

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

УДК 333: 51: 631

ТЕОРЕТИЧНІ І ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ

**В.О.УШКАРЕНКО – д.с.-г.н., професор, академік УААН,
Є.К.МІХЕСВ – д.с.-г.н., професор, Херсонський ДАУ**

Принципи підвищення ефективності функціонування закладені в основу будь-якої виробничої системи. Реалізація цих принципів пов'язана з економічно доцільним використанням ресурсів і інтелектуального потенціалу сфери управління. Найбільш помітні тенденції збільшення ваги інтелектуальних важелів управління у економічно розвинених країнах на фоні відлагоджених ринкових відносин, коли в конкурентній боротьбі успіх завжди пов'язаний з рівнем потреби і використанням інтелекту суб'єктів економічних відносин.

У такій специфічній виробничої системі як землеробство вказані тенденції поширюються з швидкістю випереджаючою нашу готовність зрозуміти і прийняти нові методи управління.

Прикладом може служити новий напрям у землеробстві, який отримав назву "точного землеробства".

Оскільки система землеробства дуже складна, велика і специфічна ми не будемо претендувати на всебічний розгляд принципів і правил її функціонування, а, посилаючись на вимоги системного підходу відносно членіння погано – озорих об'єктів (1), відокремимо сферу виробництва, де реалізуються конкретні управлінські рішення.

Перш за все сформулюємо поняття "Точне землеробство" в нашому уявленні. Під системою точного землеробства (СТЗ) будемо розуміти економічно і екологічно доцільну форму землекористування, спрямовану на виробництво продукції рослинництва і функціонуючу на підставі використання методів організації інформаційних потоків.

Тобто СТЗ – це економічно-виробнича система землекористування, що функціонує на основі формальних методів і принципів її організації.

Основним функціональним завданням СТЗ будемо вважати – виробництво продукції рослинництва на підставі ефективного використання ресурсів і підвищення якості управлінських рішень.

Вирішення і реалізація завдань у такому напрямі можливі за рахунок використання новітніх інформаційних і виробничих технологій, що здатні включати сучасні методи і підходи до організації результати спеціальних досліджень, існуючі автоматизовані системи підтримки прийняття рішень (СППР), експертні системи (ЕС).

СТРУКТУРНА ПОБУДОВА СТЗ І ПІДХОДИ ДО ЇЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

Структурна побудова СТЗ є характерною для складних багатопараметричних систем і складається з комплексу підсистеми різних за ієрархічністю і функціональним призначенням. У найзагальному виразі структурна СТЗ може бути зображена у вигляді такої схеми спеціальних модулів, кожен з яких зорієнтовано на практичне вирішення завдань землеробства (рис. 1). Тобто кожен модуль включає комплекс специфічних, фахово орієнтованих завдань, набори прикладних програм, що забезпечують автоматизацію процедур організації інформації і на цій основі вибору і прийняття управлінських рішень, адекватних ситуаціям, яка складається на конкретному полі або масиві ділянок.

Складність і специфічність системи зробили вибір методів її дослідження досить не простим процесом. З цього приводу можна зауважити, що у багатьох випадках ми змушені відмовлятися від класичних оптимізаційних підходів, що найбільш поширені або вносять до методу оптимізації спеціальні корективи.

Нагадаємо, що узагальному вигляді оптимізаційний підхід можна зобразити як $R = Z^{-1}[\text{extr}f(y)]$, де R – оптимальне рішення,

що екстремізує критерій Z ; Z – критерій оптимальності; $f(y)$ – функція моделі; y – управляюча дія на Z ; (Ω - множина меж, де здійснюються управління).

Але на шляху реалізації такого підходу виявились у багатьох випадках нездоланні труднощі викликані специфічністю об'єкта досліджень. По-перше, далась взнаки відсутність адекватних кількісних моделей процесів формування врожаю; наявність великої кількості обмежень організаційного, психологічного, соціального характеру суттєво впливаючих на вибір рішення, невизначеність критерія оптимальності. Відносно останнього – завдання земле-

робства в більшості випадків багатокритеріальні, що значно ускладнювало їх вирішення.

При наявності таких “шумів” вважається [2], що точний математичний підхід скоріше заважає ніж допомагає у складних випадках прийняття рішень. Завдання стає незрозумілим, а гонитьба за точним, оптимальним за якомось з критеріїв рішення може коштувати значних зусиль, що не відповідають суті завдання, якщо та має декілька критеріїв.

Найбільшою мірою це вище наведене стосується основного модуля СТЗ – технології вирощування культур, де коректна постановка завдання передбачає врахування векторності критерію оптимальності. Справа в тому, що перехрещення якісних і кількісних факторів при вирощуванні дуже складне, тому фахівець не завжди може навести чітку межу розсудливим і інтуїтивним рішенням. Тобто, при існуючому рівні дослідження технологічних процесів (ТП), вимоги відшукування оптимального рішення можна вважати залишковими.

Тому для вирішення технологічних завдань ми застосували спеціальні евристичні процедури, а оптимізаційний підхід використовували для вирішення відносно простих приватних завдань.

Спираючись на досвід створення автоматизованої системи підтримки прийняття рішень (СППР “Землеробство”), яка є базою для створення СТЗ, вважаємо, що процедуру пошуку кращого рішення можна будувати як дворівневу:

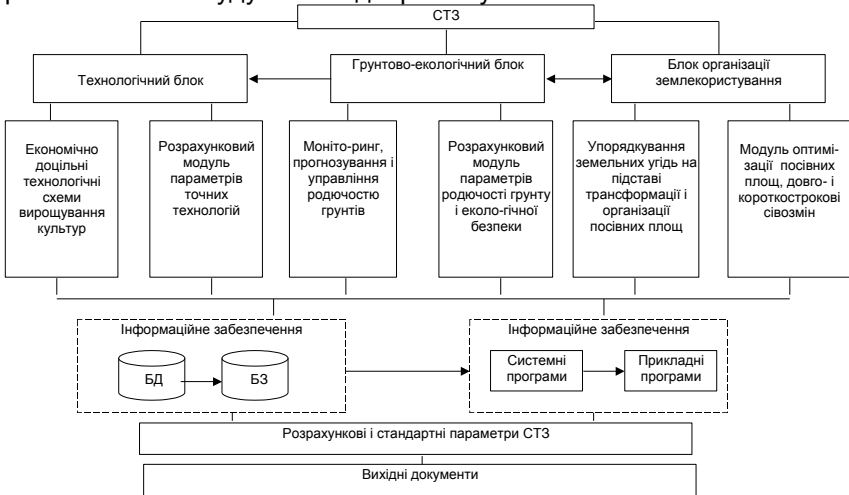


Рисунок 1. Загальна блок-схема структури СТЗ

на першому етапі на підставі евристичних процедур призначаються рішення принципового характеру; на другому – застосовуються кількісні схеми описування процесів в об'єкті, а попередні рішення уточнюються і деталізуються.

У цілому вважаємо, що створення автоматизованої системи, яка б приводила до визначення глобальних оптимізаційних управлінь, поки не реально, хоча при достатньому і коректному інформаційному забезпеченні, навичках моделювання, наявності досвіду організації спеціальних масивів інформації і створення машинних систем постановка такого завдання у межах створення СТЗ можливе і доцільне.

Тому, як пошук можливих варіантів, розглянемо такий підхід. Якщо СТЗ спробувати описати формальними методами у класичному варіанті, то глобальну модель можна звести до моделі водного і теплового режимів, моделі продуктивності агроєкосистеми в цілому. Хоча помітимо, що, виходячи з практичного ракурсу, можна ставити питання, як в майбутньому створити коректну і надійну автоматизовану систему на підставі оптимізаційного підходу, справедливо вважаючи, що на шляху створення оптимальної стратегії землеробства покладено ідентифікацію функції мети.

Тоді у загальному уявленні можлива така функція мети:

$$Z = \int_0^T \left(\sum_{i=1}^n \frac{Q_i(t)R_i(t)}{(1+r_i)t} - \sum_{j=1}^m \frac{Q_j(t)U_j(t)}{(1+r_j)t} \right) dt,$$

де T – інтервал, у межах якого розглядається функція мети; n – кількість видів продукції землеробства; $Q_i(t)$ – вартість одиниці i -ї продукції, яка у вигляді врожаю відчужується з поля у часі t ; $R_i(t)$ – кількість i -ї продукції, що відчужується в час t ; r_i – доля (%) продукції i -го виду, що отримана за рік; m – кількість видів діяльності управлінь при експлуатації СТЗ; $Q_j(t)$ – вартість j -ї виду діяльності у часі t ; $U_j(t)$ – кількість j -го виду діяльності в час t ; r_j – річна доля врахування для j -го роду діяльності; Z – чистий прибуток, який можна отримати у разі управлінь $\{U_j(t)\}_{j=1}^m$ в період врожаю за планом $\{R_i(t)\}_{i=1}^n$

Якщо мета управління процесом полягає у максимізації Z при наявності обмежень (економічні, екологічні, біологічні), то для рішення завдання необхідно вибрати витрати серед усіх можливих управлінь $\{U_j(t)\}_{j=1}^m$... і всіх можливих планів (рішень) отримання врожаю $\{R_i(t)\}_{i=1}^n$... таке управлінське і рішення, що максимізує Z .

Слід зауважити, що в процесі пошуку рішень за цією моделю можна отримати результати, які сприятимуть наближенню рішення. Так, буде надано змоги наблизитись до використання імітаційних моделей. Створити і покращити експериментальні програми, які відповідають за інформаційне забезпечення; полегшується процес створення методів і засобів, які спираючись на досвід і інтуїцію фахівців з одного боку і імітаційні моделі з іншого, надавали б змоги відшукувати стратегії прийняття управлінських рішень.

ФУНКЦІОНАЛЬНА СТРУКТУРА СТЗ

За функціональним призначенням складові СТЗ являють собою комплекс завдань, згрупованих за ознаками часу потреби в конкретному рішенні, за ознаками часу потреби в конкретному рішенні, за критерієм оцінки рішення і складності постановки конкретного завдання (опис моделюючого процесу) (рис. 2).



Рисунок 2. Функціональна блок-схема СТЗ

Диференціація складових СТЗ за напрямками виробничого використання і методами вирішення дозволяє виділити завдання, що забезпечують прийняття управлінських рішень як на рівні планування, так і на рівні прогнозування і управління. Особливою складовою вважаємо інформаційно-забезпечуючий і програмний комплекс.

Таким чином, врахувачи складність і специфічність об'єктів досліджень, створення СТЗ у вигляді автоматизованої системи доцільно розділити на 2 етапи: на першому вирішуються завдання на рівні проектування і планування; на другому, спираючись на удосконалення методів і навички організації (подання) інформації в межах розвинення системи підключаються завдання оперативного планування і управління.

Наведемо, як приклад, основні підходи і характеристики вже вирішених задач з означеного комплексу.

1. Задачі організації земельних угідь і посівних площ. Цей комплекс забезпечує процеси отримання рекомендації земель, розміщення посівів, планування конкретних сівозмін. В основі вирішення задач відомі методи лінійного і динамічного програмування. Так, задача оптимізації структури посівних площ може бути вирішена як багатокритеріальна, що максимізує прибуток:

$$\sum_{k \in N} (C_k - C'_k) X_k + \sum_{j \in N_1} (C_j - C'_j) X_j \rightarrow \max - ; \text{ загальний ви-}$$

хід продукції

$$\sum_{k \in N} \sum_{j \in N_1} (C_k X_k - C_j X_j) \rightarrow \max - \text{ і мінімізуюча витрати}$$

$$\sum_{k \in N} \sum_{j \in N_1} (C'_k X_k - C'_j X_j) \rightarrow \min - \text{ при наявності обмежуючих}$$

факторів.

Оптимальна структура сівозмін може бути сформована за

критерієм "кращий попередник" – $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \max$, зберіган-

ня родючості ґрунту – $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \min$ з обмеженнями ресур-

сів, урахуванням агротехнологічних вимог і доцільності.

2. Задачі економічного блоку вважаються як допоміжні і орієнтовані на підтримку технологічного процесу (розрахунки і обґрунтування різних технологічних схем).

3. Суттєвим (якщо не основним) ресурсом сільськогосподарського виробництва вважається фактор родючості ґрунтів. У СТЗ завдання, що вирішує проблему управління родючістю є двохрівневою: на верхньому рівні вирішуються задачі моніторингу (контролю) за станом родючості на підставі балансових розрахунків і прогнозу; на нижчому – задачі визначення норм і оптимального розподілу мінеральних і органічних добрив у сівозмінах. В основі методу

визначення функції ефективності $F = \sum_{j=M}^n f(X_j) \rightarrow \max$ при об-

меженнях ресурсів ґрунту, добрив з урахуванням умов їх використання.

4. До комплексу системи проектування технологій вирощування культур входять задачі визначення рівня ресурсо- і технологічно забезпеченого врожаю, а такі задачі планування різноманітних (під конкретні умови) технологічних схем. Можливий рівень, врожаю визначається з рівняння:

$$Y = \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} \sum_{k \in K} (B_{ij} \cdot C_{ij} \cdot K_{ij} + D_{jq} \cdot O_{jq} + H_{j\eta} \cdot O_{j\eta}) \cdot K'_i \cdot 0.01,$$

а при розрахунках варіантів технологій замість класичних підходів формалізації ми використовували моделюючий алгоритм. Викликано це складністю зв'язків і специфічністю інформаційних потоків об'єкту дослідження. Особливістю запропонованого підходу є розробка комплексу спеціальних правил і форм представлення інформації такого вигляду (переважно якісного типу, неструктурованої, не повної). Змістова частина алгоритму має переважно описовий характер, за винятком фрагментів з кількісними характеристиками. У визначених випадках може бути сформоване програму-

вання, що реалізує модель: $F = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^W (C_i \delta_i + Z_j U_j) \rightarrow \min$ при

наявності експертних оцінок значущості окремих технологічних операцій.

5. Рівень оперативного планування і управління в СТЗ забезпечуватиме підсистема, до складу якої входять задачі, що функціонують на підставі відповідних методів організації інформації.

5.1. Машині комплекси, що застосовуються в технологічних процесах можуть бути визначені на підставі існуючих систем "Комплексне машиновикористовування" [3], або розробки ІМЕСГ УААН [4]. Можливо використовувати і лінійні функції на кожному з періодів робіт:

$$Z(t) = \sum_{j \in M_1} \sum_{j \in M_2} \sum_{j \in M_3} (C'_{jt} X_{jt} + C''_{jt} X'_{jt} - C''_{jt} X''_{jt}) \rightarrow \min$$

5.2. Прогнозування стану посівів і розвинення можна зробити на підставі розрахунку часу настання фази вегетації: $R = f_i[q_{i(t)}, R_1, R_q, R_2, \dots, R_{i-1}, a]$ і міжфазового періоду (δ_{i+1}), який

може бути знайдено з відношення $F = \left| T_{j+1}^c - \sum_{g=1}^{\delta+1} T_g \right| \rightarrow \min$. Ін-

формаційне забезпечення моделі становлять біокліматичні константи (БК) культур і середньодобові температури повітря. Якщо ввести поняття біологічного індексу розвинення – I , то проміжок між

j -ї і $j+1$ фазами буде $I(t) = j + \sum_{q=t_j}^t \frac{T_q}{T_{j+1}^c}$. На підставі цього можна

прогнозувати розвиток конкретної культури, або посіву.

5.3. Завдання управління зрошенням зводиться до мінімізації економічних витрат – Q , що пов'язані з конкретним режимом зрошення. У формальному вигляді ця залежність може бути записана

як: $Q = \sum_{R=1}^N [C \int_{\tau_{R-1}}^{\tau_2} u(t)dt + P_R(H_R)] = \sum_{R=1}^N Q_R = Q_y + Q_3$. Вирішується

задача методом динамічного програмування, у разі чого процес розглядається як багатоступеневий, на кожному кроці якого вибирається управління для кожного поля (посіву). Загальний член функціонального управління в цьому буде:

$f_m(R) = \min[S_m Q_m(R_m) + f_{m-1}(R - S_m R_m)]$, де $(R - S_m R_m)$ – зменшення ресурсу на кожному кроці "m"; R_m – ресурс на конкретній ділянці m ; S_m – площа ділянки "m".

5.4. Задача оперативного планування засобів захисту рослин від шкідливих організмів вирішується за алгоритмом, в основі якого матрична форма організації інформації і вибір кращого засобу методом перебору економіко-виробничих властивостей. Реалізується алгоритм через розвинений "людина-машина" інтерфейс.

Задача може бути включена до оперативного планування технології, схема алгоритму рішення якої така:

а) на першому етапі планування підключається задача "Сівба", яка прогнозує строки висіву або садіння;

б) з початком вегетації з проміжком доби у автоматизованому режимі відслідковується процес розвинення культури (системи "Розвинення", "Фенолог"). Машина реалізація алгоритму відбувається на підставі фреймованого опису.

в) відповідно стану посіву на підставі біологічних і агротехнічних вимог у кожний період станів (фаз розвитку) призначаються ві-

дповідні технологічні агрозаходи (ТО). Розраховується і економічна оцінка агрозаходу і у випадку неможливості його виконання визначається втрата і її доля в загальній вартості технології.

6. Підсистема інформаційного забезпечення СТЗ спрямована на прикладне використання системи і надає для окремих задач можливості імітаційних, багатоваріантних розрахунків. Інформація організована за функціональними ознаками конкретних задач. Структурно така організація являє собою сукупність ієрархічно згрупованих масивів за такими видами інформації: метеорологічної, біологічних і агрохімічних констант, масивів стану посівів, масивів найменувань (культури, продукція, машини і знаряддя), значення і понятійні характеристики. Структурно інформаційний фонд СТЗ можна включати в централізований фонд, не пов'язаний з конкретною функціональною підсистемою, і ієрархічну сукупність фондів спеціалізованих підсистем.

Організація інформаційного фонду СТЗ вимагає особливої уваги до змісту, маючи на увазі, що засоби роботи вже визначенні. Усі масиви зручно представляти у вигляді банків даних (БД) і баз знань (БЗ). При цьому концепція організації БД і БЗ спрямована на досягнення максимальної незалежності між даними і використовуваними програмними комплексами [6]. Зв'язок БД і БЗ з прикладними програмами забезпечує система управління (СУБЗ), яка виконує всю сукупність операцій, пов'язаних з підтримкою БЗ, виконуючи за потребами людини, що приймає рішення (ЛПР), необхідні перетворення і захисні функції.

Класифікація інформації в СТЗ може відбуватись за такими ознаками:

За стабільністю-постійна, умовно-постійна і змінна.

За періодичністю надання і на вимогу – періодична і позачергова.

За засобами отримання – друкована, мовна, візуальна.

За ступенем участі у процесі управління – планова, нормативна, довідкова, оперативно-виробнича, аналітична, звітна.

У режимі використання задач прийняття рішень на рівні виробництва найбільш вагоме місце займає інформація фонду посіву (полів) яка включає:

- довідкові дані загального характеру (параметри, зведення про землеустрій, розмір ділянок);
- характеристика поля (рельєф, еспозиція, параметри ґрунтів, агрофізичні константи, агрохімічні показники, попередник);
- планово-виробнича інформація (програма проведення агрозаходів на ділянці);

- оперативно-виробнича і прогнозна інформація (зведення про стан посіву, про процеси енерго-масообміну, шкідниках та інш.)

Періодичність освоєння інформації залежить від призначення інформаційного масиву. Так, масиви біологічних і агрохімічних констант формуються на початку завантаження системи і доповнюються при введенні нових об'єктів (культура, сорт, ґрунтовий різновид). Масиви кліматичної інформації, техніко-економічних показників не змінюються протягом усього терміну функціонування системи; масиви поточної й оперативної інформації поповнюються постійно; масиви стану посіву коректуються у разі появи чергового повідомлення і запиту до системи.

З урахуванням виду і потреби в інформації введення і вихід можуть відбуватися за формами, котрі не потребують перекодування.

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ МАШИННОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СТЗ

Інструментальну частину створюваної СТЗ можна зобразити у вигляді кортежу: $F = (Y, U, P, R, Q)$,

де Y – набір мовних засобів для зовнішнього і внутрішнього спілкування, що включає предметно-орієнтовані мовні завдання, діалогові засоби, спілкування через меню, мови представлення.

U – множина системних програмних модулів, що організують і управляють функціональними підсистемами (див. рис. 2) у різних режимах, підтримують їх взаємодію з ЛПР, забезпечують розвинення.

P – сукупність модулів, забезпечують безпосереднє вирішення завдання апрогнозування, планування і управління за допомогою "U".

R – сукупність модулів даних і знань, що реалізуються у вигляді БД і БЗ і використовуються у разі функціонування P і U .

Q – схеми взаємозв'язків P і U модулів одне з одним, з R і ЛПР.

Оскільки модель прийняття рішень, що закладена в ПЕОМ, остаточно не формалізується у відношенні відбору критеріїв прийняття рішень, буде виправдана орієнтація на людино-машинний режим, коли рішення приймаються в процесі діалогу ПЕОМ з ЛПР [7]. Це дозволяє оперативно доповнити методи математичного моделювання і вирішення багатofакторних задач звичним аналізом, що виконує ЛПР. Тобто ЛПР безпосередньо включається у ітеративну процедуру прийняття рішень, що забезпечує раціональне поєднання здібностей, фаховості людини з перевагами ЕОМ. Тому СТЗ повинна будуватись перш за все як інтерактивна система, ко-

тра включає ЛПР, комплекси ПЕОМ з відповідними математичним технічним забезпеченням, процедури, що регулюють взаємовідносини ЛПР і ЕОМ.

ВИСНОВКИ

1. Визначені і розглянуті основні методичні і прикладні проблеми створення СТЗ.
2. Визначені схематично і кількісно описані головні параметри СТЗ на рівні прийняття управлінських рішень.
3. Найбільш важливими і складними аспектами розробки системи є проблеми організації і представлення точних знань. Економічно доцільним і зручним вважається комплексний підхід у застосуванні неструктурованих інформаційних потоків, що включає оптимізаційні методи й евристичні процедури алгоритмізації.
4. Проропонуємо шляхи рішення проблеми створення СТЗ на підставі досвіду розробки СППР, методів вирішення специфічних різномірних задач прийняття рішень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Растригин Л.А. Современные принципы управления сложными системами. – М.: Сов. Радио, 1980.- 232 с.
2. Венцель Е.С. Выступления в дискуссии. – В кн. Исследование операций. Методологические аспекты: М.: Наука, 1972.- С. 105-111.
3. Мельник И., Абрахам З., Дубровин В. Системы для определения рациональных комплексов машин и эффективности МТП. Техника АПК, № 6-7.- 1999.- С. 31-32.
4. Тивоненко И. Інформаційні системи управління МТП господарства. // Техніка АПК, № 1., 1999.- С.16-18.
5. Михеев Е.К., Платонов В.А. Планирование технологических процессов в земледелии. К.: Урожай, 1991.- 167 с.
6. Михеев Е.К., Шевцов І.К. Принципи організації даних і знань в системах підтримки технолого-економічних рішень // Херсон. Таврійський наук. вісник, вип.11, ч.2, 1999.- С.63-65.
7. Ушкаренко В.О., Михеев Е.К. Проблеми прийняття управляючих рішень в землеробстві // Херсон. Таврійський наук. вісник, вип.12, 1999.- С.140-148.