

УДК 630.171.075.3

АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ МАШИН В РОСЛИНИЦТВІ

Роговський І.Л. к.т.н., с.н.с.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: +38 (044) 527-88-95

Анотація – в статті представлено результати щодо аналітичного опису математичної моделі поетапного опису визначення комплексного ефективности системи машин в рослинництві.

Ключові слова – комплексний показник, модель, наробіток, ефективність, система машин.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва можливе за рахунок використання такої системи машин, яка забезпечує збільшення урожаю і зменшення затрат на його одержання. Для визначення ефективних технологій і технологічних комплексів машин потрібно використовувати сучасні методи їх оцінки і обґрунтовувати їх перспективи, що носять випадковий характер.

Аналіз останніх досліджень. Система машин в конкретних умовах виробництва продукції рослинництва з врахуванням кінцевих результатів самої сільськогосподарської продукції досліджувалась член-кореспондентом УААН О.В. Сидорчуком [1] та учнями його школи [2, 3]. Даними методиками передбачається рішення фасетних задач за періодами сільськогосподарських робіт, на вирощування окремих сільськогосподарських культур і на підприємстві в цілому. Поряд з цим проф. А.І. Бойко [4] запропонував для характеристики впливу термінів виконання технологічних операцій визначати можливі втрати врожаю за рахунок проведення робіт не в рекомендовані агротехнічні терміни. Однак не було запропоновано комплексного показника оцінки ефективності системи машин [5].

Формулювання цілей статті. Вбачається за коректне опис комплексного показника ефективності системи машин через врахування кінцевих результатів сільськогосподарського виробництва, затрат на експлуатацію системи машин й втрат продукції виробництва внаслідок нераціонального використання системи машин.

Основна частина. Якщо прийняти врожай сільськогосподарських культур за умовно досягнутою одиницю, тоді на кожний день виконання робіт понад агротехнічні терміни отримаємо втрати W_i

$$W_i = (1 - f)^i, \quad (1)$$

де f – коефіцієнт втрат врожаю за добу при проведенні роботи понад агротехнічні терміни;

n – кількість днів роботи понад агротехнічні терміни, $i = \overline{1, n}$.

Сукупні втрати за n днів оцінюються як

$$W_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n (1 - f)^i. \quad (2)$$

Виконавши сумування у виразі (2), отримаємо

$$W_{\Sigma} = (1 - f) \cdot \frac{(1 - f)^n - 1}{f}. \quad (3)$$

Якщо позначити через N раціональні агротехнічні терміни виконання технологічних операцій в календарних днях, то коефіцієнт дотримання термінів виконання операцій можливо визначити за виразом

$$F_{\Sigma} = \frac{N + \left(\frac{1}{f} - 1\right) \cdot ((1 - f)^n - 1)}{N + n} = \frac{N + (1 - f^{-1}) \cdot (1 - (1 - f)^n)}{N + n}. \quad (4)$$

Коефіцієнт якості виконання операцій визначається у відповідності до [6]. Однак відносний одиничний показник якості для визначеної операції

$$q_{\Sigma} \in \begin{cases} \frac{q}{q_0}, & \text{якщо } q < q_0 \\ \frac{q_0}{q}, & \text{якщо } q > q_0 \end{cases}, \quad (5)$$

де q_0 – значення одиничного показника якості у відповідності до агротехнічних вимог;

q – фактично тримані значення одиничного показника якості виконання операцій.

Для кожної технологічної операції визначається середньозважене показника якості

$$\bar{q}_m = \sum_{j=1}^z (q_{m_j} \cdot Q_{m_j}), \quad (6)$$

де Q_j – коефіцієнт вагомості j -го одиничного показника якості на виконанні визначеної m -ї технологічної операції, де $j = \overline{1, z}$.

Тоді коефіцієнт якості виконання технологічних операцій будемо характеризувати втратами врожаю

$$W = \left(\prod_{m=1}^z \bar{q}_m \right)^{\chi}, \quad \chi < 1. \quad (7)$$

Для визначення числових значень показника χ в виразі (7), необхідно отримати хроноряди, що описують вплив показника якості виконання технологічних операцій на врожай. Проведені дослідження [7] дозволили визначити, що χ може бути прийняти в межах 0,065...0,123. При цьому необхідно відзначити, що на десяти дослідах виробництва ярого ячменю при збільшенні нерівномірності внесення органічних добрив з 20% до 68% врожайність знизилась на 34%, що відповідає значенню χ в 0,123. Крім того на обробці ґрунту під цукровий буряк за різними технологічними схемами, при збільшенні кількості фракцій менших 25 мм з 3,6% до 23,7% отримано зниження врожаю на 11,7%, χ рівний 0,065.

Враховуючи, що виробництво сільськогосподарської продукції в аграрному підприємстві здійснюється при бажаному дотриманні режиму раціональної витрати матеріально-технічних ресурсів, введемо показники ефективності використання системи машин. Всі вони зводяться до комплексного показника ефективності, який можемо описати як відносну кількісну оцінку ступеня використання потенційних можливостей системи машин, яка ґрунтується на співставленні фактичних показників з нормативними.

Комплексний показник використання системи машин можна представити виразом

$$R = \frac{\sum_{v=1}^V (\varepsilon_v \cdot \varphi_v)}{\sum_{v=1}^V \varphi_v}, \quad (8)$$

де ε_v – монотонно безрозмірна функція зміни v -го показника ефективності системи машин;

φ_v – вагомість v -го показника ефективності системи машин;

V – загальна кількість показників ефективності системи машин.

Всі значення ε_v безрозмірні і повинні наближатись до максимального значення, тобто одиниці. Визначаються вони у відповідності з критерієм наступним чином. Якщо показник прогнозно зменшуємо, то

$$\varepsilon_v = \frac{E_{n_v}}{E_{\phi_v}}, \quad (9)$$

якщо збільшити, то:

$$\varepsilon_v = \frac{E_{\phi_v}}{E_{n_v}}, \quad (10)$$

де E_{ϕ_v} – фактичне значення показника ефективності системи машин;

E_{n_v} – нормативне значення показника ефективності системи машин.

Вагомість критеріїв визначаємо методом експертних оцінок, при чому в абсолютних (ненормативних) значеннях в межах 0...1. Враховуючи

те, що вагомість відтворює суб'єктивну оцінку випадкової величини, яка в свою чергу групується навколо невідомого математичного очікування $M(\phi)$. Так як істинне значення $M(\phi)$ визначити ускладнено, допустимо прийняти таку оцінку через вираз

$$M(\phi) = \int_{-\infty}^{+\infty} \phi \cdot f(\phi) d\phi, \quad (10)$$

і дисперсію

$$D(\phi) = \int_{-\infty}^{+\infty} [\phi - M(\phi)]^2 \cdot f(\phi) d\phi, \quad (11)$$

де $f(\phi)$ – функція щільності розподілу ймовірності ϕ .

Зазвичай, при обробці експертної інформації обмежуємо обчислення математичного очікування вагомості і ступеня узгодженості між експертами. В якості вагомості можемо зазначити середню величину, тобто точкове значення, що не дозволяє враховувати ймовірнісну природу отримання даних. Так як експерти величину вагомості можуть оцінювати по різному для одного і того ж показника в значних межах, вводимо апіорні значення вагомості критеріїв. Функцію розподілу ймовірності, побудовану на апіорних оцінках, називають апіорною, а функцію, отриману за результатами експертизи – функцією правдоподібності. Об'єднавши функцію апіорності і правдоподібності за теоремою Байеса, отримаємо узгодження в апостеріорній функції, за якою визначаємо довірчий інтервал вагомості. Тому в подальшому використовуємо не точкове значення ϕ , а довірчий інтервал. Враховуємо, що $\phi \in [0;1]$, тоді апіорна функція щільності представляється через бета-функцію виду

$$P(a_1, b_1) = k_1 \cdot \phi^{a_1-1} \cdot (1-\phi)^{b_1-1}, \quad (13)$$

функція правдоподібності виражається наступною бета-функцією

$$P(\phi, a_1, b_1) = k_2 \cdot \phi^{a_2-1} \cdot (1-\phi)^{b_2-1}, \quad (14)$$

де a_1, b_1, a_2, b_2 – параметри розподілу;

k_1, k_2 – нормуючі константи.

Параметри для виразів (13) і (14) визначаємо за наступними виразами

$$a = \bar{\phi} \left[\frac{\bar{\phi} \cdot (1-\bar{\phi})}{D^2} - 1 \right], \quad (15)$$

$$b = (1-\bar{\phi}) \left[\frac{\bar{\phi} \cdot (1-\bar{\phi})}{D^2} - 1 \right], \quad (15)$$

де $\bar{\phi}$ – вибіркове середнє значення ймовірності показника ефективності системи машин;

D^2 – вибіркова дисперсія.

Використавши об'єднання за теоремою Байеса виразів (13) і (14), отримаємо апостеріорну функцію для ϕ

$$P(a, b, \phi) \wedge P(a_1, b_1) \wedge P(a_2, b_2, \phi) = k \cdot \phi^{a_1+a_2-2} \cdot (1-\phi)^{b_1+b_2-2}, \quad (17)$$

де k – нормуюча константа, знак \wedge позначає пропорційність.

Вираз (17) відноситься до функцій бета-розподілу з параметрами $a = a_1 + a_2 - 1$ і $b = b_1 + b_2 - 1$. Визначивши нормуючі константи через числове інтегрування виразу (17) оцінемо апостеріорне математичне очікування

$$M(\phi) = \frac{a}{a+b}, \quad (18)$$

і дисперсію

$$D(\phi) = \frac{a \cdot b}{(a+b)^2 \cdot (a+b+1)}. \quad (19)$$

Якщо при оцінці ефективності використання системи машин виникла необхідність уточнити значення вагомості виконуємо наступні етапи. Приймаємо нові значення вагомості, за якими визначаємо параметри функції правдоподібності за виразами (15) і (16). Наступним етапом за виразами (18) і (19) визначаємо апостеріорні середні і дисперсію. Далі для кожного значення вагомості визначаємо довірчі інтервали за виразом

$$l = M(\phi) \pm t_\alpha \cdot \sqrt{\frac{D(\phi)}{L}}, \quad (20)$$

де t_α – коефіцієнт Стьюдента при рівні значимості α , де α для умов сільськогосподарського виробництва становить 0,05;

L – кількість експертів, що прийняли участь в оцінці вагомості показника ефективності системи машин.

Після обчислень за виразом (8) комплексного показника використання системи машин необхідно оцінити його значення. Виходячи з критеріїв, фактичні показники використання системи машин повинні бути не гірші нормативних, як наслідок, значення відносних змін показників завжди наближаються до одиниці. Таким чином, якщо значення комплексного показника менше одиниці, то рівень використання системи машин низький, а якщо більше або рівний одиниці, то рівень використання задовільний.

За вищенаведеними етапами виконано обчислення, що зведені до табличної форми представлення (таблиця 1).

Таблиця 1 - Розрахунок комплексного показника використання системи машин на аграрному підприємстві Київської області

Показник	φ_v	E_{n_i}	E_{ϕ_i}	ε_v	R
Коефіцієнт дотримання термінів виконання операції	1,000	1,000	0,924	0,924	0,924
Коефіцієнт якості виконання операції	1,000	1,000	0,958	0,953	0,954
Денний наробіток, %	0,76±0,03	100	65±5	0,65±0,05	0,488±0,042
Затрати на експлуатацію системи машин, тис.грн/га	0,70±0,02	78	83	0,940	0,865±0,019
Питома витрата палива, л/га	0,80±0,02	152	160	0,95	0,760±0,019
Разом	4,26±0,07				3,99±0,08

$$\text{Комплексний показник } R = \frac{3,99 \pm 0,08}{4,26 \pm 0,07} = 0,935 \pm 0,024 ;$$

$R = 0,911...0959$. Отже, значення довірчого інтервалу для комплексного показника не більше одиниці, тобто рівень використання системи машин низький. В подальшому за результатами оцінки рівня використання системи машин проводимо аналіз відповідного комплексного показника, і виявляємо, за яким показником є відхилення в негативний бік від нормативних. І розробляються та запроваджуються заходи з підвищення рівня використання системи машин.

Висновки. Запропоноване в статті рішення дозволяє з урахуванням кінцевих результатів сільськогосподарського виробництва не тільки вести облік витрат на експлуатацію системи машин, але й витрат продукції виробництва внаслідок нераціонального використання сільськогосподарських машин. Приведені розрахункові вирази дозволяють визначити фактичну ефективність використання системи машин на підставі лише даних про фактичні терміни і якість виконаних робіт.

Література

1. Сидорчук О. Системно-технологічні засади створення проектів машинно-тракторного парку сільськогосподарських підприємств / О. Сидорчук // Вісник Львівського національного аграрного університету. – Дубляни: ЛНАУ, 2008. – Вип. 12. Т. 1. – С. 7–16.
2. Пастушенко С.І. Розвиток наукових основ розробки сільськогосподарської техніки підвищеної енергоефективності / С.І. Пастушенко // Автореф. дис... д-р техн. наук, 05.05.11. – К., 2004. – 32 с.
3. Сидорчук Л. Задачі ідентифікації конфігурації комбайнового парку в проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур / Л.О. Сидорчук // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке: УкрНДПВТ, 2007. – Вип. 10., кн. 1. – С. 214–219.
4. Бойко А.І. Вплив розвитку вторинного ринку на подовження терміну використання сільськогосподарської техніки / А.І. Бойко, А.В. Новицький // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2009. – Вип. 80. – С. 310–314.
5. Роговський І.Л. Оцінка вагомості показників технічного рівня продукції сільськогосподарського машинобудування / І.Л. Роговський // Збірник тез доповідей конференції науково-педагогічних працівників та аспірантів ННТІ НУБіП України: Секції ННЦ конструювання і надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій (березень 2009 року). – К., 2009. – С. 39–41.
6. СОУ 29.3.30:2008. Випробування сільськогосподарської техніки. Комплексна оцінка машин. Програма і методи. – К., 2009. – 44 с.
7. Удосконалити методи, обґрунтувати структуру машинно-тракторного парку і нормативи потреби в матеріально-технічних ресурсах на виробництво продукції рослинництва за ресурсозберігаючими технологіями / Звіт про НДР // ННЦ “ІМЕСГ”. – №ДР0102U000208. – Глеваха, 2003. – 59 с.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МАШИН В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Роговський І.Л.

Аннотація

В статті представлені результати аналітичного описання математичної моделі поетапного описання визначення комплексного ефективности системи машин в рослинництві.

**ANALYTICAL DESCRIPTION OF COMPLEX PARAMETRE OF
SYSTEM EFFECTIVENESS OF MACHINES IN PLANT GROWING**

I. Rogovskiy

Summary

In paper results of the analytical description of mathematical model of the stage-by-stage description of definition of a complex system effectiveness of machines in plant growing are presented.