внаслідок затримок транспортної техніки при перевезенні добрив, насіння та врожаю;
- 4) відсутнє єдине керування БТК.

Аналіз перерахованих недоліків (1-4) показує, що кожний з них призводить до витрат пального у відповідному відсотковому співвідношенні відповідно: 15 %, 21 %, 25 % та 39 %..

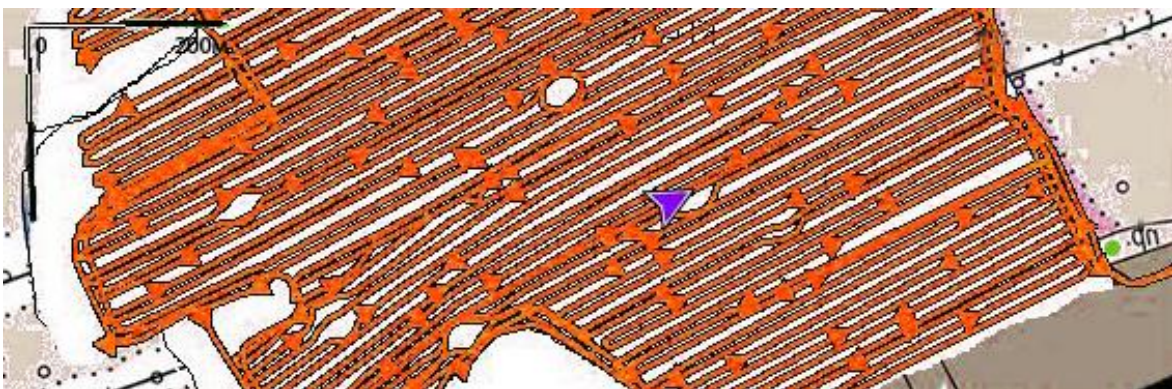
Задача моніторингу з використанням БПЛА та КА полягає в тому, що на основі порівнянь існуючого мікрорельєфу поля з мікрорельєфом до початку військових дій

можна визначити додаткові перешкоди на шляху БТК у вигляді залишків ОіВТ, глибинних западин та ін. (рис. 1).



**Рис. 1. Супутниковий панхроматичний знімок дослідної ділянки**

Постановка задачі планування формулюється так: розробити календарний план роботи для усіх БТК щоб забезпечити проведення усіх етапів підготовки, вирощування та збирання врожаїв в умовах гібридних війн у заданий термін і з мінімальними витратами. При цьому БТК повинні рухатись по полю з урахуванням таких факторів: довжина маршруту повинна бути мінімальна, безпілотна техніка повинна огинати перешкоди та місця, у яких відсутній врожай за останні роки (рис. 2).



**Рис. 2. Планування складних маршрутів безпілотної техніки**

Задача контролю: визначати рівень відхилення між фактичними та прогнозованими показниками роботи технологічних підрозділів і технічних засобів

та видавати рекомендації на проведення перепланування робіт або донавчання системи.

Задача оперативного керування: у випадку виникнення певного рівня відхилення між запланованими та фактичними показниками роботи технологічних підрозділів здійснювати перепланування їх роботи з метою усунення цих відхилень з мінімальними витратами.

У наслідок складності розв'язання задач керування БТК виникає необхідність у розробці системи підтримки прийняття рішень, яка складається з таких підсистем: моніторингу; планування; оперативного контролю та керування.

При розв'язанні задачі розподілу БТК між полями необхідно враховувати складність і велику розмірність цієї задачі. Складність цієї задачі пов'язана з тим, що з одного боку, необхідно забезпечити виконання всіх операцій своєчасно, а з іншого боку, необхідно мінімізувати витрати на проведення робіт, які залежать від кількості технічних засобів, що використовуються.

Разом з цим, внаслідок особливостей і характеру поставлених задач більш ефективним буде їх розв'язання з використанням сучасних інформаційних й інтелектуальних технологій. Внаслідок того, що існує необхідність використання сукупності різноманітних методів, як класичного моделювання систем, так і методів штучного інтелекту й імітаційного моделювання для розв'язання поставлених задач, то раціонально створити саме гібридну інтелектуальну систему керування збиральною кампанією.

Таким чином, для розв'язання задач керування збиральною кампанією необхідно розробити математичне забезпечення гібридної інтелектуальної системи керування БТК, використання якої дозволить підвищити ефективність польових робіт в умовах сучасного сільськогосподарського підприємства.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Основою інтелектуальної системи керування є база знань, тому що всі алгоритми функціонування системи ґрунтуються на її знаннях. Згідно з принципами побудови баз знань інтелектуальних систем обґрунтуємо її структуру.

За допомогою запропонованої системи вирішуються такі задачі: моніторинг полів на основі застосування БПЛА та КА (етап 1), планування польових робіт та синтез маршрутів руху БТК (етап 2), контролю та оперативного керування БТК (етап 3).

Призначенням бази знань є зберігання сукупності одиниць знань, що представляють собою формалізоване відображення об'єктів (технічних засобів), їх взаємозв'язків і дій над ними, а також знань про процес вирішення задач за допомогою ІСК.

Для врахування характеру поставлених задач функціональна структура ІСК засновується на методах, алгоритмах та процедурах трьох рівнів (рис. 3).

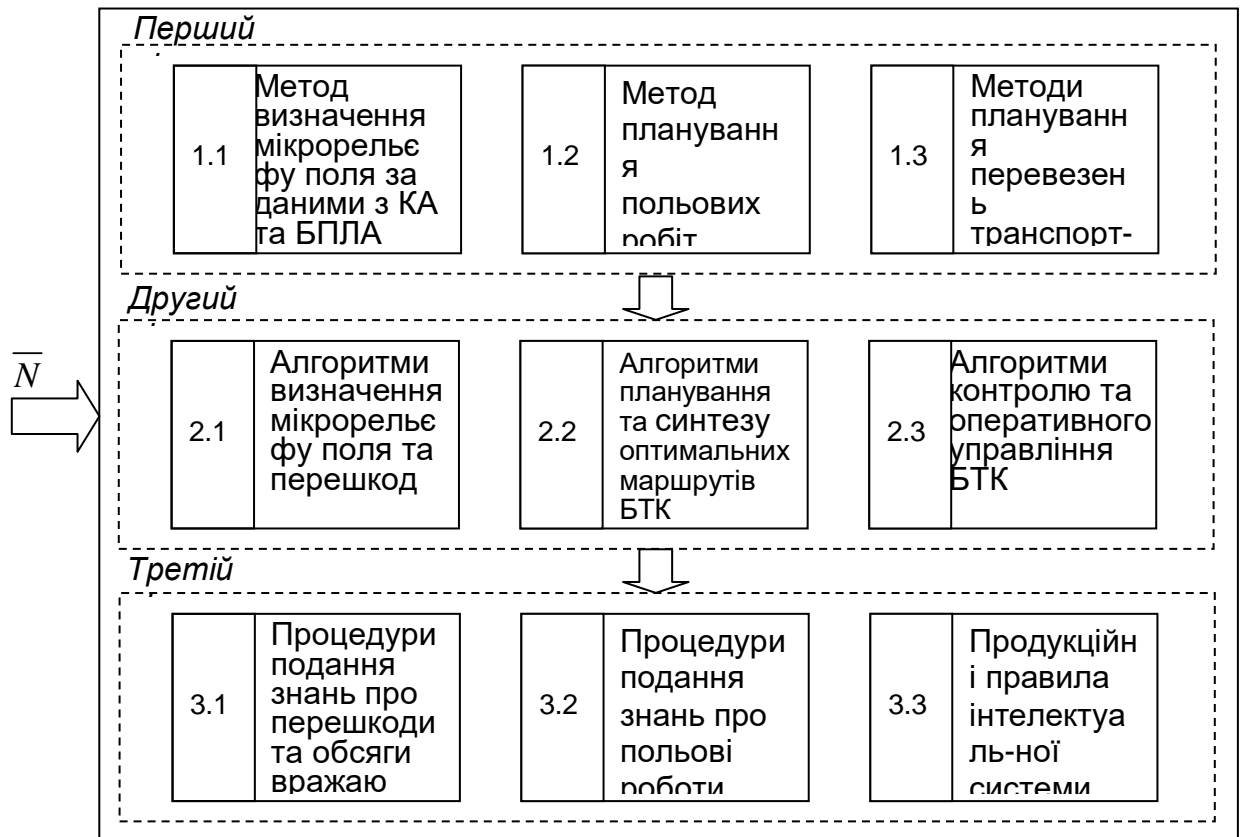


Рис. 3. Методи, алгоритми та процедури ІСК

У процесі моніторингу поля з КА та БПЛА (задача 1.1) здійснюється отримання даних про мікрорельєф місцевості, на основі якого визначаються залишки  $O_iVT$ , глибинних западин тощо (задача 2.1). Виходячи із аналізу мікрорельєфа поля, наявних перешкод, забезпечується прогнозування обсягів врожаю (задача 3.1),

визначається метод планування польових робіт (задача 1.2) та формуються компромісно-оптимальні маршрути руху БТК (задача 2.2). Планування використання транспортної техніки здійснюється синхронно за часом з роботою БТК з метою своєчасного постачання насіння, мінеральних добрив, перевезень врожаїв тощо (задачі 1.3 та 2.3).

Третій рівень містить дані про процедури вирішення задач подання знань про обсяги врожаю, про польові роботи та продукційні правила (задача 3.3) керування процесами моніторингу полів, підготовки, вирощування та збирання врожаїв в умовах гібридних війн.

Застосування методів та алгоритмів визначення залишків ОіВТ, глибинних западин, інших перешкод базується на статистичній обробці спектральних характеристик цифрових знімків кожної ділянки місцевості та на використанні апарату нейронних мереж, що забезпечує визначення координат перешкод для руху БТК, обсягів та щільності біомаси на шляху руху безпілотних комбайнів. На основі реалізації процедури подання знань про прогнозовані обсяги врожаю (блок 3.1) забезпечується оперативне прийняття рішення для розподілу та керування збиральною та автотранспортною технікою.

Продукційні правила ІСК блоку 3.3 є основою для здійснення контролю і керування процесами моніторингу, збирально-транспортних робіт та режимами роботи БТК. Ці правила дозволяють формувати управлінські рішення щодо перепланування робіт або здійснення донавчання системи при появі нештатних ситуацій та перешкод на шляху руху автотранспортної техніки, безпілотних тракторів та збиральних комбайнів.

Процедури вирішення задач моніторингу та керування збиральною кампанією (блоки 3.1, 3.2, 3.3) ґрунтуються на даних, що визначаються на першому та другому рівні, і призначені для формування управлінських рішень у режимі реального часу.

Для вирішення перерахованих задач ІСК повинна включати програмно-апаратні засоби моніторингу, планування та оперативного управління процесами, що дозволяє відпрацьовувати проекти польових робіт, обґрунтовувати рішення щодо розподілу технічних засобів (безпілотних тракторів, комбайнів та автомобілів) на



полях. Залежно від даних КА та БПЛА, наявності технічних засобів і прогнозованих умов  $u^p \in U$  збиральної кампанії, генерується множина варіантів  $\{V\}$  виконання польових робіт. Серед існуючої множини таких варіантів визначається раціональний  $v^p \in V$ , який забезпечує отримання агрофірмою максимального прибутку ( $P$ ) від продажу зібраної продукції:

$$P(v^p) = W - C \rightarrow \max \quad (1)$$

при  $u^p \in U$ ,

де  $W$  – відповідно прогнозований дохід від реалізації продукції,  $C$  – витрати на моніторинг та підготовку полів, вирощування, збирання та перевезення врожаїв в умовах гібридних війн.

Іншими словами, для визначення очікуваного прибутку слід знати значення очікуваного доходу та затрат, які можна розрахувати лише за умови наявності початкових даних – обсягів зібраної продукції на основі моніторингу її стану, витрат пального для оранки, удобрення та перевезення з урахуванням їх ринкової вартості.

Запропонована функціональна структура ІСК дозволяє на основі моніторингу обсягів біомаси вирішувати основні задачі керування посівною та збиральною кампанією в умовах складного динамічного середовища, що характеризується постійною невизначеністю та мінливістю багатьох факторів.

Основою успішного функціонування агрофірми з використанням запропонованої ІСК є ухвалення оптимальних управлінських рішень для отримання максимальних прибутків.

У загальному випадку мірою ефективності функціонування ІСК є величина ( $G$ ), що характеризує ступінь реалізації управлінських рішень в автоматичному режимі з урахуванням їх важливості:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n v_i N_{\delta_i}}{\sum_{i=1}^n v_i N_{o_i}}, \quad (2)$$

де  $N_{o_i}$  – необхідна кількість управлінських операцій  $i$ -го типу, що повинна виконуватись за допомогою ІСК;  $N_{\delta_i}$  – кількість управлінських операцій  $i$ -го типу,

що виконує ІСК;  $n$  – кількість типів управлінських операцій;  $v_i$  – важливість управлінських операцій  $i$ -го типу.

У загальному випадку постановка проблеми побудови ІСК зводиться до такого: необхідно знайти з множини можливих варіантів ( $Z$ ) такий варіант побудови ІСК ( $z$ ), при якому забезпечується виконання максимально можливої кількості управлінських операцій з мінімальними фінансовими і часовими ( $C$ ) витратами.

Формальна постановка наукової проблеми може бути представлена у вигляді вирішення такої задачі:

$$G \rightarrow \max_{z \in Z}, C \rightarrow \min_{z \in Z}. \quad (3)$$

Як випливає з (3), всі критерії мають суперечливий характер і знайти оптимальний варіант побудови ІСК, що задовольняє всім зазначеним вище умовам – складно. Без розробки теоретико-концептуальних основ побудови таких систем, що включають створення методів оптимізації структури і параметрів ІСК – вирішення зазначеної проблеми неможливе.

У загальному випадку ІСК визначається як об'єднана єдиним інформаційним процесом система, що формує на основі відомостей і знань при наявності мотивації (цілі) рішення про дію і реалізує його раціональним способом. Формально ІСК описується такою шістькою:

$$T \times X \times S \xrightarrow{\alpha_1} M \times T \quad (4)$$

$$T \times M \times S \xrightarrow{\alpha_2} F \times T \quad (5)$$

$$F \times T \times X \times S \xrightarrow{\alpha_3} R \times T \quad (6)$$

$$T \times X = \{\bar{A} \times T\} X \times T + \{\bar{B} \times T\} U \times T \quad (7)$$

$$T \times Y = \{\bar{D} \times T\} X \times T \quad (8)$$

$$T \times R \times Y \xrightarrow{\alpha_4} F \times T, \quad (9)$$

де  $T$  та  $X$  – множина моментів часу та станів системи;  $S, M, F, R$  та  $Y$  – множина параметрів навколишнього середовища, мотивації, мети, прогнозованого і реального результату, відповідно;  $\bar{A}, \bar{A}$  та  $\bar{D}$  – матриці параметрів;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  – інтелектуальні оператори перетворення, що використовують знання.

Виходячи з формул 4-6, ефективність функціонування ІСК на множині моментів часу та станів системи в значній мірі залежить від часових затримок, за яких сигнали моніторингу та керування доходять до одержувача. У мережах 5-го покоління вони складатимуть близько 1 мілісекунди, що менше, ніж у мережах 2-го покоління, в 500 разів та значно покращує використання додатків IoT (Internet of Things — Інтернет речей). Застосування IoT додатків з технологію 5G підвищує ефективність моніторингу полів, керування БПЛА, безпілотною збиральною і автомобільною технікою та режимами їх роботи. По-перше, безліч масових додатків IoT передбачають високу ємність мережі та оперативне підключення додатків для забезпечення можливості під'єднання необхідної кількості пристроїв – бездротових сенсорних мереж розумного сільського господарства. По-друге, програми додатків IoT матимуть високі вимоги до надійності, доступності та надзвичайно низької затримки з'єднання.

Як показує практика, неоптимальне планування польових робіт призводить до накладання маршрутів руху БТК, затримок в її роботі і, як наслідок, надмірних витрат пального. Практичне застосування елементів зазначеної ІСК в ТДВ «Терезине» та в ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» дозволило знизити довжину маршрутів руху збиральної техніки та загальні витрати на проведення збиральної кампанії на 12-15 % за рахунок оперативного визначення обсягів біомаси, планування польових робіт та реалізації компромісно-оптимальних маршрутів руху БТК. Виходячи з цього, прибуток підприємств при застосуванні елементів зазначеної ІСК збільшився більш ніж на 12 %. Крім того, як показують результати практичного застосування ІСК, значно скорочуються часові витрати на прийняття обґрунтованих рішень за рахунок обробки системою великих об'ємів інформації.

### **Висновки і перспективи.**

1. Обґрунтовано функціональну структуру інтелектуальної системи керування, до якої ввійшли три рівня функціональних задач. Для вирішення цих задач визначені алгоритми, які ґрунтуються на класичних методах оптимізації та моделювання систем і методах штучного інтелекту, що забезпечує ефективне

вирішення задач планування, контролю й оперативного керування процесами моніторингу та підготовки полів, вирощування та збирання врожаїв в умовах гібридних війн.

2. Запропоновано критерії ефективності інтелектуальної системи керування процесами. Практичне застосування елементів зазначеної ІСК в ТДВ «Терезине» та в ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» дозволило збільшити прибуток підприємств більш ніж на 12 % та скоротити часові витрати на прийняття обґрунтованих рішень за рахунок обробки системою великих об'ємів інформації.

### **References**

1. László Á. Kóczy, Dávid Csercsik, Balázs R. Sziklai "Nord Stream 2 (2022). A prelude to war», Energy Strategy Reviews, 100982, doi: 10.1016/j.esr.2022.100982;
2. Y. Niu, A. Korneev (2022). Present situation of biomass energy utilization-a comparison between China and the United States. 2nd International Conference on Intelligent Technologies (CONIT), Hubli, India, 2022, 1-5, doi: 10.1109/CONIT55038.2022.9848238;
3. L. Zemite et al. (2022). Biogas Production Support Systems for the Production and Use of Biomethane. IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering. IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Prague, Czech Republic, 2022, 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854739;
4. T. Kurbatova, Y. Hyrchenko, (2018). Energy Co-ops as a Driver for Bio-Energy Sector Growth in Ukraine. IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kharkiv, Ukraine, 2018, 210-213, doi: 10.1109/IEPS.2018.8559516;
5. M. Panchuk, S. Kryshchtopa, A. Panchuk (2020). Innovative Technologies for the Creation of a New Sustainable, Environmentally Neutral Energy Production in Ukraine. International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA), Sakheer, Bahrain, 2020, 732-737, doi: 10.1109/DASA51403.2020.9317165;
6. D. Y. Suslov, P. S. Sedyh (2019). Experimental Studies of the Process of Obtaining Biogas from Wastes from Agricultural Enterprises. International Science and Technology Conference "EastConf", Vladivostok, Russia, 2019, 1-4, doi: 10.1109/EastConf.2019.8725328;
7. N. Voća, B. Ribić (2021). Energy potential of separately collected biowaste as raw material for a biogas plant - case study of Virovitica-Podravina County in Croatia. 6th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), Bol and Split, Croatia, 2021, 01-06, doi: 10.23919/SpliTech52315.2021.9566439;
8. T. O. Ábrego-Bonilla, J. Guevara-Cedeño (2022). Analysis of the Crucial Factors in Biomass Electricity Generation, IEEE 40th Central America and Panama Convention

(CONCAPAN), Panama, Panama, 2022, 1-6, doi: 10.1109/CONCAPAN48024.2022.9997610;

9. N. A. Pasichnyk, S. A. Shvorov, O. A. Opryshko, D. S. Komarchuk, A. O. Dudnyk, O. Bahatska. (2022). Urban Agriculture - as a Component Of The Concept Of Energy Efficiency Communities. IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 2022, 319-324, doi: 10.1109/TCSET55632.2022.9766904;

10. V. Lysenko, D. Komarchuk, N. Pasichnyk, O. Opryshko, M. Awtoniuk, A. Martsyfei (2018). Information Support of Remote Monitoring of Grain Crops Biomass Amount as the Feedstock to Load Biogas Reactors. International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2018, 35-38, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632090;

11. P. P. Dell'Omo, V. Spena, S. L. Froscia (2018). Assessment of a Mechanical Pretreatment to Enhance Biogas Production from the Noxious Weed *Eichhornia Crassipes* on Industrial Scale," 2018 5th International Symposium on Environment-Friendly Energies and Applications (EFEA), Rome, Italy, 2018, 1-6, doi: 10.1109/EFEA.2018.8617059.

12. A. Chatzisavvas, M. Dasygenis, M. Louta.(2022). Autonomous Unmanned Ground Vehicle in Precision Agriculture – The VELOS project. 7th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM). Ioannina, Greece, 2022, 1-4, doi: 10.1109/SEEDA-CECNSM57760.2022.9932952.

13. S. B. Choudhury, S. Sarangi, a S. Pappula (2021). Optimal Deployment Planning to Maximize Coverage of Agricultural Operations with Effective Resource Utilization. IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), Seattle, WA, USA, 2021, 147-154, doi: 10.1109/GHTC53159.2021.9612462.

14. S. Timchuk, P. Kundenko, V. Mardzyavko (2021). Analysis of automated control systems of equipment for transportation of grain products on elevators. Energy and automation, 6, 18-31, doi: 10.31548/energiya2021.06.018

15. A. Furchi, M. Lippi, R. F. Carpio, A. Gasparri (2022). Route Optimization in Precision Agriculture Settings: A Multi-Steiner TSP Formulation. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2022, doi: 10.1109/TASE.2022.3204584.

16. A. Kutyrev, N. Kiktev, M. Jewiarz, D. Khort, I. Smirnov, V. Zubina, T. Hutsol, M. Tomasik, M. Biliuk (2022). Robotic Platform for Horticulture: Assessment Methodology and Increasing the Level of Autonomy, Sensors 22, 8901. <https://doi.org/10.3390/s22228901>

17. D. S. Komarchuk, Y. A. Gunchenko, N. A. Pasichnyk, O. A. Opryshko, S. A. Shvorov, V. Reshetiuk (2021). Use of Drones in Industrial Greenhouses. IEEE 6th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Development (APUAVD). Kyiv, Ukraine, 2021, 184-187, doi: 10.1109/APUAVD53804.2021.9615418.

18. E. K. Raptis et al. (2022). Multimodal Data Collection System for UAV-based Precision Agriculture Applications. Sixth IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). Italy, 2022, 1-7, doi: 10.1109/IRC55401.2022.00007.

19. V. Lysenko, S. Shvorov, O. Opryshko, D. Komarchuk, V. Lukin, N. Pasichnyk (2019). Methodological Solutions for the IoT Concept for Biogas Production Using the

Local Resource. IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). Kyiv, Ukraine, 2019, 561-566, doi: 10.1109/PICST47496.2019.9061238.

20. V. Mezhuyev, Y. Gunchenko, S. Shvorov, D. Chyrchenko (2020). A method for planning the routes of harvesting equipment using unmanned aerial vehicles. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 26(1), 121-132. doi: 10.31209/2019.100000133

21. V. Lysenko, S. Shvorov, O. Opryshko, N. Pasichnyk, D. Komarchuk (2018). Information support of Some automated systems of remote monitoring of planted areas state. *Control Systems: Theory and Applications*, pp. 291–313.

## **AN INTELLIGENT SYSTEM FOR MANAGE THE PROCESSES OF PREPARATION, GROWING, AND HARVESTING CROPS IN THE CONDITIONS OF HYBRID WARS**

*S. Shvorov, O. Opryshko, A. Dudnyk, Y. Tsitsyurskii, R. Zaloznyi*

**Abstract.** *The relevance of the work lies in the fact that in the conditions and after the end of the war, many elements of weapons and military equipment remain on agricultural fields. In order to avoid collisions of agricultural machinery with these elements, the following tasks are solved with the help of the proposed system: monitoring of the field based on the use of space and unmanned aerial vehicles, planning of fieldwork, and synthesis of the routes of movement of unmanned tractors and combines, as well as control and operational management of their modes of operation. Based on information from the sensors of space and aircraft using special software, a microrelief of the field is constructed, and the coordinates of dangerous elements (obstacles) in the path of unmanned vehicles are determined. In addition, water erosion of the soil is monitored at this stage. The compromise-optimal routes and movement parameters of unmanned tractors for plowing and fertilizing the land are determined in the second stage. In the third stage, the volume and density of the crop in each field section are specified. The coordinates of obstacles to implementing the compromise-optimal movement trajectories and unmanned harvesters' optimal speed of movement combine harvesters during harvesting.*

**Key words:** *intelligent control system, unmanned tractors and combines, monitoring, space and unmanned aerial vehicles*