

2. **Beisch, Th. u. F. Eilermann** (1996): CIR-Luftbilder aus Hochbefliegungen zur Vorrats- und Zuwachsschätzung. Forstarchiv, 67. Jg., S. 3-7.

3. **Bitter, A.W. u. F. Eilermann**, 1998: Entscheidungshilfen für einen ökologisch begründeten Waldumbau. In: Untersuchungen von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage für einen ökologisch begründeten Waldumbau – Abschlußbericht des BMBF-Verbundprojekts "Erz", Tharandt, 10 S.

4. **Bitter, A.W.** (1998a): Nachhaltigkeitsgerechte Inventur und Planung im multifunktionalen Forstbetrieb. Forstw. Cbl, 117 Jg., S. 224-230.

5. **Bitter, A.W.** (1998b): Von der typenorientierten Kontrollstichprobe zur Budgetherleitung – ein Verfahrenskonzept. In: Tagungsbericht der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung, Kloster Banz/Bayern, S. 31-47.

6. **Bitter, A.W. u. M. Merrem** (1998a): Typenorientierte Kontrollstichprobe. Konzept und Verfahrensweise. Allgemeine Forstzeitschrift 52 (23), S. 1414-1417.

7. **Bitter, A.W. u. M. Merrem** (1998b): Bewertung der ökonomischen Auswirkungen naturschutzorientierter Waldbewirtschaftungsvarianten auf den Forstbetrieb. In: Umfang und Form einer nachhaltigen Landnutzung durch Land-, Forst- und Teichwirtschaft im Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft. Abschlußbericht an das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie, 18 S.

8. **Böckmann, Th., Spellmann, H. u. F. Hüsing** (1998): Neukonzeption und Weiterentwicklung der Forsteinrichtung in Niedersachsen. Forst und Holz, Nr. 10, S. 298-302.

9. **Brabänder, H.D.**, 1990: Inventurgestützte betriebliche Angebotsplanung. In: Villa, W.: Die Verflechtung von Betriebswirtschaft und Forsteinrichtungsplanung im Forstbetrieb; IUFRO S 4.04-02, S. 105-116.

10. **Dietze, D.** (1994): Untersuchungen zur permanenten Stichprobeninventur im Forstamt Tharandt. Diplomarbeit, TU Dresden.

11. **Dursky, J.** (1999): Zur Verwendung von Rasterstichproben für die Fortschreibung, Nutzungsplanung und Behandlungsverbesserung in einem Forstbetrieb. Forstw. Cbl. 118. Jg., S. 314-325.

12. **v. Gadow, K. u. V. Stüber**, 1994: Die Inventuren der Forsteinrichtung. Forst u. Holz 49. Jg., S. 129-131.

13. **v. Gadow, K. u. J. Puumalainen** (1998): Neue Herausforderungen für die Waldökosystemplanung. AFZ/Der Wald, Nr. 20, S. 1248-1250.

14. **Jacob, T.** (1994): Möglichkeiten der Auswertung von Kontrollstichprobeninventuren im Mehrschichtwald – aufgezeigt am Beispiel der Gräfling Bernstorff'schen Forstverwaltung in Gartow. Diplomarbeit, TU Dresden.

15. **Kätsch, C.** (1998): Starkholzinventur mit Hilfe von Luftbildern. Forst und Holz, 53. Jg., S. 227-231.

16. **Möhring, B.** (1994): Über ökonomische Kalküle für forstliche Nutzungsentscheidungen: Ein Beitrag zur Förderung des entscheidungsorientierten Ansatzes der forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Schriften zur Forstökonomie, Band 7. Frankfurt am Main: Sauerländer, 217 S.

17. **Schnell, C. u. A.W. Bitter** (1997): Erfassung und Bewertung der Infrastrukturleistungen des Waldes als Planungsgrundlage. Forschungsbericht an das Sächsische Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten. Tharandt.

УДК 681.3

Аспір. С. Катренко* – НУ "Львівська політехніка"

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Розкрито зміст поняття керованої динамічної системи (КДС), подані основні методи аналізу цих систем, вказано сфери застосувань КДС. Також запропоновано використовувати імітаційне моделювання для виявлення залежності між вирубок лісу та паводками у Карпатах.

Ключові слова: еколого-економічна система, імітаційне моделювання.

* Наук. керівник Н.І. Андрейчук, д-р еког. наук, канд. філолог. наук, доцент – НУ "Львівська Політехніка"

Post-Graduate S. Katrenko – Lviv NU "Lvivs'ka politechnika"

Imitation modeling of ecological-economic systems

This article covers issues of the ecological-economic systems management, including main analysis methods and application fields. It is also proposed to use the imitation modeling in order to discover and describe relations between cutting down of wood and floods.

Keywords: ecological-economic system, imitation modeling.

Вступ

Протягом останніх років у природокористуванні поряд з економічними все більше важать екологічні критерії. Найперше це зумовлене погіршенням стану навколишнього середовища, адже антропогенний чинник має зазвичай негативне значення. Саме тому проблема управління еколого-економічними системами є надзвичайно актуальною.

Під час аналізу використання природних ресурсів важливими є такі цілі: вивчення динаміки природного середовища (збір і систематизація спостережень за процесами, які відбуваються у природному середовищі; побудова динамічних моделей природних процесів; моделювання еколого-економічних систем території), використання природних ресурсів території (моніторинг природних ресурсів; розробка технологій споживання ресурсів), контроль за станом природного середовища (діагноз стану природного середовища, прогнози зміни стану).

Поняття керованої динамічної системи та методи її аналізу

Динамічна система, якою керують, є системою, стан якої змінюється в часі та на яку впливають як зовнішні, так і внутрішні чинники. Математичну модель такої системи можна представити таким чином:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + (\Delta t) f_i(x(t), u(t), \xi(t)), \quad (1)$$

$$x(0) = x_0, \quad t = 0, \quad \Delta t, \dots, T - \Delta t, \quad (2)$$

де $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$ – вектор стану, складовими якого є значення показників, що характеризують стан системи у момент часу t . Вектори $u(t) = (u_1(t), \dots, u_m(t))$ та відповідно, $\xi(t) = (\xi_1(t), \dots, \xi_p(t))$ є векторами керованого та нецілеспрямованого впливу. Модель керованої динамічної системи можна відобразити таким чином [5]:

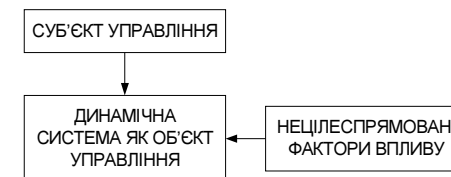


Рис. 1. Керована динамічна система

Концептуальна модель системи управління містить такі обов'язкові блоки: очікувані результати управління, концептуальна модель керованої системи, динамічна модель навколишнього середовища та інформаційно-вимірювальна система моніторингу показників стану природного комплексу.

Отримані прогностичні оцінки порівнюються з реальними показниками, на основі чого вносяться корективи в існуючу модель. Загальна структура інформаційної технології управління продемонстрована на рис. 2 [4]:

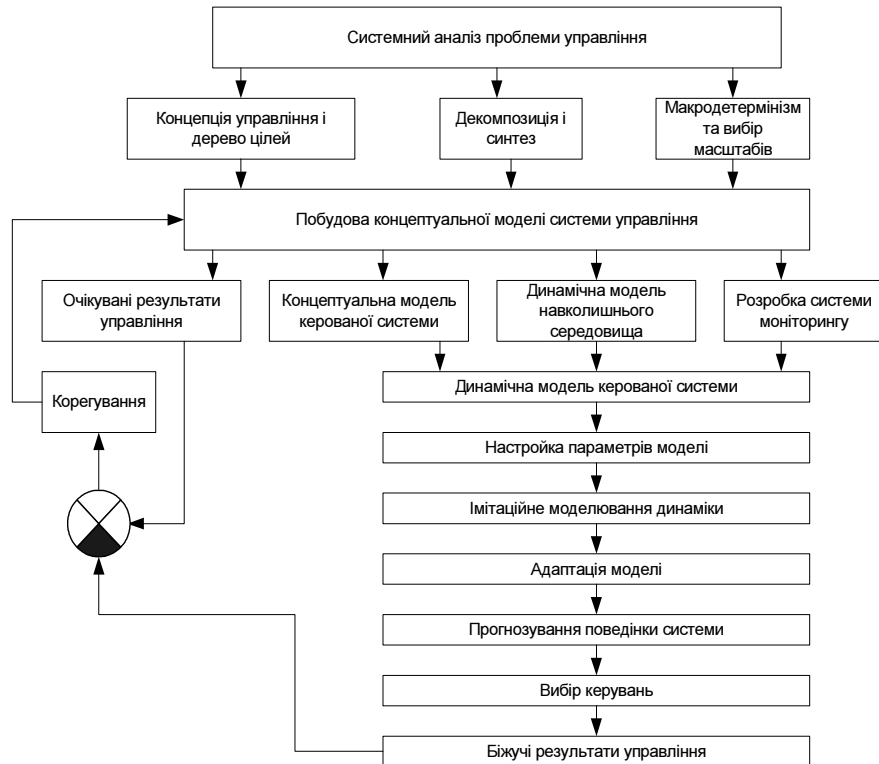


Рис. 2. Загальна структура інформаційної технології керування

Розрізняють дві основні групи методів дослідження КДС: аналітичні та методи імітаційного моделювання. Характерною особливістю методів першої групи є те, що їх варто використовувати у випадках, коли значення вектора неконтрольованих змінних $\xi(t)$ та значення вектора керованого впливу $u(t)$ відомі для всіх t . Таким чином, використання аналітичних методів можливе тільки у найпростіших випадках. Методи імітаційного моделювання дають змогу описати ситуацію за невизначених умов. Тобто, у цьому випадку, значення вектора керованого впливу $u(t)$ вибираються певним чином для $t=1,2,\dots,T$, а неконтрольовані змінні отримують значення для $t=1,2,\dots,T$ довільним чином. Прикладом застосування імітаційного моделювання є побудова динамічної моделі екосистеми Азовського моря [4].

У загальній схемі імітаційного моделювання розрізняють такі етапи:

1. Визначення мети та задач імітаційного моделювання.

2. Аналіз динамічної системи, якою керують та побудова її концептуальної моделі.
3. Побудова і структуризація імітаційної моделі.
4. Програмна реалізація імітаційної моделі.
5. Аналіз і коригування імітаційної моделі.
6. Планування і проведення імітаційних експериментів.
7. Опрацювання та аналіз результатів імітації.
8. Впровадження та супровід результатів імітації.

Задача виявлення залежності між вирубуванням лісу поблизу гірської ріки та наслідками паводків. Прогнозування можливої вирубки лісу на таких ділянках

Імітаційне моделювання варто використовувати при побудові різноманітних моделей. Пропонується підхід для прогнозування в області лісокористування. Модель лісу можна розглядати як приклад імітаційного моделювання. Проблемою є визначення балансу між заготівлею лісу, природним його відтворенням та паводками в гірських регіонах. В останні роки кількість таких паводків в Україні значно збільшилася, і побутують різні точки зору щодо ролі розташування лісу поблизу річок, серед них "знищення лісів неминуче призводить до збільшення руйнівних селей, повеней та інших катастроф" [2]. На рівень води у гірській річці впливає багато факторів. Однак беззаперечним фактом є те, що крони та корені дерева втримувати певну кількість опадів (за даними у [2], стиглі ялинники у Прикарпатті (1094 мм опадів на рік) затримують 36,9 %, а під їхній намет потрапляє 63,1 % опадів). Якщо ж розглядати велику кількість насаджень, то в такому випадку діє синергетичний ефект, тобто кількість вологи, яку здатні втримувати усі дерева певної ділянки є більшою, ніж добуток кількості вологи, яку втримує одне дерево на кількість дерев цієї ділянки. Необхідно також враховувати, що дерева мають обмежену водорегулюючу функцію [1, 3], тому задачею є виявлення причинно-наслідкового зв'язку між вирубкою дерев та рівнем води у гірській річці під час опадів, а саме мінімізація шкідливого впливу лісосік під час повеней. Тобто ця задача є тільки частиною того комплексу заходів, які необхідно застосовувати за умов великої кількості опадів (до інших належить будівництво дамб тощо).

Водночас, важливу функцію виконують і приполонні ліси, вирубування яких спричиняє зосередження на цих ділянках снігу, який, танучи, є ще однією причиною паводків.

Досліджуючи вплив вирубок на рівень води у ріці необхідно враховувати тип лісу (різні дерева здатні втримувати різну кількість опадів [2]), вік дерев, приріст деревини. Таким чином, для розв'язання задачі важливі біологічні, геологічні та інші показники. Оскільки неможливо врахувати всі фактори, доцільно виділити найголовніші.

Створювати модель системи варто для кожної ділянки зокрема. Адже, залежно від ландшафту, дія одних чинників може підсилюватися, в той час

коли інші можуть бути менш значимі. Розглянемо ситуацію, коли вирубують ліс, розташований поблизу ріки.

На об'єм води у річці впливають і природні, і антропогенні фактори. До перших належать: опади (O), притік води (PV), випаровування (V), стік (S); до антропогенних – вирубка лісу (VL) та споживання води (SW) (рис. 3).



Рис. 3. Концептуальна модель системи

Процеси формування річкового стоку, опади мають випадковий характер, тому, використовуючи часові ряди спостережень, можна знайти розв'язок задачі прогнозування за допомогою стохастичного або детермінованого підходів. Дані спостережень випаровування води є відсутніми. Проте, на об'єм води, яка випаровується, впливають різноманітні чинники (температура води, повітря тощо), і ці дані можна отримати шляхом вимірювання.

На відміну від згаданих вище чинників, величини споживання води та вирубки лісу є керованими змінними, тобто можуть задаватися з урахуванням області допустимих значень. Визначаючи ефект від вирубки лісу, необхідно зазначити, що саме в цьому показникові на підставі спостережень акумулюються дані стосовно насаджень і вирубок. Решта змінних – це некеровані змінні, себто їхні значення можна тільки реєструвати і вони не залежать від дослідника. Об'єм води у річці можна визначити, керуючись законом збереження [5]:

$$X^{t+\Delta t} = X^t + O^t + PV^t - V^t - S^t - VL^t - SW^t \quad (3)$$

Мета дослідження була стисло окреслена у попередніх абзацах. Зазвичай мета деталізується у вигляді множини задач. Далі необхідно сформулювати колектив дослідників різноманітного фаху – адже у даному випадку проблема є багатосторонньою і достовірна та ефективна модель системи може бути створена тільки завдяки зусиллям фахівців-лісівників, гідрологів, геологів та інших. Мета дослідження охоплює не тільки опис функціонування системи, але й прогноз функціонування при різноманітних впливах, і, що є чи не найважливішим, пошук найкращого варіанту функціонування. Себто, важливим є не тільки з'ясування впливу лісосік на збільшення води у гірських річках під час повеней, але й мінімізація цього, безумовно, шкідливого впливу. Адже саме цей фактор має антропогенний характер і є керованим (на відміну від кількості опадів або ж випаровування води). Остаточно така система була б корисною для визначення меж вибіркового вирубок (якщо вони необхідні), які б чинили щонайменший згубний вплив на підвищення води у річках під час опадів.

Література

1. Носарєва Л. Ліс – категорія еколого-економічна. "Дзеркало тижня", № 36, 15.09.2001.
2. Ситник К. Знищення лісів та екологічні катастрофи. "Дзеркало тижня", № 42, 28.10.2000.
3. Стойко С. Паводки в Закарпатті та доля гірських лісів. "Дзеркало тижня", № 14, 7.04.2001.
4. Тимченко І.Е., Игумнова Е.М., Прималенный А.А. Управление эколого-экономическими системами. – Севастополь: 1999.
5. Угольницкий Г.А. Управление эколого-экономическими системами. – М.: Вузовская книга, 1999.

УДК 630*9

В.Р. Ковалышин – УкрДЛТУ

ЕКОЛОГІЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ ЛІСІВ УКРАЇНИ

Висвітлено перші кроки щодо запровадження в Україні нового інструменту лісової та екологічної політики – лісової сертифікації, дано аналіз можливості застосування сертифікації в лісовому господарстві.

V.R. Kovalyshyn – USUFWT

Ecological certification of forests of Ukraine

The first steps about using in Ukraine forest certification as a new tool of forest and ecological policy are introduced in this article. The analyze of possibility of applying of forest certification in forestry of Ukraine is given here too.

Минуло майже три роки з того часу як в Україні розпочато процес лісової сертифікації – нового інструменту ведення сталого лісового господарства. Тоді було сертифіковано ліси чотирьох державних лісгосподарських підприємств, а саме Тетерівського ДВДЛГ, Баранівського ДЛГ, Білокорівського ДЛГ та Ємільчинського ДЛГ. 3 травня 2001 року розпочато роботу над досягненням групової сертифікації даних підприємств. Тоді ж, через невідповідність сталого ведення лісового господарства та принципам і критеріям FSC, дію сертифіката було тимчасово припинено. Необхідно зазначити, що групова сертифікація, проведена у держлісгоспах, розроблена для дрібних лісовласників, що не відповідає реаліям лісових відносин в Україні. Однак, аргументами на користь групової сертифікації стали:

- можливість тісної співпраці між підприємствами, котрі сертифікуються, в тому числі обмін досвідом;
- формування єдиних підходів щодо ведення лісового господарства відповідно принципам і критеріям FSC;
- значне зменшення витрат на проведення сертифікації порівняно з індивідуальною сертифікацією.

Таким чином з метою досягнення групової сертифікації та підтримання сертифікованого статусу було, невдовзі, сформоване добровільне об'єднання, куди увійшли чотири державні лісгосподарські підприємства та іноземна фірма-партнер. У рамках цього об'єднання підприємства взяли на себе зобо-