

О.О. БРОВАРЕЦЬ*

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ У РОСЛИННИЦТВІ

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Анотація. Запропонована динамічна модель керування якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь із використанням прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу.

Ключові слова: технічна система оперативного моніторингу, прогностично-компенсаційна технологія.

Аннотация. Предложена динамическая модель управления качеством выполнения технологических операций с использованием технических систем оперативного мониторинга в растениеводстве для обеспечения управляемого агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий с использованием прогностически-компенсационной технологии дифференцированного внесения технологического материала.

Ключевые слова: техническая система оперативного мониторинга, прогностически-компенсационная технология.

Abstract. It was offered dynamic model of quality management of implementation of technological operations using the technical operational monitoring systems in crop growing for providing the guided agrobiological state of agricultural lands using forecasting and compensative technology of the differentiated introduction of technological material.

Keywords: technical operational monitoring systems, forecasting and compensative technology.

1. Вступ. Постановка проблеми

Належне керування агробіологічним станом ґрунтового середовища неможливе без прогнозування динаміки зміни його стану. На сучасному етапі найбільш широко використовують традиційні системи моніторингу, основані на лабораторному аналізі. Такі методи досить точні, проте і вартісні з точки зору затрат. Також ці системи мають досить великий недолік – швидкість визначення агробіологічних параметрів, зокрема, вмісту поживних речовин у ґрунті. Все це в кінцевому випадку впливає на достовірність інформації та ефективність прийняття рішення. Проте навіть володіння такою інформацією не може забезпечити належної якості виконання технологічних операцій відповідно до агробіологічного стану ґрунтового середовища. Саме тому виникає необхідність у розробці динамічної моделі керування якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь із використанням прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу

Мета дослідження – розробка методики розрахунку та побудови динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні досягти істотного підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва лише удосконаленням конструкції машинно-тракторних агрегатів неможливо. Тому нагальною необхідністю є підвищення яко-

сті виконання технологічних операцій за рахунок проведення моніторингу стану сільськогосподарських угідь, адже традиційні системи моніторингу стану сільськогосподарських угідь не забезпечують належної продуктивності та якості. Найбільшу ефективність моніторингу варіабельності параметрів ґрунтового середовища на сучасному етапі показали сенсорні системи вимірювання електропровідності та електромагнітної індукції стану сільськогосподарських угідь та системи технічного зору (реалізація за допомогою спектрометрів). Показники, отримані з використанням даних таких систем, можна використовувати як опосередковані дані про варіабельність параметрів стану ґрунтового середовища.

У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці та дослідженні технічних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь у сучасних технологіях рослинництва, використання даних, які дають можливість забезпечити задану якість при виконанні технологічної операції.

Одним із таких напрямів є використання опосередкованої інформації про стан ґрунту з надійним алгоритмом перерахунку такої інформації в об'єктивно необхідні дані, наприклад, такі, як рівень поживних речовин, гумусу, вологості, мікроелементів у ґрунті тощо. Ефективними опосередкованими даними стану ґрунту можуть бути показники електричної провідності ґрунту, величина діелектричної проникності, магнітні властивості тощо. Важливим аспектом, також, є вимірювання властивостей і встановлення складу ґрунтових газів як можливих індикаторів стану ґрунту.

Структура ґрунту змінюється у значних межах на багатьох сільськогосподарських полях. Фізичні властивості ґрунту, як, наприклад, ґрунтова структура, мають прямий ефект на водомісткість, ємність катіонного обміну, урожайність тощо. Поживні речовини, що містяться у ґрунті, використовуються рослиною і їх вміст у ґрунті зменшується. Загальноприйнятою характеристикою вмісту поживних речовин у ґрунті є вміст азоту, наявність якого значною мірою визначає урожайність. Картографія ґрунтової електричної провідності широко використовується як ефективний засіб відображення ґрунтової структури і інших ґрунтових властивостей [1].

Швидкий опис мінливості сільськогосподарських угідь – важливий компонент для зональних методів управління. Точне сільське господарство вимагає точних даних про вміст поживних речовин, яких бракує у ґрунті, щоб досягти максимального прибутку при найменших затратах. Очевидно, що датчик ґрунтової електропровідності – корисний інструмент у картографії ґрунтів, щоб ідентифікувати області варіабельності ґрунтових властивостей [2].

Розвиток сільськогосподарського виробництва вимагає оперативного забезпечення певної врожайності на основі контролю наявних поживних речовин у ґрунті. Мобільна установка для вимірювання ґрунтових властивостей була розроблена та використана для детальної картографії ґрунтової електричної провідності. Вимірювання було зроблено протягом раннього та пізнього сезону, коли рівень ґрунтової вологи близький до вологомісткості поля. Результати, засновані на просторовому аналізі ґрунтових властивостей шляхом вимірювання електропровідності ґрунту, дають можливість розробити рекомендації щодо стратегії керування агробіологічним потенціалом поля [3].

Відомо, що Україна має один із самих високих показників родючості ґрунтів у світі. У той же час, питанню охорони родючості ґрунтів не приділяється належної уваги. Прогресують різні види руйнування і деградації ґрунтів: еродованість, інтенсивність мінералізації гумусу, переущільнення ріллі, підкислення та осолонцювання раніше нейтральних ґрунтів – основна риса українських земель на сьогодні [4, 5].

Для ефективного регулювання стану природного середовища, збереження високої якості біосфери і здатності природи до відтворення значущу роль набувають, у першу чергу, ефективні методи екологічного моніторингу – системи спостережень, оцінки і прогнозу стану природного середовища [6].

Сільськогосподарське поле – складна динамічна система, стан якої залежить від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь та рослин і фізичної дії на їх робочі органи сільськогосподарських машин. Для забезпечення ефективного керування таким станом необхідно використовувати агробіологічні знання про поле (розподіл поживних речовин, твердість, урожайність тощо) та використовувати сучасні технічні системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Використання технічних систем оперативного моніторингу дозволяє забезпечити динамічне управління якістю виконання технологічних операцій. Дані, отримані від таких систем, використовують для синтезу завдання для оперативного керування сільськогосподарськими машинами при забезпеченні керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу. Таким чином, для динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу необхідно визначити послідовність дій по управлінню об'єктом (сільськогосподарським угіддям). Необхідно забезпечити максимум або мінімум заданого значення при забезпеченні належного функціонування сільськогосподарської машини [7–14].

У загальному випадку якість виконання технологічних операцій має нескінченну систему обмежень при відкритій множині агробіологічних параметрів. У такому разі для забезпечення динамічного управління якістю виконання технологічних операцій необхідно синтезувати ряд фізичних дій для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. Важливою складовою ефективного функціонування такої системи є використання технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві, які б функціонували в автоматичному режимі. Тому першочерговим завданням є визначення методики оперативного моніторингу та механіко-конструктивних параметрів такої системи. Отже, необхідно синтезувати ланцюжок дій для забезпечення функції мети (динамічне керування якістю виконання технологічних операцій) з використанням автоматичного керування за допомогою даних від технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві.

На початковому етапі розглянемо оптимізацію агробіологічного ресурсу при постійних технічних ресурсах. Тобто, умова буде виконуватися для певного набору машино-тракторних агрегатів, що виконують ту чи іншу технологічну операцію. Але при цьому буде враховуватися ступінь їх впливу (або величини дії) на агробіологічний стан ґрунтового середовища. Отже, повинна виконуватися умова неприсутності спільного виробництва, що полягає в тому, що результат технологічного процесу є виконання певного набору стандартних пунктів технологічного процесу без їх впливу один на одного та додаткового втручання в запланований технологічний процес.

Основною метою даної роботи є дотримання необхідного балансу відношення витрати/прибуток, що включає в себе методи рішення задач технологічного вибору, розподілення обмежених ресурсів і проблеми спільного виробництва благ.

$$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)^T, \quad (1)$$

де T – оператор транспонування.

Припустимо, маємо агробіологічне поле з набором параметрів m . У будь-якому технологічному процесі ресурс j витрачається в об'ємі Y_j'' і впливає на кінцеву ефективність в об'ємі Y_j' . Таким чином, ефективність використання ресурсу j , Y_j складає $Y_j' - Y_j''$. Технологічний процес виконання даної технологічної операції виражається вектором Y :

У цьому технологічному процесі ресурс j представлено як елемент затрат, якщо $Y_j > 0$. Якщо $Y_j = 0$, то слід вважати, що ресурс j не має відношення до даного виробництва. Таким чином, базисний процес (діяльності) визначається множиною агробіологічних параметрів m постійних коефіцієнтів, а ступінь його впливу на використання виражено рівнем діяльності.

Припустимо, що число технічно необхідних технологічних операцій для забезпечення базового вирощування сільськогосподарських культур рівно n' одиниць. Тоді процес j можна задати вектором

$$A_j(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj})^T, \quad (2)$$

де через A_j позначено результат виробництва при умові, що рівень діяльності X_j являє собою невід'ємну величину $X_j \geq 0$. При цьому загальний (сумарний) вплив на вирощування сільськогосподарських культур згідно з технологічним процесом складає

$$Y = X_1 \times A_1 + X_2 \times A_2 + \dots + X_n \times A_n + X_{n+1} \times A_{n+1} + \dots + X_n \times A_n. \quad (3)$$

Матрицю A складемо із таких введених векторів:

$$A = (A_1, A_2, \dots, A_n). \quad (4)$$

Вектор рівня діяльності (рівностей виробництва) процесу j позначимо як X . Тоді формула набуває вигляд

$$Y = AX, \quad X \geq 0. \quad (5)$$

Матрицю A називають технологічною матрицею вирощування сільськогосподарських культур. Очевидно, що якщо у формулі Y замінити на b або A_0 , то вона перетвориться в систему обмеження задачі лінійного програмування, яка містить вектор коефіцієнтів при додаткових або штучних змінних. Вектор коефіцієнтів при додаткових змінних A_{n+1}, \dots, A_{n+m} у теорії аналізу діяльності називають утилізацією, оскільки його суть полягає в безплатній утилізації зайвих продуктів і ресурсів. При використанні технологічної матриці, яка виражає вміст поживних речовин у ґрунті, матриці коефіцієнтів прямих затрат A моделі необхідних технологічних затрат на виробництво продукції рослинництва $I - A$, а матриця коефіцієнтів прямих затрат A узагальненої моделі Леонтьєва – матриця $E - A$.

Якщо обмеження виразити формулою (5), то можливий вибір різних функцій мети. Тут ми зупинимося на цільовій функції Кантровича. Вектор виробництва сільськогосподарських культур за певним технологічним процесом позначимо Y , розіб'ємо на дві складові: постійну \bar{Y} і перемінну, а коефіцієнти змінної частини технологічного процесу позначимо як $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$. Максимізації буде підлягати набір кожного випуску різних видів продукції в його змінній частині, який ми позначимо як Z .

Оскільки $Y_j = Z\alpha_j + \bar{Y}_j$, цільову функцію отримання максимальної врожайності при вирощуванні сільськогосподарських культур за певним технологічним процесом можна записати у вигляді

$$z = \min \frac{Y_j - \bar{Y}_j}{\alpha_j} \rightarrow \max. \quad (6)$$

Тоді задача лінійного програмування отримання максимальної врожайності при вирощуванні сільськогосподарських культур за певним технологічним процесом бути записана таким чином:

$$\bar{Y} = AX - Z\alpha,$$

$$X \geq 0, Z \geq 0,$$

$$Z \rightarrow \max,$$

де

$$\alpha = \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m^T. \quad (7)$$

3. Висновки

Динамічне управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу може функціонувати в автоматизованому режимі. Для забезпечення керування системою в автоматизованому режимі маємо систему «машина-моніторинг-поле».

За допомогою даної моделі можна вирішити проблему оптимального використання технологічного та агробіологічного ресурсу для досягнення максимального ефекту при виборі при умові обмеженого використання цих ресурсів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Lund E.D. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology / E.D. Lund, M.C. Wolcott, G.P. Hanson // The scientific worldjournal (Scientific World Journal). – 2001. – Vol. 1, Suppl. 2. – P. 767 – 776.
2. Масло І.П. Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та локально-дозоване використання хімпрепаратів / І.П. Масло, В.Г. Мироненко // Вісник сільськогосподарської науки. – 1998. – № 5. – С. 56 – 58.
3. Пастушенко С.И. Оптимизация сельскохозяйственных технических систем / С.И. Пастушенко // Техніка АПК. – 1999. – № 8. – С. 12 – 15.
4. Техніка для землеробства майбутнього / В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, В.І. Кравчук В.І. [та ін.] // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”. – 2002. – Вип. 86. – С. 20 – 32.
5. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалюка. – К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.
6. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві / Мироненко В.Г. – К.: НАУ, 2005. – 271с.
7. Броварець О.О. Модель реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу з використанням інформаційно-технічних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь / О.О. Броварець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2014. – Ч. 2, Вип. 196. – С. 111 – 122.
8. Пастушенко С.И. Оптимизация сельскохозяйственных технических систем / С.И. Пастушенко // Техніка АПК. – 1999. – № 8. – С. 12 – 15.
9. Техніка для землеробства майбутнього / В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, В.І. Кравчук [та ін.] // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”. – 2002. – Вип. 86. – С. 20 – 32.
10. Гуков Я.С. Автоматизированная система локально-дозированного внесения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений / Я.С. Гуков, Н.К. Линник, В.Г. Мироненко // Труды 2-й МНПК по проблемам дифференциального применения удобрений в системе координатного земледелия. – Рязань, 2001. – С. 48 – 50.
11. Myronenko V., Dubrovin V. Rizeni pracovnich procesu ekologicke techniky / V. Myronenko, V. Dubrovin // Sbornik prednasek VUZT “Zemedelska technika a biomasa 2004”. – Praha, 2004. – Т. 5. –

Р. 71 – 75.

12. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві / Мироненко В.Г. – К.: НАУ, 2005. – 271 с.

13. Научный отчет УНИИМЭСХ. Разработаны средства и системы автоматического контроля и управления мобильными сельскохозяйственными машинами с использованием микропроцессорной техники / Л.И. Гром-Мазничевский, В.А. Коваль, В.Г. Мироненко [и др.]. – № гос. регистрации 81096003. – К., 1990. – 124 с.

14. Броварець О.О. Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур / О.О. Броварець // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 6 (171). – С. 37 – 42.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2016