

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА ТА ОБЛАДНАННЯ: ПРОГНОЗУВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ

УДК 631.153.3:001.891.54

[http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-2-23\(37\)-1](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-2-23(37)-1)

ЕРГАТИЧНЕ ВИПРОБУВАННЯ У ПРОСТОРИ ТА ЧАСІ КОМПЛЕКСНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ КЕРОВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

В. Кравчук, д-р техн. наук, професор, член-кор. НААН України

<https://orcid.org/0000-0002-7991-0351>

ДНУ «Укр НДІПВТ ім. Л. Погорілого»,

Г. Баранов, д-р техн. наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-2494-8771>

О. Комісаренко, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net,

<https://orcid.org/0000-0002-7436-6473>

Національний транспортний університет України

Анотація

Стаття присвячена розвитку методів прогнозування та випробування техніко-технологічних рішень керованого землеробства під час вирощування продукції рослинництва у відкритому ґрунті. Запропонована інформаційна технологія для поточного оперативного управління складними динамічними системами (СДС) агропромислового комплексу. Запропоновані методи ергатичного моделювання спрямовані на підвищення інтегрованої ефективності процесів функціонування СДС в зонах ризикованого землеробства з нестаціонарним середовищем.

Мета. Ергатичне випробування у просторі та часі методів та засобів агровиробництва продукції рослинництва на базі багатовимірних та багатопараметричних критеріїв керованого землеробства.

Методи, які застосовано: аналіз, прогноз, планування, моделювання, оцінювання якості та економічності локальних агробіозон синергетичного розвитку за вимірами передбачення наближень ризиків.

Результати. Запропоновано програмно-апаратні комплекси та інформаційні технології, які гарантують адаптивне управління на принципах керованого землеробства з урахуванням прогнозних ситуацій.

Висновки.

1. Природні незалежні та ергатичні керовані процеси самоорганізації однозначно фіксуються у просторі та часі як факт існування взаємодії та цільової тривалості отримання врожаю.

2. Поточні інформаційні моделі та засоби обробки даних забезпечують випробування техніко-технологічних рішень, для отримання прибутку майбутнього врожаю.

Концептуальна програма гарантованого управління, з найвищою ефективністю та безпекою гарантованого розвитку рослин, була формалізована для ергатичного випробування у просторово-часових ситуаціях інтеграційних процесів. Терміни та визначення компонент складеної динамічної системи та розгалужених траєкторій в місцевизначених зонах було науково обґрунтовано. Описи виконано конструктивною математичною моделлю об'єктів руху як шарові нейромоделі та мережні форми або рух фрагментів з розгалуженими траєкторіями. Для розв'язання оперативних задач безпеки та екології біосфери землеробства проаналізовані стратегії та методи ситуативного управління. Технологічні ситуації, як умови для необхідних та достатніх актів почергових та узгоджених дій, які мають зрозумілий фізичний та інформаційний зразковий зміст, названі та означені.

Ключові слова: точне (кероване) землеробство, випробування, моделі, ризики, моделювання, почергове управління.

Вступ. Взаємодії в природних та штучних (соціотехнічних) системах, які функціонують у конкретному просторово-часовому континуумі (ПЧК), змінюються внаслідок гетерогенних факторів впливу на них довкілля. За нестаціонарних багаторівневих впливів довкілля відбуваються зміни режимів функціонування складних динамічних систем (СДС). Точне (кероване) землеробство (PrecisionFarmerSystem – PFS) має власну ієрархічну будову та специфічні компоненти на кожному рівні ієрархічної організації СДС. Разом природні так і штучні об'єкти змінюють акти дії у єдиному ПЧК де відбувається виробництво продукції рослинництва (ВПр) із заданим рівнем стану продовольчої безпеки. Особливу роль грають полієргатичні виробничі організації (ПЕВО), які застосовують сучасні засоби інформаційних технологій (ІТ), телекомунікації, імітаційного моделювання, систем підтримки прийняття рішень (СППР), підсистем гарантованого адаптивного управління (ГАУ) з відповідним інженерним забезпеченням які взаємодіють у межах задач, мети та критеріїв функціонування PFS-СДС відповідно до вимог агропромислового комплексу (АПК) держави [1-5].

Постановка проблеми та аналіз літературних даних. Безпека життя зараз та у майбутніх промислових центрах, містах інтелектуальних PFS значно залежить від глобального впливу довкілля на водні, ґрунтові та атмосферні об'єкти, які складають цілісну біосистему разом з чисельними ПЕВО, мережами зон ВПр та транспортно-механізованим комплексом АПК [1-4].

Взаємодії в сучасному світі швидко і несподівано змінюються [5-7]. Тоді виникають стрибкоподібні зміни ситуацій, раптові події, які бажано передбачати. При цьому завжди існує певна множина можливих варіантів розвитку майбутніх подій, які типові й тому їх можливо передбачити і спрогнозувати [1-4]. Експерти АПК для СДС і PFS ситуацій почали розробляти приблизно однаково правдоподібні, але значимо протилежні варіанти майбутнього розвитку подій і впливів

факторів зовнішнього середовища [6], актуальних для АПК. За результатами аналізу [1-9] можна узагальнити різноманітні методи, які застосовують PFSу некерованому землеробстві.

У задачах динамічного планування PFS-АПК можливі випадки наявності групової або системної невизначеності СДС. Ці випадки пов'язані з неточними, розпливчастими властивостями гетерогенних процесів. Наприклад, збіг обставин сформовано як невизначеності: інформаційна, ситуаційна і стратегічна. Саме тоді не завжди можливе коректне застосування наявних детермінованих методів та техніко-технологічних рішень (ТТР) [3]. Формальний опис неточних чи ненадійних факторів робиться зокрема на принципах лінгвістичного представлення відповідних якісних оцінок [10-12].

Етапи обробки ПАК кількісної та якісної інформації, випробування-моделювання, прогнозу та прийняття рішень мають (табл. 1) відповідно різні критерії оцінювання ризиків і невизначеностей.

Відомі методологічні основи інформаційної технології моделювання [7-10] і побудови необхідних динамічних СДС планів представлено на рисунках 1,2.

Мета та завдання дослідження. Мета роботи полягає у розробленні методологічних основ створення засобів прогнозування та випробування техніко-технологічних рішень, які гарантують якість прискореного моделювання складних динамічних систем, які функціонують в умовах загрозового впливу незалежних гетерогенних факторів довкілля, та за принципами точного (керованого) землеробства засобам ГАУ запобігають катастрофі ризиків втрати врожаїв [9].

Постановка завдання. Lotfi A. Zadeh перший, хто розробив апарат fuzzy логіки [11,12]. Тому на її основі застосовуються моделі для розв'язання задач PFS-АПК коли вхідні дані є слабо (fuzzy) формалізованими [13,14]. Найбільш ефективними та системними для задач планування ТТР для ВПр є fuzzy-ситуаційні моделі [12] та fuzzy-когнітивні моделі [15]. Саме така концепція відображена на рисунку 2.

Таблиця 1 — Класифікація типів невизначеності і їх зв'язок з суттєвим ризиком PFS

Характеристики системної невизначеності СДС АПК			Ризики
№ та тип	Опис	Джерела	Причини
1 Перспективна	Система не до кінця досліджена, можливе появлення невідомих факторів	Складність системи, непередбачувані зовнішні впливи. Неможливість отримання даних.	Відхилення значень ключових параметрів, з негативними наслідками від запланованих
2 Ретроспективна	Повна або часткова відсутність даних про поведінку системи у минулому	Низька ефективність обробки інформації про ВПР. Втрата даних та значень	Коливання параметрів PFS (процесу). Значні відхилення у часі
3 Технічна	Недостатня точність наявних інструментів аналізу та обробки	Неефективність методів прогнозування. Суб'єктивність ОПР	Інструментальна неточність оцінювання та кваліфікації
4 Ситуаційна	Ймовірність повної або часткової зміни випадкової ситуації	Складність системи. Неможливість передбачення змін. Непередбачувані зовнішні впливи.	Ймовірні похибки значень ключових параметрів від запланованих та помилки
5 Стохастична	Стохастичні процеси, що досліджуються	Стохастичні параметри системи або процесів	Схована стохастика у тенденціях та поведінці PFS-АПК
6 Структурна	Невизначеність складу керованих елементів	Складність системи або процесу. Багатоваріантність	Відсутність класифікації та планування. Ризик негативних наслідків.
7 Критеріальна	Невизначеність критеріїв за якими приймається рішення	Неефективність системи багато-параметричної обробки даних. Суб'єктивність ОПР	Не формалізовано оцінювання параметрів системи (процесу). Неоднозначність умов.
8 Природна	Повне або часткове незнання реальних природних умов під час прийняття рішень	Неможливість контролювати глобальні процеси природного середовища	Екологічні та технологічні кумулятивні стрибкоподібні явища.
9 Конфліктна протидія	За двосторонньої взаємодії повна або часткова відсутність інформації про наміри сторін	Різні цілі учасників. Активна і пасивна ієрархічна протидія	Різні типи ризиків антиподні дії: (економічні, екологічні, технічні, політичні) та інші.
10 Конфліктні цілі	Необхідність врахування декількох цілей, у тому числі протилежних	Наявність багатьох учасників, які мають різні цільові вектори. Неузгоджені стрибки та дії.	Ризик зниження ефективності процесу. Ризик недосягнення цілей ВПР.

Сукупність ефективних методів ситуаційного підходу та fuzzy логіки отримала назву fuzzysituational approach (FSA) [12]. Існують різні методи, які реалізують FSA. Частина з них ґрунтується на представленні ситуацій у вигляді кортежей як сукупності значень фіксованого (crisp) набору ознак. До іншої групи fuzzy відносяться методи: fuzzy логічного висновку, fuzzy класифікації, багатокритеріальної оцінки

та вибору, аналізу сукупності ситуацій у вигляді графових структур [13]. Сукупність зазначених методів дозволяє побудувати СППР на основі fuzzy ситуаційного підходу для різних складних об'єктів [10-13]. Однак для побудови динамічних планів у складному середовищі потрібно не просто ідентифікувати поточну ситуацію і прорахувати можливі наслідки відповідної множини керівних рішень, а й спро-

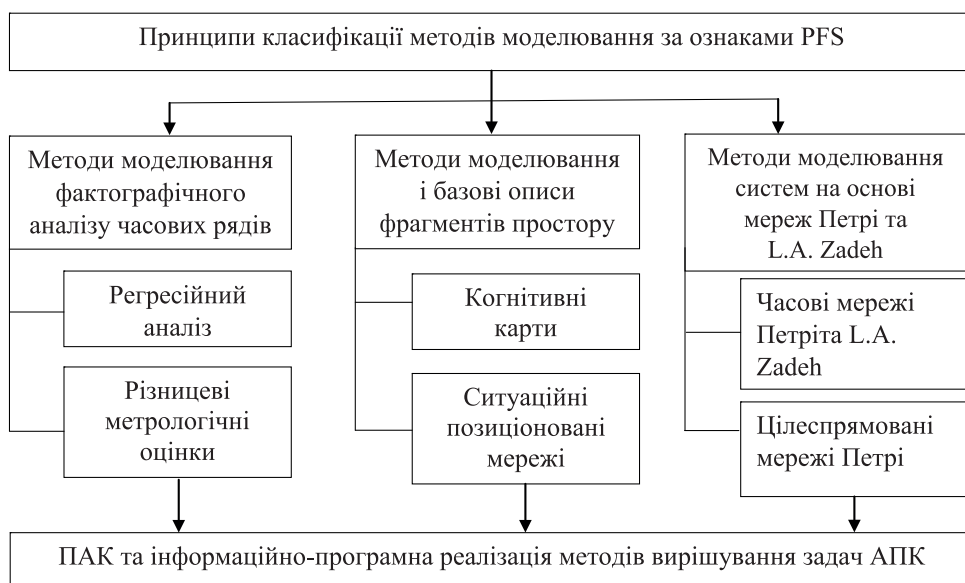


Рисунок 1 – Базові методи технології моделювання процесів зміни у СДС

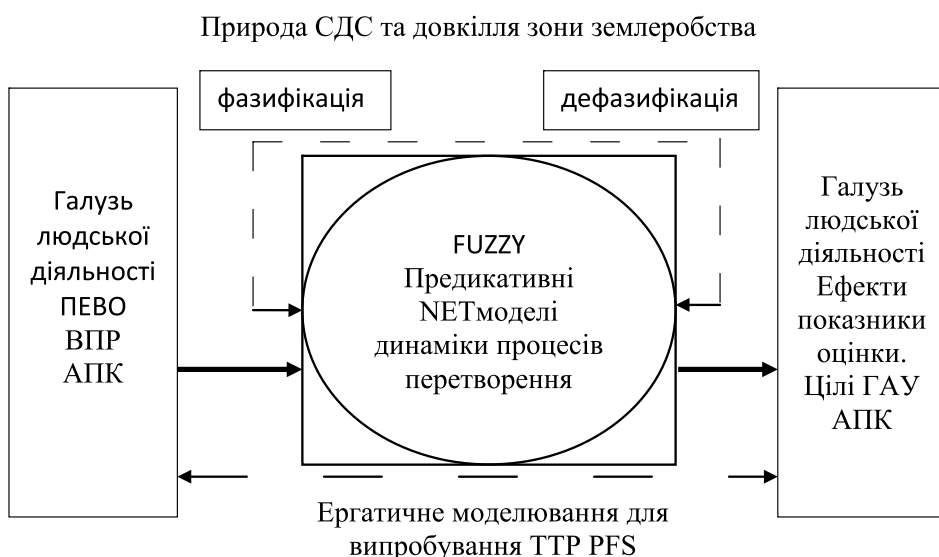


Рисунок 2 – Прикладна концептуальна схема ергатичного моделювання за технологією L.A. Zadeh на базі лінгвістичних змінних та множинних функцій зв'язування понять ПАК у сфері прогнозу, моделювання, управління в СДС

гнозувати і визначити послідовні кроки вперед [12-15] для досягнення цілей змін ситуацій у PFSАПК [1-9].

Матеріали та методи досліджень. Комплексні завдання на прогнозування та виробництво завжди потребують залучення нових додаткових знань, фактів, моделей та методів. ПАК для ситуаційного аналізу на основі fuzzy situational networks (FSN) [12] ґрунтуються на сукупності типових станів системи у вигляді вузлів графа (гіпермережі), переходи між якими відпові-

дають керівним рішенням ВПР. При цьому база знань не містить у явному вигляді продукції операторів, які ставлять у відповідність керівні рішення конкретній ситуації. Послідовність керівних техніко-технологічних рішень (ТТР) переводять СДС з поточного стану в стан, який описується цільовою ситуацією (найкращою в сенсі обраної системи оцінок), визначається по оперативно синтезованій мережі шляхом виведення [12].

СППР на основі FSN можна застосовувати для прийняття рішень та вирішення окремих завдань планування [4]. Однак широке використання ПАК та FSN в задачах управління складними PFS-АПК обмежено рядом факторів.

По-перше, незважаючи на те, що для широкого класу моделей розроблені ефективні способи зменшення розмірності простору ознак на основі побудови ієрархії та використання об'єктно-орієнтованого підходу щодо FSN керованого землеробства подібні питання не розглядалися[9].

По-друге, в класичній моделі «ситуація – дія» зіставляється своя множина допустимих дій, тоді як у моделях «ситуація – стратегія планування – дія», описуються типові стани, які служать вказівкою на

застосовність рішень. Тим самим вони дозволяють застосовування будь-яких обґрунтованих рішень, що також впливає на розмірність опису завдання. Доцільним є спільне застосування цих моделей у явному вигляді. Множину варіантів керівних ТТР обмежує кількість можливих фазових переходів в описах процесів СДС на принципах FSN для точного (керованого) землеробства [9].

По-третє, відсутність урахування стохастичної невизначеності характерна для багатьох задач ситуаційного планування. Якщо розглядати FSN як аналогію моделі детермінованого автомата [15], створену для нерегульованого випадку, тоді відсутній стохастичний автомат ефективний у бібліотеці ПАК ергатичного моделювання [10].

По-четверте, представлення fuzzy ситуації у вигляді fuzzy множини другого рівня, характерне для існуючих моделей FSN. Це ускладнює формулювання еталонних ситуацій експертом АПК і вимагає більшої кількості операцій під час порівняння вхідної і даної ситуацій. Зміна ж способу подання fuzzy ситуації, потребує розробки раціональних продукційних правил і нових способів подання керівних рішень [10], що відображають підзадачі ПАК.

По-п'яте, недостатнє врахування чинника часу та тривалості реалізації керівних рішень не притаманне більшості PFS для ситуаційного планування.

По-шосте, існує недолік, властивий більшості моделей АПК, які використовуються в задачах прийняття рішень під час вирішення завдань планування складними організаційно-технічними системами – це недостатнє врахування множинності аспектів розгляду СДС.

Fuzzy situational networks (FSN) – орієнтований зважений граф переходів за окремими еталонними ситуаціями ВПР згідно з досвідом агрономів АПК у межах ергатичного моделювання [10].

Стратегії управління – маршрутом в FSN між поточною та цільовою ситуаціями описує кортеж, як набір керівних рішень, необхідних для змін локальної позиції у поточній ситуації, а також їх

послідовність для досягнення цільової ситуації. Вершини FSN відповідають еталонним ситуаціям, дуги зважені керівними рішеннями, необхідними для переходу за ситуаціями, і ступенями переваги цих рішень. Тут $S_i (i \in I = \{1, 2, \dots, n\})$ – еталонні ситуації; $R_j (j \in P = \{1, 2, \dots, f\})$ – керівне рішення; $\alpha(S_i, R_j)$ – ступінь переваги застосування керівного рішення R_j в ситуації S_i порівняно з іншими можливими рішеннями із множини $R = (R_1, R_2, \dots, R_f)$. Ступені переваги керівних рішень або залишаються незмінними у кожній ситуації і визначаються експертним опитуванням, або якимось залежать від ситуації і тоді для їх визначення ПАК використовує як продукційне схема типу «ситуація-перевага рішення» (С-ПР) внаслідок аналітичного доказу достовірності.

Керівне рішення, яке відповідає поточній ситуації, представляє собою послідовність рішень, необхідних для переходу від поточної ситуації до цільової згідно з маршрутом у FSN. Отже, вивід ПАК рішень в моделі <С-СУ-Д> розбивається на два етапи: постановка цілі (цільової ситуації) ВПР; побудова ситуаційної стратегії термінального управління PFS. Стратегія управління задає послідовність «перегляду» продукції пари «ситуація-дія». Ситуація з можливими в ній керівними рішеннями представляє собою схемну продукцію типу <С-Д>. Результат її відповідає оптимальному переводу об'єкта управління в цільовий стан. За допомогою FSN (рис. 2) отримуємо алгоритм побудови динамічного плану функціонування ПАК в режимах ергатичного моделювання.

Для моделювання складних PFS [9] і синергетичних інтеграційних процесів в умовах часових обмежень, розроблено метод ситуаційного моделювання на основі FSN з інтегральними значеннями кожного обмеження. Специфічний орієнтований зважений граф переходів за типовими еталонними ситуаціями FSN з часовими обмеженнями, гарантує виконання певних часових умов для кожної еталонної ситуації. Часові інтервальні умови – це поточний час від початку однієї ситуації

до початку наступної але іншої ситуації. Вони заздалегідь визначаються згідно з теорією подібності та розмірності [8] експертом АПК або, якщо можливо, розраховуються автоматично.

$$G = (S, R, \alpha_i, \tau_i), \quad (1)$$

де $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ – вершини FSN, тут $\tilde{S}_i (i \in I = \{1, 2, \dots, n\})$ – еталонні описи ситуації, R_j – керівне рішення, $\alpha(\tilde{S}_i, R_j)$ – ступінь переваги застосування керівного рішення R_j в ситуації \tilde{S}_i порівняно з другими можливими рішеннями з множини $R = (R_1, R_2, \dots, R_j)$, τ_i – часове обмеження на існування інтервалу i -у ситуацію, яке є

умовою переходу в наступну ситуацію. Значення часових обмежень задаються у пам'яті ПАК в одиницях виміру часу.

У ПАК метод лінгвістичних описів [10-12] складається з таких кроків:

1. Визначення множини типових станів для S_n ситуації.

2. Визначення керівних r рішень.

3. Встановлення α_i ступеневих переваг і τ_i часових переваг кожної ситуації.

4. Визначення остаточної множини R_j керівних рішень.

5. Визначення остаточного варіанту G ситуаційної моделі.

Часові обмеження орієнтують процеси СДС та зменшують кількість можливих ТТР під час вирішення прикладних задач і дозволяють більш детально описати керівні рішення. Фрагмент FSN з часовими обмеженнями для деякого об'єкта управління показано на рисунку 3. Саме це дозволяє спростити засоби моделювання і здійснювати більш точне керування складним технічним об'єктом СДС [7,8].

Послідовність етапів під час побудови лінгвістичної ситуаційної мережі з часовими обмеженнями представлено на рисунку 4.

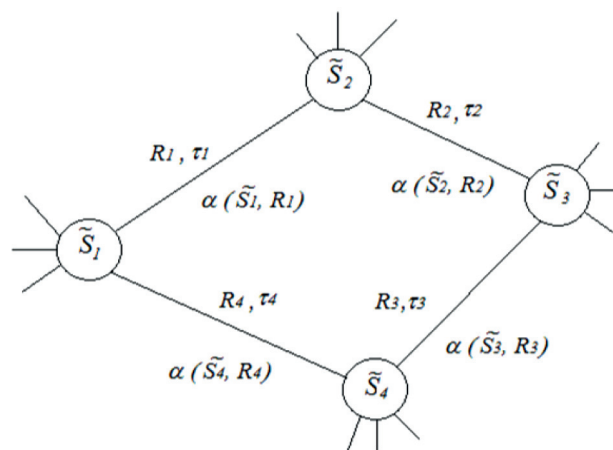


Рисунок 3 – Приклад фрагменту FSN для ТТР об'єкта управління АПК



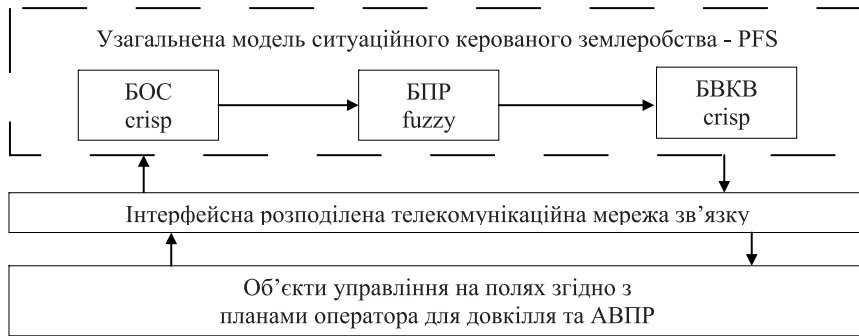
Рисунок 4 – Послідовність етапів при побудові задачно-орієнтованої ситуаційної мережі з часовими обмеженнями фазових змін PFSBПР

Ступені переваги керівних рішень або незмінні в кожній ситуації і визначаються експертом або ставляться в залежність від ситуації, і тоді для їх визначення використовується система типу «ситуація-перевага рішення» (С-ПР), яка складається з продукційних правил.

Закон управління на базі типових складових кожного керівного рішення – це узгоджений ПАК: відповідає поточній ситуації; представляє собою закономірну послідовність рішень; визначає почерговість кроків; відображає сутність переходу

відповідно до заданих часових обмежень від поточної ситуації до цільової по гарантованому в FSN маршруту.

Виходячи з представлених вище основоположних концепцій розглянемо на рисунку 5 уніфіковану модель ситуаційного управління ТТР ВПР.



БОС – блок оперативних ситуацій з локальними подіями;
БПР – блок прийняття рішень на закони керування у просторі та часі; БВКВ – блок відповідних керованих впливів засобами дистанційного зв'язку

Рисунок 5 – Структура ситуаційного управління сільськогосподарськими машинами PFS

Нехай $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ – кортеж m ознак, які описують стан транспортних об'єктно-орієнтованих компонентів логістичної системи ВПР. Кожна поточна ознака розгортається відповідно до лінгвістичної змінної:

$$\langle p_i, T_i, D_i \rangle, \quad \forall i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_{m_i}^i\}$ – терм-множина сутнісної лінгвістичної змінної;

m_i – число терм-множин лінгвістичної змінної якісної p_i ознаки;

D_i – базова множина ознак p_i для кожного типового crisp кортежу.

Терми $T_j^i (i \in \{1, 2, \dots, m\}, j \in \{1, 2, \dots, m_i\})$ описуються з використанням fuzzy множин A_{ij} [11], які задаються значенням функції приналежності $\mu_{A_{ij}}(p_i)$ у завжди відповідних базових множинах $p_i \in D_i$:

$$A_{ij} = \left\{ \left(\mu_{A_{ij}}(p_i) / p_i \right) \right\}, p_i \in D_i. \quad (3)$$

Реальна fuzzy ситуація \hat{s} відображає опис множин другого рівня:

$$\hat{s} = \left\{ \left(\hat{s}(p_i) / p_i \right) \right\}, \quad i = (1, 2, \dots, m), \quad (4)$$

$$\hat{s}(p_i) = \left\{ \left(\mu_{A_{ij}}(p_i') / T_j^i \right) \right\}, j = (1, 2, \dots, m_i), \quad (5)$$

де $\mu_{A_{ij}}(p_i')$ – значення функції приналежності за заданим p_i значенням.

Результати досліджень.

Приклад формалізації інфологічної моделі. Надійність функціонування АПК та PFS у разі виникнення відмов {вершини (аварія, екологічний стан, відмова); фізичної мережі (будь-які проблеми з компонентами); ребра логістичної мережі (комутаційні маніпуляції, неправильна передача параметрів потоку)} можна оцінити такими інтегрованими факторами як стійкість і ресурс живучості у просторі та часі по ребрах

гіпермережах, які моделюємо для аналізу якості ВПР.

Наприклад, ситуація одного з fuzzy станів надійності СДС на певній технологічній операції за заданими значеннями ознак $\{p_1$ – стійкість, p_2 – ресурс живучості} представлена чисельно так.

$$\hat{s}_k = \{((0,2 / \text{«низька»}), (0,5 / \text{«середня»}), (0,9 / \text{«висока»} / \text{стійкість})); ((0,1 / \text{«низька»}), (0,7 / \text{«середня»}), (0,3 / \text{«висока»} / \text{живучість}))\}.$$

Кортежі керівних рішень, необхідних для виведення рішень щодо поточної ситуації, а також їх послідовність для досягнення цільової ситуації, визначають стратегію управління як маршрут в FSN між поточним і цільовим станами СДС.

З огляду на вище перелічене FSN виглядає так [9]:

$$G = (\hat{S}, R, \alpha), \quad (6)$$

де $\hat{S} = \{\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_w\}$ – вершини FSN, відповідні еталонним лінгвістично описаним fuzzy ситуаціям;

$R = (R_1, \dots, R_f)$ – кортеж f дуг (гілок, ребер) між вершинами, які представляють можливі гарантовані *crisp* управлінські рішення;

$\alpha(\hat{s}_i, R_j)$ – ступінь переваги застосування керівного рішення R_j в ситуації \hat{s}_i порівняно з іншими керівними рішеннями згідно з R кортежу.

Ступеневі переваги керівних рішень залежать від ситуації і визначають ГАУ у просторі та часі. Тому поточні рішення ПАК у процесі моделювання АВПР залежить від заздалегідь формалізованої моделі (рис. 6).

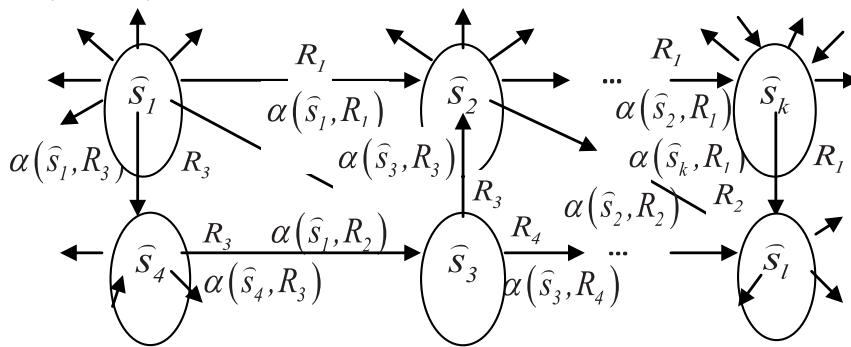


Рисунок 6 – Фрагмент розрахункового шару FSN під час моделювання ВПР

Обговорення результатів. Під час моделювання переходів системи з однієї ситуації в іншу попередньо виявляють множину можливих керівних рішень $R = (R_1, \dots, R_f)$, які задаються як відносин між термами $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_{m_i}^i\}$ ознак $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$. Для кожної ситуації $\hat{s}_k \in \hat{S}$ формується підмножина ситуацій $\hat{S}^k \in \hat{S}$, в які може перейти система із ситуації \hat{s}_k під дією керівних рішень з множини R . Після цього вершина НСС \hat{s}_k об'єднується дугами кожною вершиною з \hat{S}^k . Дуги визначають відповідні рішення і ступені їхніх переваг в ситуації \hat{s}_k . Ця процедура повторюється для всіх ситуацій з множині \hat{S} [10-15].

Нехай терм-множина p ознак $\{1 - \text{стійкість}, 2 - \text{ресурс живучості}\}$ задані застосуванням лінгвістичних (fuzzy) змінних так:

$T_1 = \{T_1^1 - \text{«низька»}, T_2^1 - \text{«середня»}, T_3^1 - \text{«висока»}\};$

$T_2 = \{T_1^2 - \text{«низька»}, T_2^2 - \text{«середня»}, T_3^2 - \text{«висока»}\}.$

Керівні рішення R_1 та R_2 задані такими ознаками терм-множини:

$R_1 = \{R_1^1 - \text{«сильно підвищити»}, R_2^1 - \text{«трохи підвищити»}, R_3^1 - \text{«не змінювати»}, R_4^1 - \text{«трохи зменшити»}, R_5^1 - \text{«сильно зменшити»}\};$

$R_2 = \{R_1^2 - \text{«сильно підвищити»}, R_2^2 - \text{«трохи підвищити»}, R_3^2 - \text{«не змінювати»}, R_4^2 - \text{«трохи зменшити»}, R_5^2 - \text{«сильно зменшити»}\}.$

Оскільки управлінські рішення задають деякі перетворення значень ознак, то кожному j -му терму керівних рішень ставиться у відповідність матриця відносин M_j^i , яка описує силу впливу керівного рішення R_j^i на значення ознаки p_i .

Матриці відносин, які описують вплив керівних рішень $R_j = \{R_1^j, R_2^j, R_3^j, R_4^j, R_5^j\}$ на ознаку p_i (рис. 7).

	T_1^1	T_2^1	T_3^1		T_1^1	T_2^1	T_3^1		T_1^1	T_2^1	T_3^1
$M_1^1 =$	0,1	0,2	1		0,1	1	0,2		1	0,1	0
T_2^1	0	0,1	1		0	0,1	1		0	1	0
T_3^1	0	0	1		0	0	1		0	0,1	1
	T_1^1	T_2^1	T_3^1		T_1^1	T_2^1	T_3^1		T_1^1	T_2^1	T_3^1
$M_4^1 =$	0,2	0	0		0,1	0	0		1	0,1	0
T_2^1	1	0,1	1		1	0,1	0		1	0,1	0
T_3^1	0,2	1	0,1		1	0,2	0,1		1	0,2	0,1

Рисунок 7 – Формальний $M_{r \in R} = T_i \begin{bmatrix} T_j \\ ij \end{bmatrix}, \forall i \in I, j \in J, i \neq j$ матричний опис взаємовідношень між лінгвістичними змінними для значень ознак $\{p_1, p_2\}$

Матриці відносин, які описують вплив керівних рішень $R_2 = \{R_1^2, R_2^2, R_3^2, R_4^2, R_5^2\}$ на ознаку виглядають так само як і ті, які описують вплив керівних рішень $R_1 = \{R_1^1, R_2^1, R_3^1, R_4^1, R_5^1\}$ на p_1 ознаку.

Моделювання переходу з поточної ситуації \hat{s}_k у цільову поточну ситуацію \hat{s}_l під дією керівних рішень $R_j \in R$ викону-

ється на підставі мінімаксної композиції і східного значення ознаки p_i ситуації \hat{s}_k та відношення M_i^j , яке задає рішення R_g .

$$\hat{s}_i = \max_{k \in K} \left\{ \min_{j \in J} [\hat{s}_k, M_i^j] \right\}. \quad (7)$$

У результаті формується поточна у просторі та часі ситуація, яка відображає стан ГАУ для ділянок ВПР. Якщо сформована ситуація не задовольняє вимоги до СДС, то моделюється подальший перехід в іншу ситуацію. Цей процес циклічно повторюється до переходу СДС в цільову ситуацію, яка задовольняє вимоги, за критерієм рівня надійності отримання прибутків від одержаних врожаїв за технологіями керованого землеробства.

Висновки.

1. Процеси виробництва продукції рослинництва у штучно обмежених складних динамічних системах (СДС) керованого управління процесами природних циклів трансформації одержання врожаїв залежить від гетерогенних факторів впливу середовища, які завжди незалежні й змінюються навколо локальних біозон синергетичного розвитку у просторі та часі.

2. Описи змін станів та ситуацій, які складають варіювальну взаємодію у парних межах (<машина-людина-ресурси>, <грунт-рослина-повітря>), цілеспрямовано потребують застосування інтегрованих понять статистики, кінематики, динаміки у зафіксованих ергатичних та екологічних підсистемах координат єдиного просторово-часового континуума.

3. Природні незалежні та ергатичні керовані процеси самоорганізації відбуваються на кожному рівні інтеграції процесів <декомпозиції-розгалуження на окремі компоненти> та <інтеграції-з'єднання частки складових у нове поєднання>. Інтегрований результат однозначно фіксується у просторі та часі як факт існування означеного стану внутрішньої будови та зовнішньої ситуації тимчасової контактної взаємодії та цільової тривалості.

4. Комп'ютерне моделювання СДС (за допомогою програмно-апаратних комплексів та інформаційних технологій) ство-

рює умови визначення початкового стану, або причин, які створюють широкомасштабні наслідки з подальшим майбутнім розвитком гетерогенних подій. Факти та дії адекватно повно відображаються в поточних інформаційних моделях і дозволяють забезпечити випробування майбутніх техніко-технологічних рішень, які гарантують адаптивне управління, щоб отримати прибуток від майбутнього врожаю.

5. Складність реальних просторово-часових подій у процесах виробництва продукції рослинництва на майбутній інтервал розвитку рослин з нестаціонарними впливами зовнішнього середовища подолається відповідною розвиненістю інфологічних моделей на кожному рівні ієрархії синергетичних відношень, завершенням процедур випробування кожного акту перспективних техніко-технологічних рішень еволюційної СДС та почергових фаз реалізації законів точного (керованого) землеробства.

Література

1. Погорельый Л.В., Анилович В.Я. Испытания сельскохозяйственной техники: научно – методические основы оценки и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин. – К.: «Феникс», 2004. – 208с.

2. Кравчук В. Науково-випробувальні дослідження: адаптація до часу / В.Кравчук // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого; Дослідницьке, - 2016. - Вип. 20(34) - С.4-8

3. Кравчук В. Біосфера агротехнології, інженерні рішення / В.Кравчук, А.Кушнарьев, В.Таргоня, М.Павлишин, В.Гусар: за редакцією В.Кравчука // Міністерство аграрної політики та продовольства України: УкрНДІПВТ ім. Л.В. Погорілого – Дослідницьке.-2015.-239с.

4. Кравчук В. Інтелектуалізація процесів визначення прогнозування техніч-

ного рівня сільськогосподарських машин / В.Кравчук, М. Павлишин, В. Гусар // Техніка і технології АПК. - №4. - 2015. - с.8-11.

5. Jennifer Barnes. Higher education staff development for the 21st century [Electronic resource] (Jennifer Barnes ets // - Electronic data.-United Nations Educational, Scientific and cultural organization, Paris-Mode of access: http://www.unesco.org/education/pdf/24_234.pdf (viewed on December 13, 2016).-Title from the screen.

6. Real-time Monitoring System of Agricultural Machinery Operation Information Based on ARM11 and GNSS / M.Xiang, S. Wei, M.Zhang, M.Z. Li. // IFAC-PapersOn-Line/-Vol. 49, Issue 16.-2016.-P.121-126.

7. Кравчук В. Інформаційна технологія прогнозування та випробування майбутньої аграрної техніки / В.Кравчук, Г.Баранов, О.Комісаренко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, - Дослідницьке. - 2018.-Вип.22(36).-с.27-34.

8. Кравчук В.І. Методологія та метрологічні основи функціональної стійкості агровиробництва в умовах ризикованого землеробства / В.І. Кравчук, Г.Л. Баранов, О.М. Прохоренко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технології для сільського господарства України: збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, - Дослідницьке. - 2015. - Вип.19(33). - с.22-31.

9. Кравчук В.І. Теоретичні основи адаптації сільськогосподарських машин: монографія. - К.: НАУ.-2015. - 208с.

10. Баранов Г.Л., Макаров А.В., Структурное моделирование сложных динамических систем. - Киев: Наук. думка, 1986. - 272с.

11. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976.-165 с.

12. Патент USA Lotfi A. Zadeh, Saied Tadayon, Bijan Tadayon; заявл. 12.03.2018, опубл. 19.07.2018, Бюл. US20180204111A1.

13. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегия и методы решения сложных проблем / Дж.Люгер . - М. Вильямс, 2003. - 864 с.

14. Leleur S. Complex Strategic Choices: Applying Systemic Planning for Strategic Decision Making / S. Leleur. - Springer-Verlag London. -2012.- p.176.

15. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: Теорія, синтез, ефективність / [Тарасов В.О., Герасимов Б.М., Левін І.О., Корнійчук В.О.] - К.: МАКНС, 2007. - 336 с.

Literature

1. Pogorelyiy L.V., Anilovich V.Ya. Ispytaniya selskohozyaystvennoy techniki: nauchno - metodicheskie osnovy otsenki i prognozirovaniya nadezhnosti selskohozyaystvennyih mashin. - K.: «Feniks», 2004 - 208s.

2. Kravchuk V. Naukovo-viprobuvanni doslidzhennya: adaptatsiya do chasu / V. Kravchuk // Technological and technological aspects of the development of viprobuvannya novoyi tehniki i tehnologiy dlya silskogo gospodarstva Ukrayini: UkrNDIPVT im. L.Pogorilogo - Doslidnitske. - 2016 - Ed. 20. - S.4-8

3. Kravchuk V.I. Biosfera agrotechnology, injunieni rishenni / V.I. Kravchuk, A. Kushnarov, V. Targonya, M. Pavlishin, V. Gusar: za redaktsiyu V.I.Kravchuka // Ministerstvo agrarnoyi politiki ta prodovolstva Ukrayini: UkrNDIPVT im. L.Pogorilogo - Doslidnitske. - 2015. - 239s.

4. Kravchuk V.I. Intelektualizatsiya procesiv viznachenya prognozuvannya tehnicnogo rivnya silskogospodarskih mashin / V.I. Kravchuk, M.Pavlishin, V.Gusar // Technical and technological APK. - # 4. - 2015 - 8-11.

5. Jennifer Barnes. Higher education staff development for the 21st century [Electronic resource] (Jennifer Barnes ets // - Electronic data.-United Nations Educational, Scientific and cultural organization, Paris-Mode of access: http://www.unesco.org/education/pdf/24_234.pdf (viewed on December 13, 2016). - Title from the screen.

6. Real-time Monitoring System of Ag-

ricultural Machinery Operation Information Based on ARM11 and GNSS / M.Xiang, S. Wei, M.Zhang, M.Z. Li. // IFAC-PapersOn-Line/-Vol. 49, Issue 16.-2016.-P.121-126.

7. Kravchuk V.I. Information technology predicted and testing of future agrarian technology / V.I Kravchuk, G.L. Baranov, O.S. Komisarenko // Techno-technological aspects of development and testing of new technology and technologies for agriculture in Ukraine: Zb.nauc.pr. UkrNDIPVT im. L.Pogorilogo - Doslidnitske. - 2018. - Ed.22 (36) .- p.27-34.

8. Kravchuk V.I. Methodology and metrological bases of functional stability of agricultural production under conditions of risky farming / V.I Kravchuk, G. L. Baranov, O.M. Prokhorenko // Techno-technological aspects of development and testing of new technology and technology for agriculture in Ukraine: Zb.nauc.pr. UkrNDIPVT im. L.Pogorilogo - Doslidnitske. - 2015. - Vip.19 (33). - p.22-31.

9. Kravchuk V.I. Theoretical foundations of adaptation of agricultural machines: monograph. - K.: NAU.-2015. - 208s.

10. Baranov G.L, Makarov A.V, Structural modeling of complex dynamical systems. - Kiev: Science. Opinion, 1986. - 272p.

11. Zade L.A. The notion of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions. - M.: World, 1976.- 165 p.

12. US Lotf patent A.Zadeh, Saied Tadayon, Bijan Tadayon; stated. March 12, 2013, published. Jul 07, 2018, Bul. US20180204111A1.

13. Lyuger J. Artificial Intelligence: A Strategy and Methods for Solving Complex Problems / J. Lyuger. - M. Williams, 2003. - 864 p.

14. Leleur S. Complex Strategic Choices: Applying Systemic Planning for Strategic Decision Making / S. Leleur.- Springer-Verlag London. -2012.- p.176.

15. Intelligent decision support systems: Theory, synthesis, efficiency / [Tarasov VA, Gerasimov BM, Levin IO, Korniychuk VO] - K.: MACNS, 2007. - 336 s.

Literatura

1. Pogorelyiy L.V., Anilovich V.Ya. Ispytaniya selskohozyaystvennoy techniki: nauchno - metodicheskie osnovyi otsenki i prognozirovaniya nadezhnosti selskohozyaystvennyih mashin. - K.: "Feniks", 2004 - 208s.

2. Kravchuk V. Naukovo-viprobuvalnidoslidzhennya: adaptatsiya do chasu / V. Kravchuk // Technological and technological aspects of the development of viprobuvannya novoyi tehniky i tehnologiy dlya silskogo gospodarstva Ukrayini: UkrNDIPVT im. L.Pogorilogo - Doslidnitske - 2016 - Ed. 20.- S.4-8

3. Kravchuk V. I. Biosfera agrotechnology, injunieni rishenni / V. I. Kravchuk, A. Kushnarov, V. Targonya, M. Pavlishin, V. Gusar: za redaktsiyu V. I. Kravchuka // Ministerstvo agrarnoyi politiki ta prodovolstva Ukrayini: UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo - Doslidnitske.-2015.-239s.

4. Kravchuk V.I. Intelektualizatsiya procesiv viznachenya prognozuvannya tehnicnogo rivnya silskogospodarskih mashin / V.I. Kravchuk, M. Pavlishin, V. Gusar // Technical and technological APK. - № 4. - 2015 - 8-11.

5. Jennifer Barnes. Higher education staff development for the 21st century [Electronic resource] (Jennifer Barnes ets // - Electronic data.-United Nations Educational, Scientific and cultural organization, Paris-Mode of access: http://www.unesco.org/education/pdf/24_234.pdf (viewed on December 13, 2016).-Title from the screen.

6. Real-time Monitoring System of Agricultural Machinery Operation Information Based on ARM11 and GNSS / M.Xiang, S. Wei, M.Zhang, M.Z. Li. // IFAC-PapersOn-Line/-Vol. 49, Issue 16.-2016.-P.121-126.

7. Kravchuk V.I. Informatsiyana tehnologiya prognozuvannya ta viprobuvannya maybutnoyi agrarnoyi tehniky / V. I. Kravchuk, G. L. Baranov, O. S. Komisarenko // Tehniko-technologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannya novoyi tehniky i tehnologiy dlya silskogo gospodarstva Ukrayini: zb.nauc.pr.UkrNDIPVT. Doslidnitske. - 2018. - Vip.22(36).-s.27-34.

8. Kravchuk V.I. Metodologiya ta metrologichni osnovi funktsionalnoyi stiyko-

sti agrovirobnitstva v umovah rizikovanogo zemlerobstva / V.I. Kravchuk, G.L. Baranov, O.M. Prohorenko // Tehniko-tehnologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannya novoyi tehniki i tehnologiyi dlya silskogo gospodarstva Ukraini: zb. nauk. pr. UkrNDIPVT. Doslidnitske, - 2015. – Vip. 19(33). – s.22-31.

9. Kravchuk V.I. Teoretychni osnovy adaptatsiyi silskogospodarskykh mashyn: monografiya. – K.:NAU.-2015. – 208s.

10. Baranov G.L., Makarov A.V., Strukturnoe modelyrovanye slozhnykh dynamicheskikh system. – Kyev: Nauk. Dumka, 1986. – 272s.

11. Zade L.A. Ponyatyie lyngvystycheskoj peremennoj yego pryomenenye k prynyatyyu

pryblizhennykh reshenyj.-M.:Myr, 1976.-165 s.

12. Patent USA Lotfi A. Zadeh, Saied Tadayon, Bijan Tadayon; zayavl. 12.03.2018, opubl. 19.07.2018, Byul. US20180204111A1.

13. Lyuger Dzh. Yskusstvennyj yntellekt: strategyya umetody reshenyya slozhnykh problem / Dzh.Lyuger . – M. Vylyams, 2003. – 864 s

14. Leleur S. Complex Strategic Choices:Applying Systemic Planning for Strategic Decision Making / S. Leleur.- Springer-Verlag London. -2012.- p.176.

15. Intelektualni systemy` pidtrymky` prynyattya rishen: Teoriya, synteZ, efektyvnist / [Tarasov V.O., Gerasymov B.M., Levin I.O., Kornijchuk V.O.] – K.: MAKNS, 2007. – 336 s.

UDC 631.153.3:001.891.54

ERGATIC TEST IN SPACE AND TIME OF THE PRECISE FARMING COMPLEX TECHNIC-TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

V. Kravchuk, Dr. Tech. Sciences, Professor,
Member of the Academy of Sciences of Ukraine,
orcid.org/0000-0002-7991-0351

DNU L. Pogorilyy UkrNDIPVT,

G. Baranov, Dr. Tech., Sciences, professor
orcid.org/0000-0003-2494-8771

O. Komisarenko, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net,
orcid.org/0000-0002-7436-6473

National Transport University of Ukraine

Summary

This article is devoted to the development of methods of forecasting and testing of technical and technological decisions of managed agriculture during the cultivation of crop production in open soil. The proposed information technology for the current operational management of complex dynamic systems (CDS) of the agro-industrial complex. The proposed methods of ergatic modeling are aimed at increasing the integrated efficiency of the processes of functioning of the CDS in areas of risky agriculture with a non-stationary environment.

Goal. Ergatic testing in space and time for methods and means of agricultural production of crop production based on multidimensional and many parametric criteria of controlled agriculture.

Methods applied: analysis, forecasting, planning, modeling, evaluation of quality and economics of local agrobiozones, synergetic development by measures, prediction risk approximation.

Results. Software and hardware complexes and information technologies taking into account forecasting situations are proposed that guarantee adaptive management on the principles of managed agriculture.

Conclusions 1. Natural independent and ergatized controlled self-organization processes are uniquely fixed in space and time, as the fact of the existence of interaction and the objective duration

of the harvest. 2. Current information models and data processing tools testing of technical and technological decisions for the profit of the future harvest.

A conceptual program of guaranteed management, with the highest efficiency and safety of guaranteed plant development, was formalized for ergatigue testing in spatial and temporal situations of integration processes. The terms and definitions of the components of a composite dynamic system and ramified trajectories in the place of certain zones have been scientifically substantiated. Descriptions are executed in the form of constructive, mathematical model of objects of motion in the form of ball neuromodels and network shapes, or motion of fragments, with ramified trajectories. Strategic strategies and methods of situational management are analyzed for solving operational problems of security and ecology of the agricultural biosphere. Technological situations as the conditions for the necessary and sufficient acts of alternate and concerted actions that have a clear physical and informative exemplary meaning are named and indicated.

Key words: agro system, simplification, models, risks, modeling processes, situation control.

УДК 631.153.3:001.891.54

ЕРГАТИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ КОМПЛЕКСНЫХ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УПРАВЛЯЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В. Кравчук, д-р техн. наук, профессор, член-корр. НААН Украины,

<https://orcid.org/0000-0002-7991-0351>

ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»,

Л. Баранов, д-р техн. наук, профессор,

<https://orcid.org/0000-0003-2494-8771>,

А. Комиссаренко, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net,

<https://orcid.org/0000-0002-7436-6473>

Национальный транспортный университет Украины

Аннотация

Статья посвящена развитию методов прогнозирования и испытания технико-технологических решений управляемого земледелия во время выращивания продукции растениеводства в открытом грунте. Предложена информационная технология для текущего оперативного управления сложными динамическими системами (СДС) агропромышленного комплекса. Предложенные методы эргатического моделирования направлены на повышение интегрированной эффективности процессов функционирования СДС в зонах рискованного земледелия с нестационарной средой.

Цель. Эргатические испытания в пространстве и времени методов и средств агропроизводства продукции растениеводства на базе многомерных и многопараметрических критериев управляемого земледелия.

Методы, которые были применены: анализ, прогноз, планирование, моделирование, оценка качества и экономичности локальных агробиозон синергетического развития по замерам предсказания приближения рисков.

Результаты. Предложено программно-аппаратные комплексы и информационные технологии, гарантирующие адаптивное управление на принципах управляемого земледелия с учетом прогнозных ситуаций.

Выводы. 1. Природные независимые и эргатические управляемые процессы самоорганизации

однозначно фиксируются в пространстве и времени, как факт существования взаимодействия и целевой продолжительности получения урожаев.

2. Текущие информационные модели и средства обработки данных обеспечивают испытания технико-технологических решений, для получения прибыли будущего урожая.

Концептуальная программа гарантированного управления, с высокой эффективностью и безопасностью гарантированного развития растений, была формализована для эргатического испытания в пространственно-временных ситуациях интеграционных процессов. Термины и определения компонент составленной динамической системы и разветвленных траекторий в место определённых зонах было научно обосновано. Описания выполнен в виде конструктивной, математической модели объектов движения в виде шаровых нейромоделей и сетевых форм, или движения фрагментов, с разветвленными траекториям. Для решения оперативных задач безопасности и экологии биосферы земледелия проанализированы стратегии и методы ситуационного управления. Технологические ситуации, как условия для необходимых и достаточных актов последовательных и согласованных действий, имеющих понятный физический и информационный примерное содержание, названы и обозначены.

Ключевые слова: точное (управляемое) земледелие, тестирование, модели, риски, моделирование, поочередные управления.