

УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

*Ворона Богдан Миколайович, здобувач вищої освіти,
Сумський державний університет*

Аграрний сектор України є стратегічною галуззю економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку держави та формує значну частку експортного потенціалу. В умовах глобалізації, кліматичних змін та зростаючої конкуренції на світових ринках особливого значення набуває впровадження інноваційних процесів. Саме інновації стають основою підвищення ефективності виробництва, раціонального використання ресурсів та забезпечення сталого розвитку аграрних підприємств.

Аграрні інновації мають низку специфічних рис, що визначають підхід до їх впровадження. По-перше, сезонність і циклічність виробництва накладають жорсткі часові обмеження: будь-яке нововведення має бути синхронізоване з агрокалендарем, інакше ризик втрат зростає. По-друге, природно-кліматична мінливість робить результати інновацій частково непередбачуваними – ефект може значно варіюватися від сезону до сезону. По-третє, успіх залежить від інтеграції технологій і знань: техніка без підготовленого персоналу і системи обробки даних не дає очікуваного результату. По-четверте, обмежені ресурси малих господарств вимагають поетапного, економічно обґрунтованого підходу та пошуку зовнішніх джерел фінансування або кооперативних моделей. Загалом, нормативно-правове регулювання цих процесів покликане створити базові стимули для інноваційної активності на підприємствах [1].

Управління виробництвом у сільському господарстві – це комплексна діяльність, що поєднує планування, організацію, координацію та контроль ресурсів з урахуванням сезонності, просторової неоднорідності полів і впливу природно-кліматичних факторів [2]. На відміну від промислових систем, агровиробництво має жорсткі часові вікна для виконання ключових операцій, тому управлінські рішення повинні поєднувати довгострокову стратегію сівозмін і інвестицій з можливістю оперативного реагування на погодні та ринкові зміни. Ефективність менеджменту визначається здатністю координувати процес «ґрунт – рослина – техніка – людина – ринок» так, щоб мінімізувати втрати і максимально використовувати наявні ресурси [3].

Організація виробництва в господарстві може будуватися за різними моделями, кожна з яких має свої переваги і обмеження. Традиційна модель спирається на жорсткий агрокалендар і стандартизовані технологічні операції; вона зручна для господарств з обмеженими інвестиціями і низькою готовністю до ризику. Гнучка модель передбачає резерви ресурсів і адаптивні

графіки робіт, що дозволяє швидко перерозподіляти техніку і працю у відповідь на несприятливі погодні умови або різкі коливання цін. Для малих фермерських господарств дедалі більш привабливою стає модель кооперації. Спільне придбання техніки, обмін послугами та колективний вихід на ринок знижують інвестиційне навантаження і розподіляють ризики [4]. Окремо слід відмітити модель точного землеробства, яка організовує виробництво на основі просторових даних і дозволяє диференційовано розподіляти ресурси за ділянками поля.

Системи точного землеробства у теоретичному вимірі слід розглядати не як набір окремих пристроїв, а як інтегровану інформаційно-керовану систему, що поєднує сенсорні мережі, просторовий аналіз, моделі рослинного росту, алгоритми прийняття рішень і виконавчі механізми [5]. Теоретична основа таких систем спирається на кілька міждисциплінарних підходів: геостатистику і просторову економіку, теорію керування і кіберфізичні системи, інформаційні системи та теорію прийняття рішень в умовах невизначеності [6].

Концептуальна модель і архітектура системи. Точне землеробство розглядається як ієрархічна архітектура з трьома рівнями: сенсорний (збір даних), аналітичний (обробка і моделювання) та виконавчий (реалізація рішень на полі). Теоретично це – кіберфізична система, де фізичні процеси (грунтові, рослинні, метео-) постійно моніторяться цифровими каналами, а керування здійснюється на основі моделей і алгоритмів. Ключові принципи архітектури: модульність, масштабованість, замкнений цикл управління, а також розділення даних на оперативні (реального часу) і аналітичні (історичні, сезонні).

Просторовий аналіз і геостатистика. Геостатистичні методи становлять ядро просторового аналізу в точному землеробстві. Теоретично застосовуються такі підходи [7]:

1. Варіограми і кригінг – для оцінки просторової автокореляції і інтерполяції точкових вимірювань (вологість, врожайність) на всю площу поля; кригінг дає оптимальну лінійну незміщену оцінку з урахуванням структури варіації.

2. Кластерний аналіз і сегментація – виділення зон однорідності на основі багатовимірних ознак; методи включають ієрархічну кластеризацію, k-means, самонавчальні карти.

3. Мультифакторні просторові моделі – регресійні моделі з просторовими ефектами (SAR, CAR), просторові випадкові ефекти у змішаних моделях для корекції автокореляції.

4. Масштабний аналіз – вивчення впливу просторової роздільної здатності даних на точність карт внесення; теоретично важливо визначити оптимальний масштаб для прийняття рішень.

Ці методи формують математичну основу для побудови карт внесення, зонування полів і прогнозування врожайності.

Моделі рослинного росту і прогнозування врожайності. У теоретичному аспекті моделі поділяються на дві великі групи: емпіричні (статистичні) і процесні (фізіологічні):

1. Емпіричні моделі використовують історичні дані і машинне навчання (лінійні регресії, дерева рішень, ансамблі, нейронні мережі) для прогнозування врожайності або оптимальних норм внесення. Теоретично вони корисні при наявності великого масиву даних, але їхня переносимість між регіонами обмежена.

2. Процесні моделі (CERES, DSSAT, AquaCrop та ін.) описують фізіологічні процеси: фотосинтез, транспірацію, поглинання поживних речовин, динаміку вегетаційних фаз. Вони дають інтерпретовані прогнози і дозволяють моделювати вплив погодних сценаріїв і агротехнічних заходів. Теоретично процесні моделі вимагають калібрування під локальні умови і мають високу чутливість до вхідних параметрів.

Інтеграція емпіричних і процесних підходів (гібридні моделі) є предметом сучасних досліджень: емпіричні алгоритми коригують параметри процесних моделей або використовуються для постобробки їхніх прогнозів.

Алгоритми прийняття рішень і DSS. Системи підтримки прийняття рішень у теорії поєднують моделі, правила і оптимізаційні алгоритми. Теоретичні підходи включають:

1. Багатокритеріальна оптимізація – одночасне урахування агрономічних, економічних і екологічних критеріїв; застосовуються методи зважених сум, Pareto-оптимальність, еволюційні алгоритми.

2. Стохастичне програмування – врахування невизначеності (погода, ціни) у формуванні рішень; дозволяє будувати політики, що мінімізують очікувані втрати або ризик.

3. Правила на основі знань і експертні системи – формалізація агрономічних правил у вигляді логічних правил або дерев рішень; корисні там, де даних мало.

4. Машинне навчання для адаптивного управління – алгоритми, що навчаються на історичних даних і коригують стратегії внесення або обробки в режимі реального часу.

Теоретично важливо забезпечити прозорість і інтерпретованість рішень DSS, особливо коли вони впливають на економічні результати господарства.

Системи керування і автоматика. На рівні виконавчих механізмів точне землеробство реалізується через системи керування, що поєднують сенсори, контролери і виконавчі пристрої. Теоретичні аспекти включають:

1. Теорія керування зворотним зв'язком – застосовується для автопілотів, систем дозування і регулювання робочих параметрів; важливі питання стійкості, затримок і шуму вимірювань.

2. Адаптивні контролери – здатні підлаштовуватися під змінні умови поля (наприклад, змінна щільність рослин або опір ґрунту).

3. Розподілені системи керування – координація декількох агрегатів у полі, взаємодія між машинами з урахуванням обмежень ресурсів.

4. Безпека і надійність – теоретичні моделі відмовостійкості, резервування і діагностики для зниження ризику простоїв.

Управління даними, стандарти і інтероперабельність. Теоретично важливим є питання представлення, зберігання і обміну даними. Ключові теми:

1. Моделі даних і метадані – формалізація опису полів, культур, операцій; стандарти (наприклад, ISO–XML, AgroXML, ISOBUS для тракторної електроніки) забезпечують інтероперабельність.

2. Архітектури зберігання – розподілені бази даних, хмарні сховища, час-серійні бази для телеметрії; теоретично аналізуються питання консистентності, затримок і масштабованості.

3. Приватність і власність даних – моделі доступу, шифрування, політики обміну; у теорії розглядаються механізми контролю доступу і економічні моделі монетизації даних.

4. Інтеграція потоків даних – ETL-процеси, стандартизовані API, семантичні підходи для узгодження термінології.

Невизначеність, похибка і валідація моделей. Теоретичне обґрунтування застосування точних технологій вимагає системного підходу до оцінки похибок і невизначеності:

1. Аналіз похибок вимірювань – джерела похибок: інструментальні, просторові, часові; моделі шуму і корекції.

2. Валідація моделей – крос-валідація, бутстреп, просторово-коректні методи оцінки (leave-one-out з урахуванням просторової автокореляції).

3. Оцінка чутливості – визначення, які вхідні параметри найбільше впливають на вихідні прогнози; важливо для пріоритизації збору даних.

4. Управління ризиком – побудова інтервалів довіри для прогнозів і використання їх у прийнятті рішень (наприклад, консервативні норми внесення при високій невизначеності).

Теоретичні підходи до оцінки ефективності технологій. Оцінка ефективності точних технологій у теорії поєднує агрономічні й економічні моделі. Використовуються:

1. Економетричні моделі для оцінки впливу технологій на врожайність і витрати з урахуванням панельних даних і фіксованих ефектів.

2. Калібрування процесних моделей під реальні умови і порівняння сценаріїв (з технологією/без технології) через NPV, ROI і аналіз чутливості.

3. Моделі дифузії інновацій (Rogers та ін.) для теоретичного опису процесу прийняття технологій серед фермерів: інноватори, ранні послідовники, рання/пізня більшість, відстаючі; фактори впливу – соціальні мережі, економічні стимули, доступ до сервісів [8].

Таким чином, системне врахування вищезазначених положень, підходів, елементів, моделей та інструментів дозволить сформувати ефективну систему управління інноваційними процесами фермерськими господарствами.

***Науковий керівник: Бондар Тетяна Вікторівна, к.е.н., доцент,
Сумський державний університет***

Список використаних джерел

1. Закон України «Про інноваційну діяльність» від 04.07.2002 № 40-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 36. – Ст. 266.
2. Юрчишин В. В. Сільське господарство України в координатах ринкових трансформацій / В. В. Юрчишин. – К.: Вища школа, 2017. – 298 с.
3. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / В. Г. Андрійчук. – [2-ге вид., допов. і перероб.]. – К.: КНЕУ, 2013. – 779 с.
4. Малік М. Й. Організація виробництва у фермерських господарствах: практичний посібник / М. Й. Малік, В. М. Засць. – К.: Інститут аграрної економіки, 2020. – 154 с.
5. Данкевич В. Є. Системи точного землеробства як основа цифровізації аграрного сектору / В. Є. Данкевич // Економіка АПК. – 2022. – № 4. – С. 38–46.
6. Точне землеробство: теорія і практика / [за ред. В. М. Синенка]. – Дніпро: Пороги, 2019. – 340 с.
7. Derpsch R. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits / R. Derpsch, T. Friedrich, A. Kassam // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. – 2020. – Vol. 13, No. 1. – P. 1–16.
8. Новіков Ю. В. Технологія No-Till: агрономічні переваги та економічне обґрунтування / Ю. В. Новіков // Сучасний агропростір. – 2022. – № 5 (12). – С. 77–84.