

Ю. Г. Гуцуляк,  
к. е. н., завідувач Косівським відділом проблем гірського землекористування  
Івано-Франківського інституту АПВ УААН

## ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ЗЕМЕЛЬНИХ УГІДЬ НА ОСНОВІ ЕКОЛОГО- ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕУСТРОЮ

**Розкрито теоретичні основи оптимізації використання та охорони земель, а також розглянуто різні варіанти постановки екстремальних задач в забезпеченні раціонального землеволодіння землекористування та порядок постановки, моделювання і реалізації задач, що вирішуються симплексним методом.**

*Ключові слова: оптимізація, земельні угіддя, землеустрій, природні ландшафти, землекористування.*

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Оптимізація природного ландшафту — один з важливих засобів організації ефективного і комплексного його використання й охорони. Цій проблемі присвячено досить багато робіт відомих вчених України, серед яких слід зазначити Новаковського Л.Я., Третяка А.М., Ступеня М.Г., Добряка Д.С. та інших. Втім окремі питання потребують постійного дослідження під різними кутами зору. Так, наприклад, завдання знаходження кращого з можливих рішень оптимізації структури земельних угідь припускає максимальне використання корисних властивостей ландшафту, і тому виникає необхідність визначення його потенціалу для задоволення різноманітних потреб суспільства. Оптимізація ландшафту, тобто щоб соціально-економічні функції, які задаються ландшафту (ресурсовідновлювальні, середовище відновлювальні та природоохоронні), найбільш повно відповідали його природним властивостям, пов'язана з визначенням мети використання, оцінкою можливих варіантів експлуатації, виявленням природних, соціально-економічних та інших обмежень [2].

Відомо, що природа як об'єктивно існуюча поза людиною і незалежно від її свідомості реальність, нескінченна в часі та просторі, є умовою, місцем і засобом нашого життя і праці. Матеріальною системою, що забезпечує взаємодію суспільства і природи, служить земля, ландшафт. Ця взаємодія реалізується в двох основних формах: прямого використання природного середовища (у першу чергу землі); організації її охорони (свідомої та цілеспрямованої діяльності, направленої на забезпечення раціонального природокористування і відтворення природних ресурсів) як у процесі експлуатації, так і за допомогою поліпшення, відновлення і збереження природи.

Виходячи з мети більш повного забезпечення постійно зростаючих матеріальних і духовних потреб нашого суспільства, об'єктивними стають систематичне освоєння і корінне перетворення природного середовища, у першу чергу, земної поверхні, що в умовах науково-технічної революції дозволяє комплексно реалізувати основні функції (задачі) землекористування: безпосереднє використання землі; організацію процесу й умов, форм і способів корис-

тування землі; охорону земельних ресурсів; відновлення і перетворення ландшафту. Інтегральний характер цих завдань, як свідчить досвід, викликає нові підходи пізнання й обліку об'єктивно діючих закономірностей життя. Найбільш істотне досягнення в цьому напрямі — системний підхід як найважливіший принцип наукового способу представлення і відображення об'єктивної дійсності, що дозволив розробити й успішно застосувати в розв'язанні багатьох задач (у тому числі в ландшафтознавстві й організації землекористування) програмно-цільовий метод та інші способи системного аналізу.

### АНАЛІЗ КЛЮЧОВИХ ПИТАНЬ

Своєю діяльністю людина (суспільство) не тільки змінює зовнішні предмети природи (землі, ландшафти), але за допомогою знарядь праці перетворює дії зовнішніх предметів у свої власні дії, робить властивості матеріальних об'єктів (наприклад, ландшафтів) опосередковано своїми властивостями. Цей процес в умовах науково-технічної революції, по суті, безмежний, у зв'язку з чим суспільна форма руху є універсальною, тобто має можливість містити в собі інші форми руху матерії. Соціальний аспект взаємодії суспільства і природи має своєю метою забезпечити людство умовами для його існування і гармонійного розвитку, попереджаючи забруднення і деградацію навколишнього природного середовища.

Крім того, земля — це матеріальна умова існування суспільства, що є вирішальним компонентом оточуючої людини біосфери. У цьому розумінні вона не тільки поверхня конкретної площі, що характеризується різноманіттям властивостей і умов, просторова основа ландшафту, але і непоновлювана (непоправна) і обмежена межами поверхні земної кулі цілісний (інтегрований) ресурс. Розгляд землі як основного виду природних ресурсів, які на даному рівні розвитку продуктивних сил і їхньої вивченості використовуються або можуть бути використані як засіб виробництва в сільському і лісовому господарстві, а також служать просторовим базисом для розміщення і розвитку всіх інших галузей народного господарства в доступній для огляду перспективі, є подальшою конкретизацією цієї категорії в господарсько-галузевому аспекті.

Такий підхід дозволяє сформулювати перед конкретними системами ландшафтів у складі зон (макрорегіонів) певні завдання, задати соціально-економічні функції, обґрунтувати різноаспектні обмеження й оптимізувати, тобто знаходити кращий з можливих варіантів, ці функції та структури ландшафтних систем у прогнозно-передпланових і передпроектних розробках. Більше того, оптимізація екологічних систем сприяє мінімальному збитку в живій і неживій природі, недопущенню зникнення окремих видів, запобіганню дискомфорту урбанізованого середовища і збільшення захворюваності населення.

Під оптимізацією природного середовища, відзначає А. Г. Ісаченко, розуміється "...комплекс заходів щодо раціонального використання природних ресурсів, охорони, оздоровлення й узагальнення природного оточення людства".

У зв'язку з цим коротко зупинимось на методологічних питаннях оптимізації використання сільськогосподарських угідь на базі системної орієнтації в процесі розв'язання проблемних економічних і екологічних задач, оскільки системний підхід визначає науковість аналізу і синтезу будь-якого явища, речі, предмета, системи. На концептуальних положеннях моделювання землекористування, що зумовлюють необхідність розробки системи економіко-математичних моделей (ЕММ) в землевпорядкуванні, в організації раціонального землекористування.

Серед різних сторін теорії та практики землекористування, одним з найістотніших аспектів є його економічний аспект як що такий, найбільш адекватно відображає природу, характер цього комплексного явища або сутність землекористування, яка визначається системою відносин з приводу володіння та користування землею у конкретних історично визначених умовах. Перехід до вивчення реального буття системи землекористування досягається в процесі дослідження закономірностей її організації, тобто єдності двох протилежних сторін: поведінки та його матеріального носія — побудови системи. Спосіб зв'язку між компонентами системи землекористування розкриває характер поєднання та взаємодії підсистем, тип цього зв'язку, який сприяє його функціонуванню як цілого упорядкованим чином, тобто складає організацію землекористування як системи.

Таким чином, конкретне дослідження реальних систем землекористування на основі еколого-ландшафтного землеустрою включає не тільки виявлення структури системи — усталених форм та типів земельного впорядкування, які відображають дотримуваний порядок відносин з приводу використання та охорони землі, але і вивчення діалектичної єдності сталої та варіативної упорядкованості елементів, тобто організації системи, яка підтримується в умовах виробництва цілим комплексом суспільних та державних заходів.

Тому до відомого поняття "організація" як об'єднання, тобто предметному його значенню, або атрибутивному значенню терміну "організація", що характеризує побудову, взаємозв'язок, взаємне розміщення, співвідношення частин деякого цілого, а також до функціонального значення цього терміну, який розуміємо як упорядкування, побудова, приведення в систему чого-небудь або як деяка дія, тут розвивається поняття структурної організації, яка являє собою специфічний спосіб взаємодії та взаємозв'язку структури та поведінки, розвитку системи.

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Для дослідження системи землекористування ці положення теорії організації мають велике значення, адже для

них характерні різномірні підсистеми та структури, які, в свою чергу, представлені численними функціонуючими підсистемами та структурами, визначаючи, таким чином, перед землекористуванням широкий спектр цілей різного виду. Теорія організації складних динамічних систем розглядає в тісній єдності три важливі її сторони: упорядкованість, складність та доцільність.

Організація має ще властивості, які виступають функціями розвитку та збереження системи, вона повинна приводити систему не тільки до певної структури, але й до певного стану. Збереження якісної визначеності системи можливе за допомогою управління, яке сприяє переходу системи в стан, найбільш близький до заданого. Метою процесу управління є подолання протиріччя між стійкістю та мінливістю стану системи, а його ціль — досягнення потрібного впливу на зовнішнє середовище, тому управління необхідно вважати засобом організації. У дійсності організація спрямована на створення системної упорядкованості об'єкта, а управління у відповідності з наміченими планами долає розбіжності дійсного та заданого стану системи землекористування, що виникають у процесі взаємодії системи.

Управління як атрибут системи регулює упорядковане, доводить його до запланованого оптимального стану. Визначений стан, до якого прагне система землекористування, складає її мету, досягнення якої в економічних системах стає можливим завдяки інтересам, стимулюванню. Внаслідок того, що інтерес пов'язаний з визначенням цілі, то стимулювання, реалізуючи ці інтереси, виконує в організації системи землекористування регуляційну функцію. Приведення стану системи землекористування з допомогою землевпорядкування та інших заходів до заданого означає процес коректування структури системи та її збереження.

Управління вирішує дану задачу за допомогою особливої функції системи, на підставі якої виділяється її структура, функцією виділення структури, як відомо, є інформація [1]. Оскільки управління системою землекористування немислиме без достовірного відображення її стану, то інформація не тільки абсолютно необхідна в управлінні земельним фондом України, але і є важливішою функцією системи, завдяки якій може зберігатися тимчасово незмінною структура системи, або вона повинна бути змінною, реорганізована.

Таким чином, наукова постановка задачі управління системою землекористування, яка реалізується у процесі управління земельним доходом полягає, по-перше, у формуванні бажаної мети  $Z^*$ , у створеній ситуації  $S$ , яка може бути виражена через критерій якості управління; по-друге, у визначенні обмежень, які являють собою вираження законів природи руху керуючої системи; по-третє, у визначенні обмежень другого виду, які являють собою систему алгебраїчних рівнянь або нерівностей, що виражають обмеженість та економічні передумови використання або охорони, відновлення або перетворення ресурсів, які використовуються при управлінні.

Досягнення цілей управління  $Z^*$ , які при врахуванні того, що  $S = \langle x, Y \rangle$ , зводяться до виконання наступних цільових співвідношень:

$$Z^*: \begin{cases} \psi_i / x, Y / = a_i, / i=1, \dots, k_1 \\ \psi_j / x, Y / > b_j, / j=1, \dots, k_2 \\ \psi_l / x, Y / \rightarrow \min, / l=1, \dots, k_3 \end{cases} \quad (1).$$

У канонічній векторній формі цільові умови (1) зводяться до екстремальної задачі (2):

$$Z^*: \begin{cases} H / x, Y / > 0, \\ G / x, Y / = 0, \\ Q / x, Y / \rightarrow \min, \end{cases} \quad (2),$$

де функції  $H, G$  і  $Q$  зручно називати функціями обмежень типу рівностей, нерівностей і якості відповідно.

Реалізувати умову (2) можна шляхом відповідної зміни стану  $Y$  об'єкту управління — системи землекористування, тобто при відповідному виборі управління  $V$ , тому, що стан  $x$  середовища змінюється в основному незалежно від нас. Якщо використати модель об'єкта і врахувати ресурси у вигляді системи нерівностей і рівнянь, то оптимальне управління  $V$  можна одержати в процесі розв'язання наступної екстремальної задачі (3):

$$\Omega: \begin{cases} Q / x, Y / \rightarrow \min, V \in \Omega, \\ H / x, Y / > 0 \\ G / x, Y / = 0 \\ Y = F / x, V / \end{cases} \quad (3),$$

Таким чином, задача синтезу управління (3) характеризується подвійною  $\langle Q, \Omega \rangle$ , тобто екстремальними і не екстремальними цілями, причому досягнення перших повинно передувати виконанню других, її доцільно перетворити і записати у вигляді (4):

$$\text{де } \Omega: \begin{cases} Q / x, F / x, V // \rightarrow \min, V \in \Omega, \\ G / x, F / x, V // = 0, \\ H / x, F / x, V // > 0, \end{cases} \quad (4)$$

Тепер видно, що в залежності від виду моделі  $F$ , тобто від того, чи є  $F$  функцією чи оператором, виникають різні задачі, які слід розв'язувати різними методами. Для статичного об'єкта управління, модель  $F$  якого є функцією, задача синтезу управління полягає у розв'язанні задачі математичного програмування, тобто в мінімізації  $k_3$  функцій  $q_l / x_2, V /, l=1, \dots, k_3$  шляхом зміни  $q$  параметрів  $u_1, \dots, u_q$ , що задовільняють обмеження, і накладений на  $V$  / стан  $x$  середовища вважається відомим. Функції  $Q, G$  і  $H$  є векторними функціями управління  $V$ . Для динамічного об'єкта, модель  $F$  якого оператор, управління  $V$  являє собою векторну функцію часу  $V / t$ . Тому управління динамічним об'єктом зводиться до розв'язання варіаційної задачі виду (3), в якій шукане управління є функцією часу  $V / t$ , а  $Q, G$  і  $H$  є заданими функціоналами управління  $V / t$ . Розв'язання такої проблеми теж зводиться до вирішення задач математичного програмування, параметризуючи функцію управління  $V / t$  або представляючи її дискретами  $C_1, \dots, C_k$  в задані моменти часу. В обох випадках можна звести задачу (4) до задачі математичного програмування виду (5):

$$\Omega: \begin{cases} Q / x, V / \rightarrow \min, V \in \Omega, \\ G / x, V / = 0, \\ H / x, V / > 0. \end{cases} \quad (5),$$

де  $V = / C_1, \dots, C_k /$  — вектор шуканих параметрів управління, а  $Q, G$  і  $H$  — визначені вектори функцій цих параметрів.

Просторова декомпозиція системи полягає в концептуальному її поділі на частини у відповідності з їх відносним положенням у просторі; тимчасовий розділ задач здійснюється, виходячи із умов, які породжує просторова декомпозиція, причому система концептуально розділяється на підсистеми у відповідності з їх відносним положенням у разовій площині. Досліджуючи одночасно синтез багатоступеневої системи управління і функціональної структури землекористування, можна одержати узагальнену структуру управління земельним фондом України, яка буде поєднувати в собі загальні принципи розкладання складних систем; підсистема, виділена за об'єктивним принципом, може бути розкладена на частини, виділені за функціональними ознаками. Декомпозиція підсистем за

об'єктивним принципом може бути сформульована у вигляді задачі групування об'єктів, тобто базувати на ідеях кластерного аналізу матеріальних процесів. При визначенні часових співвідношень в ієрархічній системі опираються на фізичну суть послідовної і динамічної координації: часова декомпозиція базується на ідеях методу проміжних цілей М.М. Мойсеєва і не суперечить принципу оптимальності Р.Белмана. Можливим є породження оптимального рішення і на основі синтетичного підходу до постановки і аналізу задач погодження рішень, запропонованого К.А.Багриновським.

Системний підхід до цієї проблеми свідчить, таким чином, про можливість коректної її постановки і реального вирішення шляхом розробки комплексу економіко-математичних оптимізаційних та імітаційних моделей для сукупності задач народногосподарського, галузевого і регіонального характеру, рівня прогнозування чи проектування. Ієрархічність і поетапність моделювання, комплексний і регіональний аспекти постановки задачі, системний зв'язок субмоделей в єдине ціле на базі сучасних персональних комп'ютерів — необхідний, але недостатній перелік вимог до дослідження цих складних процесів, які представлені у вигляді великих систем. Поряд з постановкою народногосподарських і галузевих моделей явища доцільно розробляти спеціальний комплекс економіко-математичних моделей міжгалузевої і міжрайонної організації земельних ресурсів. Також їх комплексної охорони і відновлення, організації території в тісній єдності з вимогами меліорації і покращення земель, організації праці і виробництва.

При розробці таких ЕММ проблематичні не тільки організаційні аспекти землекористування (склад компонентів системи раціонального використання і охорони землі, перелік планових і прогнозних показників, способи аналізу статистичних даних і методи підготовки нормативної інформації, врахування збитків від негативної дії природних і антропогенних факторів і т.ін.), але й екологічні і економічні його сторони (співставлення потреб на різні види користування земельними ресурсами, забезпечення гармонійності між компонентами потенційно різного використання, поєднання екологічних і економічних критеріїв оцінки, пріоритетність використання або охорони об'єктів прогнозування та ін.), а також методичні питання (врахування нелінійності розмірів збитків від масштабів, темпів порушення території, використання непрямих даних замість інформації, якої не вистачає для врахування інтегральних властивостей організованої цілісності, цінності земель і т.ін.).

Доцільність постановки і вирішення спеціальної задачі з комплексної охорони земель у взаємозв'язку з їх використанням зумовлене міжгалузевим характером користування цими ресурсами, необхідністю зв'язку, погодження масштабів і темпів заходів з капітальної меліорації і покращення земель, захисту ґрунтів від вітрової і водної ерозії, охорони земельних угідь від негативних денудаційних процесів (селі, лавини і т.п.), з рекультивацією порушених земель і землюванням малопродуктивних угідь, локалізацією вогнищ, забрудненням земель сухими і рідкими відходами, з формуванням ландшафтів на основі оптимального поєднання природних, особливо охоронних і урбанізованих територій.

У основі побудови екологічних, економічних і технологічних обмежень ЕММ задачі покладена ідея динамічного гомеостазису, що реалізується шляхом постановки серії задач для врахування розвитку явищ і процесів в факторних моделях на кожний період і конкретний об'єкт прогно-

зування з мінімізацією інтегральної шкоди від негативно-го впливу природних і антропогенних факторів при фіксованих пропорціях і варіантах розвитку суспільства. Критерій задачі направлений на врахування як прямих, так і побічних збитків від несприятливого впливу, всіх недоодержаних благ і продукції від невиконаних заходів, що попереджують можливі прояви негативних факторів, а також того позитивного ефекту, який виникне при реалізації намічених заходів з охорони і покращення земель на основі нових земельно-кадастрових даних.

Щоб врахувати нелінійність розмірів збитків від масштабів і темпів порушення природно-територіального комплексу та забруднення, що його викликало в лінійній ЕММ задачі, а також системні, інтегративні властивості перспективної організації землекористування тут передбачено вести розрахунки за варіантами розвитку галузей народного господарства з врахуванням підтримання природної рівноваги на кожен конкретний період розвитку економіки через систему жорстких обмежень, а також шляхом введення спеціальних коефіцієнтів як в склад обмежень, так і в цільову функцію. Ефективність цього заходу може бути встановлена тільки в процесі багаторазових розрахунків як за рекомендованою комплексною моделлю, так і за запропонованими іншими дослідниками моделями обґрунтування розвитку народного господарства, або за спеціальними моделями врахування збитків, спричинених порушенням і забрудненням природного середовища, за окремими видами об'єктів без врахування аварійних ситуацій.

Реалізація на практиці прийнятних тут умов і теоретичних основ оптимізації системи землекористування здійснена в "Рекомендації по применению экономико-математических методов и моделей в землеустройстве", які включають як комплекс ЕММ організації оптимального використання земель в країні, республіці, області і районі, так і ЕММ для інших рівнів прогнозування і проектування системи землеволодіння і землекористування [4]. На основі нових розробок з кібернетики показано, що вирішення будь-якої задачі синтезу управління зводиться в кінцевому підсумку до вирішення задачі математичного прогнозування виду (5). Число і вид функцій Q, G і H визначають різні типи задач ЛП і методи їх вирішення. Число  $k_3$  функції  $q_i/l=1, \dots, k_3$  визначав однокритеріальність при  $k_3=1$  або багатокритеріальність при  $k_3>1$  задачі. Тут розглядаються тільки однокритеріальні задачі (Q-скалярна функція). Якщо ж Q, G і H лінійні до V, то маємо задачу ЛП, яка в тих же позначеннях буде мати вигляд (6):

$$Q/V = \sum_{i=1}^q a_i u_i \rightarrow \min, V \in \Omega,$$

$$\text{де: } \Omega \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^q a_{ik} u_k = c_i, i=1, \dots, k_1=q \\ b_{jk} u_k > d_j, j=1, \dots, k_2; u_k > 0; k=1, \dots, q. \end{array} \right. \quad (6).$$

Параметри  $a_i, a_{ik}, b_{jk}, d_j$  і  $c_i$  визначаються факторами середовища  $x$  і об'єкта F.

Для розв'язання деяких екстремальних задач оптимізації використання земель можуть бути застосовані класичні методи математики. З допомогою цих методів можна розв'язувати наступні задачі: а) встановлення оптимального співвідношення сторін полів; б) визначення оптимального співвідношення між прифермською і польовою сівозінами; в) сумісне встановлення оптимальних розмірів землекористування сільськогосподарських підприємств та

населених пунктів тощо.

У найпростіших варіантах таких задач можна визначити максимум чи мінімум функції декількох змінних, з урахуванням додаткових умов, що зв'язують аргументи. Якщо попередньо виключити зайві аргументи (за числом зв'язаних умов), то такі задачі можна розв'язувати звичайним способом. Однак вигідніше такі задачі розв'язувати методом множників Лагранжа [3].

Методи лінійного програмування об'єднують ряд алгоритмів, з яких найчастіше використовуються алгоритми методу послідовного покращення плану (симплекс-метод) і розпрідільного методу. Він дозволяє шляхом послідовного поліпшення плану задачі наблизитись до оптимального і виявити найкращий з планів задачі. Він зручний ще й тому, що дозволяє розв'язувати систему рівнянь та нерівностей, що відображають умови задачі, наведених в різних одиницях виміру.

Метод динамічного програмування застосовується, головним чином, до таких задач, коли для оптимізації загального критерію системи потрібно багаторазово вибирати управління, причому система така, що в ній можна виділити окремі етапи, а рішення, прийняті на наступних етапах, не впливають на величину показника якості, досягнутого на попередніх. Динамічне програмування — хороший спосіб розв'язання задач, які характеризуються не дуже великим числом можливих управлінських рішень і описуються невеликим числом змінних. При цьому з успіхом можуть бути вирішені цим методом задачі тимчасового характеру (прийняті рішення на різні періоди, роки і т.і.), а також задачі, в яких можливе рівномірне або одночасне використання (застосування, витрати і т.і.) певних ресурсів (технологій, підприємств і т.і.) з різною, в результаті цього, ефективністю.

## ВИСНОВКИ

Система землекористування, для яких характерні функціональне різноманіття, властивості стійкості і динамічності, можуть бути успішно вивчені тільки на основі програмно-цільового методу, що реалізується в ефективному апараті системного аналізу з допомогою найновіших персональних комп'ютерів. Якщо ж врахувати ту обставину, що цим системам властива ще ієрархічність, що витікає із об'єктивних відношень підпорядкованості реальних територіальних систем — країна, республіка, область, адміністративний район і підприємство, а також виходячи з сучасної практики побудови структурної схеми органів управління, то подальший розвиток даного методу (просторова і часова декомпозиція системи) можливий лише на базі системного підходу і адаптивного прийняття рішень, який цілком може бути реалізований в процесі створення автоматизованої інформаційно-управляючої системи.

## Література:

1. Андрішшин М. В., Сохнич А.Я. Методологічні основи оптимізації охорони природи і землекористування. — Львів: Українські технології, 1998. — 116 с.
2. Гуцуляк Ю.Г. Досвід еколого-ландшафтного районування території в Україні та в гірських західних районах (верхній і регіональний рівні). Рекомендації землевпорядному виробництву. — Чернівці: Прут, 2008. — 128 с.
3. Коршунов Ю.М., Математические основы кибернетики. — М.: Наука, 1980. — 224 с.
4. Рекомендации по применению экономико-математических методов и моделей в землеустройстве. — М.: ГИЗР, 1981. — 38 с.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2009 р.