

МЕТОД ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ МАШИН ДЛЯ САДІВНИЦТВА

Карасєв О. Г. к.т.н.

Інститут зрошуваного садівництва ім. М.Ф.Сидоренка УААН

Запропоновано метод прийняття рішень щодо вибору технічних систем для технологічного комплексу машин конкретної господарської одиниці на стадії розробки проектів основного виробництва продукції розсадництва і плодівництва.

Постановка проблеми. Ефективність діяльності підприємств розсадництва і плодівництва в сучасних умовах у значній мірі залежить від зменшення частки загальновиробничих витрат у структурі виробничої собівартості робіт, що забезпечують отримання продукції визначеного рівня якості. До таких витрат, насамперед, слід віднести витрати на утримання та експлуатацію основних засобів - машин та обладнання, а також матеріальні витрати – палива й енергії. Розробка наукових основ формування машинно-тракторного парку є актуальним завданням технічної політики [1]. Тому одним з перспективних завдань НДУ УААН є відпрацювання оптимальних комплексів машин і знарядь, які використовуються при виробництві продукції [2], оскільки неможливо виконати запланований обсяг робіт встановленої якості безсистемно зібраною множиною випадкової техніки [3]. Отже, ефективне виконання механізованих робіт у розсадництві і плодівництві може бути забезпечене тільки раціонально сформованим машинно-тракторним парком. Необхідність у визначенні оптимального складу комплексу машин виникає на стадії розробки проектної документації основного виробництва певної господарської одиниці, або у виробничих процесах при виконанні технологічних завдань. Зараз не існує механізму прийняття таких рішень, який був би доведений до практичного застосування.

Аналіз останніх досліджень. Доведено, що модель формування комплексів машин має відповідати вимогам адекватності, що містять таку особливість, як обмеженість ресурсів [4]. Тому методи синтезу, які застосовують при моделюванні, повинні бути спрямовані на економне витрачання усіх видів ресурсів із забезпеченням бажаних ефектів, насамперед – нормативної якості перетворення предмету праці, при цьому критерій оптимізації має бути багатовекторним. Загальним недоліком методів [5,6] є те, що алгоритми їх рішення реалізуються за наявності показника приведених витрат, який має властивість цінової еластичності. У методі [7] не враховано якісну шкалу і має місце обмеженість номенклатури показників тривимірною системою координат. Також цей метод є неоднорідним за структурою розмірностей витрат, що призводить до виникнення невизначеності у вигляді неадекватності вимірювання.

Зазначені недоліки суттєво знижують об'єктивність результатів моделювання за даними методами і, як наслідок, їх ефективність.

Мета дослідження. Обґрунтувати постановку задачі щодо визначення раціонального комплексу машин на стадії розробки робочого проекту насаджень плодкових культур або розсадника шляхом встановлення критерію оптимізації і способу перетворення вхідних даних.

Результати дослідження. Формування комплексів машин є багатовимірною задачею, для формалізації якої обрано такі позначення:

E_{ij}^k – матеріальні витрати на виконання k – ї операції i – м способом та j – м технічним засобом;

Q_{ij}^k – рівень якості, який досягається при виконанні k – ї операції i – м способом та j – м технічним засобом;

Q_k^{min} – мінімально допустиме нормативне значення рівня якості при виконанні k – ї операції;

T_{ij}^k – час, потрібний на виконання k – ї операції i – м способом та j – м технічним засобом;

T_k^{max} – максимально допустиме нормативне значення витрат часу при виконанні k – ї операції.

Задача з формування комплексу машин полягає у виборі оптимальних технічних засобів, з яких він утворюється. Вибір таких технічних засобів відбувається шляхом перебору елементів множин, які є вхідними даними, що описують технологічну схему виробництва певного виду продукції. Такі вхідні дані у моделі представлені множинами:

а) технологічних операцій $W = \{W_k\}$, $k = 1 \dots L$;

б) способів (приймів) виконання робіт по кожній операції $S = \{S_{ij}\}$;

в) технічних засобів $Z = \{Z_{ij}\}$;

г) показників (параметрів) якості предмета праці $G = \{G_{ij}\}$;

г) нормативних (прийнятих) значень рівня якості $Q = \{Q_1^{min}, Q_2^{min}, \dots, Q_L^{min}\}$;

д) допустимих (нормативних) значень витрат часу $T^{max} = \{T_1^{max}, T_2^{max}, \dots, T_L^{max}\}$ для виконання робіт по кожній операції;

е) витрат усіх видів матеріальних ресурсів E_{ij}^k , що необхідні для виконання робіт по кожній операції.

Робочі гіпотези методу.

1. Вважаємо, що при формуванні комплексу машин, сукупність витрат залежить від способів та технічних засобів і не залежить від варіювання параметрів якості, якщо значення цих параметрів не виходять за межі інтервалів нормативних значень, тобто розроблюваний метод є статичним.

2. Доцільно представляти вхідні дані у вигляді тензорів – багатовимірних множин (таблиць), кожен елемент яких може бути числом або вектором та однозначно визначається значеннями k індексів.

3. Вважаємо, що :

- якість виконання операції дорівнює 1, якщо значення визначеної сукупності параметрів якості на цій операції належать до інтервалів нормативних значень;
- якість дорівнює мінімально припустимому значенню, якщо значення одного з параметрів дорівнює одному з межових нормативних значень, при цьому значення інших параметрів якості знаходяться в інтервалі оптимальних значень;
- кожен з параметрів незалежно впливає на якість виконання операції. Витрати матеріальних ресурсів можуть бути представлені тензором

$$I = [I_{ij}^k] \quad (1)$$

Кожний елемент I_{ij}^k тензора (1) представляє собою вектор (E_{ij}^k, T_{ij}^k) матеріальних витрат та витрат часу при виконанні операції W_k способом S_i та технічним засобом Z_j . Елемент тензора не є нульовим, якщо операція W_k може бути виконана способом S_i та технічним засобом Z_j .

Нормативні значення показників якості представлені тензором

$$J = [J_{kl}] \quad (2)$$

Кожний елемент J_{kl} тензора (2) представляє собою чотиривимірний вектор $(q_{dop}^{-k,l}, q_{opt}^{-k,l}, q_{opt}^{+k,l}, q_{dop}^{+k,l})$, що містить межі інтервалів допустимих $(q_{dop}^{-k,l}, q_{dop}^{+k,l})$ та оптимальних значень $(q_{opt}^{-k,l}, q_{opt}^{+k,l})$. Він не є нульовим у разі, якщо результат k -ї операції буде оцінено по l -му показнику (параметру).

Плановані значення показників якості представлені тензором

$$D = [D_{kijl}] \quad (3)$$

Кожний елемент D_{kijl} тензора (3) представляє собою плановане значення показника якості G_l при виконанні роботи W_k способом S_i та технічним засобом Z_j .

На основі тензорів (1-3) та критерію якості формується узагальнений тензор

$$A = [A_{ij}^k] \quad (4)$$

Кожен елемент A_{ij}^k узагальненого тензора (4) представляє собою вектор $(E_{ij}^k, Q_{ij}^k, T_{ij}^k)$, перша компонента якого дорівнює матеріальним витратам, друга – запланованій якості, третя – витратам часу при виконанні операції W_k способом S_i та технічним засобом Z_j . Елемент тензора (4) не є нульовим, якщо операція W_k може бути виконана способом S_i та технічним засобом Z_j та якщо визначена якість не нижче, ніж k -й елемент з множини Q та витрати часу не більше, ніж k -тий елемент з множини T^{max} .

Графічне зображення тензора A наведено на рисунку 1.

За третьою робочою гіпотезою функцію якості предмета перетворення пропонується представити у вигляді

$$Q_{ij}^k = \prod_{\{G_l: J_{kl} \neq \emptyset\}} \beta_{kl}(D_{kijl}), \quad (5)$$

де $\beta_{kl}(D_{kijl})$ визначається за формулою

$$\beta_{kl}(x) = \begin{cases} \beta_{kl}^*(x), & \beta_{kl}^*(x) \geq 0 \\ 0, & \beta_{kl}^*(x) < 0 \end{cases} \quad (6)$$

де

$$\beta_{kl}^*(x) = \begin{cases} \frac{(q_{opt}^{-kl} - q_{dop}^{-kl}) + (1 - Q_k^{\min})(x - q_{opt}^{-kl})}{q_{opt}^{-kl} - q_{dop}^{-kl}}, & x \in [q_{dop}^{-kl}; q_{opt}^{-kl}] \\ \frac{(Q_k^{\min} - 1)(x - q_{opt}^{+kl}) + (q_{dop}^{+kl} - q_{opt}^{+kl})}{q_{dop}^{+kl} - q_{opt}^{+kl}}, & x \in [q_{opt}^{+kl}; q_{dop}^{+kl}] \\ 1, & x \in [q_{opt}^{-kl}; q_{opt}^{+kl}] \end{cases}$$

При такому поданні якості максимальний її рівень дорівнює 1. Графічне зображення функції (6) наведено на рисунку 2.

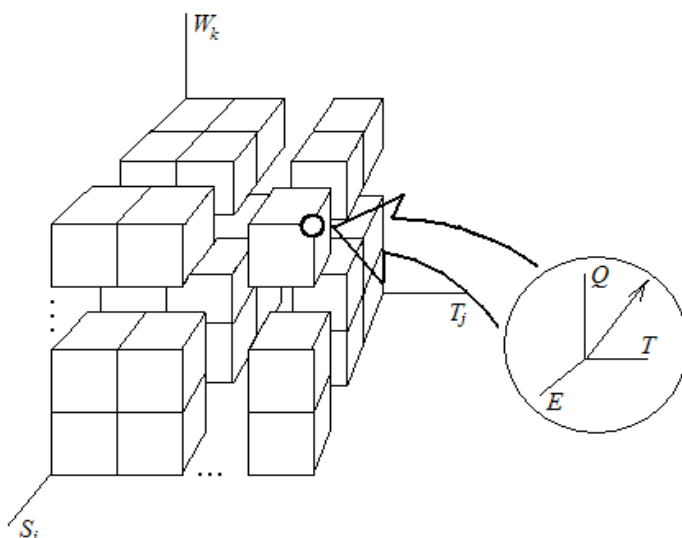


Рис. 1 – Графічне зображення тензора A

Критерій оптимізації технологічної схеми може бути представлений функцією

$$F = \sum_k (E_{ik,jk}^k + \alpha(1 - Q_{ik,jk}^k) + \beta T_{ik,jk}^k), \quad (7)$$

де α, β – вагові коефіцієнти, які визначають еквіваленти матеріальних витрат:

α – на формування встановленого рівня якості;

β – за одиницю часу.

Вказані коефіцієнти встановлюють методом експертної оцінки. Визначення цих коефіцієнтів спирається на принцип компромісу: якою часткою матеріальних витрат можливо поступитися для підвищення якості на умовну одиницю (коефіцієнт α) або зменшення витрат часу (коефіцієнт β).

Зоною визначення функції (7) є множина варіантів реалізації технологічної схеми

$$R^* = \{ \{(S_{i_k}, Z_{j_k}) : k = 1, \dots, L\} : Q_{i_k j_k}^k \geq Q_k^{\min}, T_{i_k j_k}^k \leq T_k^{\max}, \forall k = 1 \dots L \}.$$



Рис.2 – Графічне зображення функції $\beta_{kl}(x)$

Таким чином, алгоритм формування робочого технологічного комплексу машин має такий вигляд:

1) для кожного елемента тензора (1) обчислюють якість за формулами (5), (6) з урахуванням значень елементів тензорів (2) та (3);

2) формують тензор (4), при цьому елементи тензора (1) замінюють на тривимірні вектори $(E_{ij}^k, Q_{ij}^k, T_{ij}^k)$;

3) по кожній операції W_k знаходять такі пари індексів (i_k, j_k) з множини $\{(i, j) : Q_k \geq Q_k^{\min}, \tau_k \leq T_k^{\max}\}$, для яких мінімізується функція

$$F_k = E_{i_k j_k}^k + \alpha(1 - Q_{i_k j_k}^k) + \beta T_{i_k j_k}^k \rightarrow \min ;$$

4) формують множину машин технологічного комплексу, включаючи до неї технічні засоби з номерами $\{j_k\}$.

Приклад застосування моделі. Значення вхідних даних наведено в умовних одиницях з метою застосовності логічної схеми для усієї повноти прийняття інваріантних рішень. Вхідні дані:

- технологічний процес {«обробіток ґрунту»};
- максимально допустиме нормативне значення витрат часу $T^{\max} = \{\infty\}$ при виконанні робіт по кожній операції відповідно (у даному випадку не було жорстких обмежень у часі);
- технологічні операції (способи) {«культивуація», «боронування»};
- технічні засоби {«Т70+КСГ3.3», «Т70+БДС3.5», «МТЗ-80+БДС3.5»};
- показник якості {«коефіцієнт брилистості»};
- вектор нормативних значень рівня якості $Q = \{2/3 \approx 0,67\}$;
- вагові коефіцієнти:

а) коефіцієнт α розраховано за таких умов:

коефіцієнт впливу якості обробітку ґрунту на урожайність плодкових культур, згідно з [8], становить 0,22, урожайність – 28 т/га (яблуна), вартість продукції – 7000 грн/т, вартість дизельного палива – 5 грн/л, тоді

$$\alpha = \frac{28 \cdot 7000 \cdot 0,22}{5} = 8624 ;$$

б) коефіцієнт β розраховано за таких умов:

заробітна плата тракториста – 1200 грн, робочий день – 8 год, робочих днів на місяць – 20, вартість дизельного палива – 5 грн/л, тоді

$$\beta = \frac{1200}{5 \cdot 8 \cdot 20} = 1,5 ;$$

З урахуванням вхідних даних тензори мають такий вигляд:

а) тензор витрат I (де номер стовпця – це спосіб виконання робіт, номер рядка – технічний засіб). Кожен елемент тензора представляє собою двомірний вектор, перша та друга компоненти якого – відповідно витрати палива у літрах та час у годинах, які потрібні, щоб виконати операцію даним способом та технічним засобом. Якщо цю операцію неможливо виконати у даний спосіб даним технічним засобом, елемент є нульовим вектором. В даному прикладі одна операція, тому тензор складається з однієї матриці векторів ($k=1$):

$$\begin{pmatrix} (10,89;1,11) & 0 \\ 0 & (4,74;0,53) \\ 0 & (4,92;0,43) \end{pmatrix},$$

б) тензор нормативних показників якості J (коефіцієнт брилистості) представлений вектором

$$J = (0; 0; 0,15; 0,2),$$

тобто коефіцієнт брилистості – величина невід’ємна, оптимальним значенням якої є значення, що не перевищує 0,15, допустимим – значення, що не перевищує 0,2.

в) тензор значень показників якості D (де номер стовпця – спосіб виконання робіт, номер рядка – технічний засіб):

$$\begin{pmatrix} 0,13 & 0 \\ 0 & 0,22 \\ 0 & 0,18 \end{pmatrix}.$$

г) узагальнений тензор A (де номер стовпця – спосіб виконання робіт, номер рядка – технічний засіб), що сформований, з урахуванням того, що функція якості у даному випадку має такий вигляд:

$$\beta(x) = \begin{cases} 1, & x < 0,15 \\ \frac{0,3-x}{0,15} & 0,15 \leq x < 0,3 \\ 0 & x \geq 0,3 \end{cases} \quad (8)$$

Тоді

$$A = \begin{pmatrix} (10,89;1;1,11) & 0 \\ 0 & (4,74;0,53;0,53) \\ 0 & (4,92;0,8;0,43) \end{pmatrix}$$

Цей тензор перетворимо за такими правилами:

1) замінимо нульовим вектором такий вектор тензора A , координати якого не відповідають обмеженням щодо якості (вектор Q) та часу виконання (вектор T^{\max});

2) на заміну кожного вектора (елемента тензора A) застосуємо значення цільової функції (що є відповідним складником функції (7)), яка відповідає даному вектору.

Тоді тензор A матиме такий вигляд:

$$A = \begin{pmatrix} 12,56 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1730,4 \end{pmatrix}$$

Таким чином, мінімальному значенню цільової функції (7) відповідає спосіб обробки ґрунту «культивація» та технічний засіб «Т70+КСГЗ,3».

Висновки:

1. Представлення вхідних даних векторами та тензорами дозволяє формалізувати їх подання у вигляді багатовимірної структури.

2. Спосіб обробки вхідних даних за запропонованими правилами перетворення тензорів з використанням визначеного критерію оптимізації забезпечує покрокове зменшення результуючого тензора і визначення оптимального технічного засобу із наявної множини.

3. Наведена модель є статичною та призначена для застосування на стадії проектування комплексів машин. Вона є основою для розробки мета-моделі, яка б забезпечила прийняття рішень щодо вибору технічних засобів при вирішенні конкретного технологічного завдання з урахуванням множин відгуків реальної динамічної системи.

Список використаних джерел

1. Гуков Я.С. Наукове забезпечення формування державної політики стосовно відтворення та оновлення матеріально-технічної бази агропромислових підприємств /Я.С. Гуков // Міжвід. темат. наук. зб. /Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха : ННЦ “ІМЕСГ”. – 2008. – Вип.92. – С. 13–25.

2. Лінник М.К. Основні завдання з механізації та електрифікації сільського господарства у зв'язку із вступом України в СОТ /М.К. Лінник // Міжвід. темат. наук. зб. /Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха : ННЦ “ІМЕСГ”. – 2008. – Вип.92. – С. 42–48.
3. Ситник В.П. Сучасний стан механізації землеробства – найближчі завдання і перспективи / В.П. Ситник // Міжвід. темат. наук. зб. /Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха : ННЦ “ІМЕСГ”. – 2003. – Вип.87. – С. 5–8.
4. Караев А.И. Модель принятия решений для формирования комплексов машин в садоводстве / А.И. Караев // Научный вестник Национального аграрного университета. - К.: НАУ, 2003. - Вип. 92. – С. 349–353.
5. Шаров В.П. Научные основы проектирования систем технологий и машин / В.П. Шаров // Почвозащитные адаптивные технологии горного и предгорного садоводства : Материалы науч.-практ. конф. (в рамках СНГ), 23 –26 сент. 1997 г., Северо-Кавказкий НИИ горного садоводства. - Нальчик, 1999. – Ч. 2. – С. 227–235.
6. Временное методическое положение о порядке формирования экономического обоснования комплекса сельскохозяйственных машин / [Черепяхин А.Н., Волков Ю.И., Гусева С.В. и др.]. – М. :ЦНИИ ТЭИтракторосельхозмаш, 1981. – 94с.
7. Репетов А.Н. Геометрический способ выбора агрегата для внесения минеральных удобрений / А.Н. Репетов, О.М. Лепшеев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. - №2. – С.25-26.
8. Караев А. И. Метод системного анализа механизированных технологий в орошаемом садоводстве// Техника АПК - 2000 р. - №2. – С.6-8.

Аннотация

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНИХ КОМПЛЕКСОВ МАШИН ДЛЯ САДОВОДСТВА

Караев О. Г.

Предложен метод принятия решений по выбору технических систем для включения в состав технологического комплекса машин конкретной хозяйственной единицы для разработки проектов основного производства продукции плодоводства и питомниководства.

Abstract

OPTIMAL MACHINES COMPLEXES FORMING METHOD IN HORTICULTURE

O. Karaev

The method for decision-making as for technical systems choosing being comprised into machines complex at the stage of basic production output project working out in fruit growing and nursery gardening has been proposed for certain farm entity.