

6. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх. – М. : Изд-во "Мир", 1984. – 318 с.

7. Проников А.С. Надежность машин / А.С. Проников. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1978. – 592 с.

Мовчан И.А., Гулида Э.Н. Выбор модели определения пожарного риска для хозяйственных объектов

На основании анализа основных положений теории надежности и метода статистического моделирования показателей надежности были получены математические модели для определения пожарного риска для различных хозяйственных объектов города. Разработаны методологии обоснованного выбора для соответствующих объектов экспоненциального закона распределения, распределения Вейбулла и нормального (закона Гаусса). Это позволяет значительно повысить качество прогноза при выполнении действий, связанных с оптимизацией и управления пожарными рисками города, использованием критериев, учитывающих прямые убытки от пожаров и расходы на снаряжение противопожарной защиты объектов.

Ключевые слова: пожарный риск, модель пожарного риска, метод статистического моделирования, экспоненциальное распределение, распределение Вейбулла, нормальное распределение.

Movchan I.O., Hulida Ye.M. The choice of a fire risk determining model for management facilities

Based on the analysis of the main provisions of reliability theory and method of statistical modeling of reliability indices were derived mathematical models for determining the fire risk for a variety of enterprises of the city. Developed techniques informed choice for corresponding objects exponential law distribution, Weibull distribution and normal (Gauss law). This can significantly improve the quality of prediction when performing actions associated with the optimization and management of fire risk map, using criteria that take into account direct losses from fires and the cost of fire protection equipment objects.

Keywords: fire risk, fire risk model, the method of statistical modeling, exponential distribution, Weibull distribution, the normal distribution.

УДК 502.3 *Доц. М.В. Одрехівський, д-р екон. наук – Дрогобицький ДПУ ім. Івана Франка; ст. викл. Л.Є. Угрин – НУ "Львівська політехніка"*

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНІВ ЕКОСИСТЕМ

Розкрито особливості екосистем. Здійснено оцінку показників впливу на навколишнє природне середовище. Розглянуто механізми, які визначають динамічні властивості процесів, що відбуваються у певному середовищі. Досліджено можливість створення математичної моделі для оцінки станів екологічної безпеки території та її подальше використання для прогнозування станів екосистем за допомогою інформаційних систем.

Ключові слова: екосистема, моделювання процесів, теорія марківських ланцюгів, диференціальні рівняння Колмогорова.

Постановка проблеми. Оптимальне керування станами екосистем вимагає використання сучасних технологій при їх дослідженні, які б базувались на застосуванні інтелектуальних інформаційних систем. Розроблення відповідного інформаційного апарату про стани природного середовища потребує сталий розвиток регіону, як цілісна соціо-еколого-економічна система. Однак прогнозування повинно базуватись на певних методах моделювання оцінки станів екосистем, що й стало проблемою цього дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми моделювання економічних процесів і систем різних рівнів досліджує багато вітчизняних та зарубіжних вчених. Особливий внесок у цей напрям наукових досліджень зробили: І.С. Благун, В.В. Вітлінський, В.М. Гейц, А.К. Прикарпатський, М.В. Одрехівський, М.І. Скрипниченко, Б.В. Гнеденко, І.М. Коваленко, А.В. Яцик, А.Б. Качинський, В.І. Мунтян. Та для дослідження екосистем потрібно застосовувати комплексний підхід до моделювання станів, щоб розробити таку методологію, яку можна було б використовувати для будь-яких екосистем, різних регіонів.

Постановка завдання. Вибір математичного апарату має особливе значення у створенні моделі і особливо у моделюванні станів екосистем, що впливає на інформаційні процеси нагромадження знань і перетворення їх в інформаційні ресурси, з метою аналізу, оцінки та прогнозування. Математична модель стає основним інструментом дослідження складних екологічних систем, засобом отримання необхідної інформації про об'єкти дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів. Математичні моделі дадуть змогу здійснити оцінку екологічної безпеки території та прогнозувати стани екосистем за допомогою інформаційних систем.

Виклад основного матеріалу. Не вирішені екологічні проблеми становлять серйозну загрозу для сталого розвитку будь-якого регіону країни. Тому питання екологічної безпеки набувають пріоритетного значення. Створення систем екобезпеки разом із вдосконаленням соціально-економічної системи безпеки є новим елементом національної безпеки [2].

Екологічна безпека, як одна з найважливіших складових економічної безпеки території, забезпечує створення населенню країни найбільш сприятливих умов щодо існування та плідного життя. Тому, під час розроблення стратегії забезпечення економічної безпеки в сенсі екологічної складової доцільно керуватися такими принципами [1]:

- пріоритет екології над економікою;
- первинність екологічних критеріїв, показників і вимог (тобто при оцінці та виборі варіантів господарських, техніко-економічних й організаційних рішень, перевагу треба надавати тим, які є кращими не лише за економічними, а насамперед за екологічними критеріями і показниками);
- оптимальне поєднання галузевого та територіального управління природоохоронними та охороною довкілля, переміщення центру ваги і відповідальності за вирішення ресурсо-екологічних проблем на місцеві органи влади й управління, при збереженні за центром функцій контролю за неодмінним дотриманням суб'єктами господарювання екологічних обмежень, нормативів і стандартів;
- жорсткий контроль за дотриманням вимог екологічного законодавства, раціонального використання ринкових і державних економічних інструментів, адміністративних важелів регулювання екологічних відносин, систем і методів природоохорони та природоохорони;
- інтеграція екологічного й економічного підходів до розвитку й розміщення продуктивних сил держави в єдиний еколого-економічний підхід за допомогою прогнозування, планування, проектування й будівництва народногосподарських об'єктів з розробленням і використанням інтегральних еколого-економічних критеріїв, показників, нормативів і стандартів.

Сталий розвиток екосистем – це насамперед збереження і раціональне використання природних ресурсів. Екологічний чинник сьогодні усвідомлюється як одна з найважливіших умов життєдіяльності не лише виробничих систем різного призначення, але й суспільства загалом. Саме тому екологічну складову потрібно розглядати як одну з визначальних при вирішенні проблем досягнення сталого розвитку та прийняттого рівня економічної безпеки, як окремих суб'єктів господарювання, так і окремих регіонів і держави загалом. Цю проблему загалом можна охарактеризувати різноманітністю форм вияву екологічного впливу, складом й інтенсивністю впливів на навколишнє природне середовище, характером соціальних, економічних, фізіологічних та інших наслідків. Для кількісної оцінки цих наслідків використовується велика кількість показників, обчислюваних як у натуральній, так і у вартісній формі. Кожний з показників висвітлює, як правило, окремі прояви глобального екологічного впливу на навколишнє природне середовище та реципієнтів: інтенсивність і обсяги викидів тих чи інших інгредієнтів різними джерелами в атмосферу та водоймища, рівні захворюваності, які можуть бути зумовлені впливом на індивідуумів тих чи інших забруднювачів, соціально-економічні наслідки демографічного змісту, економічні наслідки для окремих джерел забруднення тощо. Інакше кажучи, більшість застосовуваних показників лише частково характеризує відповідні впливи і не є придатними для комплексної оцінки рішень, спрямованих на радикальне поліпшення екологічного стану навколишнього природного середовища, практична реалізація яких відбувається в умовах дії багатьох обмежень, включаючи ресурсні.

Одна з основних задач керування станами зводиться до вивчення механізмів, які визначають динамічні властивості процесів, що відбуваються у певному середовищі. Тому, існує необхідність у розробленні спеціальних методів, які дали б змогу вивчати динамічні властивості природних об'єктів, не піддаючи їх руйнуванню. Звичайно, найкраще цю вимогу може задовольнити метод математичного моделювання. Відомо, що усяке пізнання, зокрема і наукове, починається з простого споглядання, у процесі якого накопичується емпірична інформація про об'єкт досліджень, але це дає змогу описати лише зовнішні прояви феномену, не проникаючи глибоко в сутність речей, тобто не завжди можна зрозуміти і пізнати закономірності прихованих внутрішніх процесів. І саме математична модель є основним інструментом дослідження складних систем, засобом отримання необхідної інформації про об'єкти дослідження.

На відміну від інших форм життя, людині підвладне усвідомлене відчуття плину часу, вона здатна не тільки пам'ятати про минулі події, але й планувати віддалені наслідки своєї діяльності на підставі поточного стану системи та на основі прогнозування ходу подій у майбутньому. Однією з головних задач екологічного моделювання є прогнозування розвитку того чи іншого екологічного процесу з метою оптимізації діяльності людини щодо забезпечення мінімального ступеня її негативного впливу на екологічне середовище.

Основною задачею аналізу станів природного середовища варто вважати дослідження найрізноманітніших сторін впливів шкідливих факторів, передусім антропогенних, на елементи біосфери, глибокий аналіз ефектів цих

впливів, з метою виявлення найважливіших, пріоритетних його сторін для оптимізації взаємодії живих систем із навколишнім середовищем, та керування станами цього середовища. Оптимальне керування станами природного середовища вимагає використання сучасних технологій, які базувалися б на застосуванні інтелектуальних систем. Це дало б змогу досліджувати такі комплекси проблем [1, 2]:

- шляхи міграції шкідливих для живих систем речовин у екосистемах;
- розподіл цих речовин в природному середовищі;
- їх концентрацію в тому чи іншому елементі біосфери, у біогеоценозі загалом, її динаміку;
- дію на живі системи підвищеного вмісту шкідливих речовин у навколишньому середовищі, реакцію цих систем;
- оптимальних шляхів усунення або нейтралізації дії шкідливих чинників.

За допомогою моделювання одержують можливість оцінювання потенційних наслідків застосування різних стратегій оперативного керування, впливу на екосистему [1].

Рекреаційні ресурси регіонів можна ефективно використовувати за умови розроблення, впровадження та використання сучасних інформаційних технологій у дослідженні станів екосистем. У дослідженнях необхідна розроблення обґрунтованої довготермінової стратегії дій з урахуванням усієї складності екологічних та соціальних факторів. Під час всестороннього аналізу станів природного середовища варто зважати на вплив шкідливих факторів, зокрема і антропогенних, на елементи біосфери. Для оптимізації взаємодії живих систем із навколишнім середовищем та керування станами цього середовища проводять глибокий аналіз ефектів цих впливів. А для кількісного вивчення цих процесів і створення інформаційних систем використовують методи математичного моделювання, які дають змогу представити перенос і перетворення шкідливих речовин у природних середовищах. Змінними таких моделей є величини, що ідентифікують вміст в елементах біосфери різних речовин, які циркулюють у природі. У кожній з цих моделей розглядається сумісна динаміка цілого комплексу речовин у природних середовищах або різних фаз (твердої, рідинної, газоподібної) однієї і тієї ж речовини. У сучасних моделях змінні переважно дезагрегуються по простору, тобто розглядають вміст цієї речовини в окремому елементі біосфери, а не в біогеоценозі чи в біосфері загалом.

Таким чином, зупинимось на питаннях моделювання процесів поширення та перетворення речовин у природних середовищах. Оскільки шкідливі речовини постійно мігрують, важливим є дослідження динаміки станів екосистем та концентрації шкідливих речовин [3, 4]. Досліджувані величини набувають переважно трьох індексів: i_1 – для позначення області простору (біогеоценозу); i_2 – геофізичного середовища (елементу біосфери); i_3 – речовини. Вираз $Q_{i_1 i_2 i_3}$ – означає вміст речовини – i_3 , у географічному середовищі –

i_2 , області простору – i_1 . Такі індекси називають мультиіндексами та позначають однією буквою $i = (i_1 i_2 i_3)$, а множину фігуруючих у моделі мультиіндексів – через Ω [4]. Використання мультиіндексу дає змогу одночасно

визначити область простору, тип географічного середовища та назву речовини, процес переносу та перетворення якої нас цікавить. Якщо простір розбито на N областей, і розглядається перенос і перетворення в L географічних середовищах M речовин, тобто:

$$1 \leq i_1 \leq N; 1 \leq i_2 \leq L; 1 \leq i_3 \leq M.$$

Далі, нехай Q_i – речовини i_3 у географічному середовищі i_2 області простору i_1 у момент часу t . Позначимо через $k_{i,j}(\tau)$ частку цієї маси речовини, яка через час τ опиниться в геофізичному середовищі j_2 області j_1 простору, потерпівши в процесі переносу перетворення в речовину j_3 . Оскільки маса в процесі переносу та перетворення речовини не виникає і не зникає, то:

$$\sum_{j \in \Omega} k_{i,j} = \sum_{j_1=1}^N \sum_{j_2=1}^L \sum_{j_3=1}^M k_{i_1 i_2 i_3, j_1 j_2 j_3} = 1. \quad (1)$$

Спостереження за балансом речовин по кожному мультиіндексу i приводять до співвідношення, що визначає динаміку поширення досліджуванних речовин у різних географічних середовищах:

$${}^{t+\tau}Q = \sum_{j \in \Omega} {}^tQ_j k_{j,i}(\tau), \quad i \in \Omega \quad (2)$$

Стан tQ у момент часу t_r зв'язаний з станом ${}^{t_{r-1}}Q$ у момент часу t_{r-1} співвідношенням:

$${}^tQ = {}^{t_{r-1}}Q K; \quad (3)$$

де K – лінійний оператор, який характеризує процес поширення та перетворення речовин у природних середовищах за час τ , та володіє певними властивостями.

Якщо до початкового стану 0Q n раз послідовно використати оператор K , то отримаємо:

$${}^nQ = {}^{n-1}Q K. \quad (4)$$

Такі процеси можна вивчати з допомогою теорії марківських ланцюгів, основним результатом яких є: для будь-якого 0Q послідовність подій визначається: ${}^rQ = {}^{r-1}Q K$ і прямує до деякого *Q так, що $\lim {}^rQ(i) = {}^*Q(i)$ для будь-якого $i \in \Omega$ [1].

Стани екосистем представляються ієрархічною структурою у вигляді графів з вершинами, що ідентифікують ці стани: S1 – "добрий"; S2 – "задовільний"; S3 – "незадовільний"; S4 – "поганий", які визначаються концентрацією Q_i шкідливої для довкілля речовини i_3 , географічного елемента біосфери i_2 , екологічного простору i_1 . Концентрацію шкідливих речовин геофізичних середовищ описують станами: S1 – "норма"; S2 – "нижче норми"; S3 – "вище норми"; S4 – "істотно вище норми".

Коефіцієнтами $k_{i,j}(t)$ виступають імовірності переходів $P_{i,j}(t)$, відповідної матриці переходів $P_{i,j}(t)$, інтенсивності переходів $\lambda_{i,j}(t)$, матриці інтенсивностей переходів $\Lambda_{i,j}(t)$ екосистем, або концентрації шкідливих речовин із стану i в стан j .

Формалізацію зазначених графів проводять за допомогою систем диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = -\lambda_{1,2} P_1 + \lambda_{1,2} P_2 \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda_{1,2} P_1 - (\lambda_{2,1} + \lambda_{2,3}) P_2 + \lambda_{3,2} P_3 \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda_{2,3} P_2 - (\lambda_{3,2} + \lambda_{3,4}) P_3 + \lambda_{4,3} P_4 \\ \frac{dP_4}{dt} = -\lambda_{3,4} P_3 + \lambda_{4,3} P_4 \end{cases} \quad (5)$$

де $\lambda_{i,j}$ – інтенсивності переходів екосистем або концентрації шкідливих речовин із стану S_i в стан S_j , $i, j = 1, 2, 3, 4$; $i \neq j$; P_i – імовірність знаходження екосистем або концентрації шкідливих речовин у стані S_i , де $i = 1, 2, 3, 4$.

При $t \rightarrow \infty$ та dP/dt система диференціальних рівнянь(5) перетворюється в систему алгебраїчних рівнянь, матрична форма запису якої має такий вигляд:

$$\Lambda P = 0, \quad (6)$$

де: Λ – матриця інтенсивностей переходів із стану в стан; P – матриця ймовірностей станів.

Значення інтенсивностей переходів із стану в стан для кожного елемента ієрархічної структури представляють собою статистичну інформацію, яку можна отримувати внаслідок функціонування досліджуваної системи. Для оцінки та прогнозування станів цих екосистем і їх елементів, інформацію доцільно збирати в різні проміжки часу функціонування системи. Здійснювати дослідження станів концентрації шкідливих речовин та станів екосистем у динамічному та стаціонарному режимах, що дає змогу прогнозувати ці стани, можна, розв'язуючи систему диференціальних рівнянь(5) та алгебраїчних рівнянь (6) за допомогою інформаційних технологій.

У процесі дослідження динаміки станів ієрархічних структур та їх елементів за допомогою інформаційних технологій числовий розв'язок систем диференціальних рівнянь (5) пропонується здійснювати за допомогою чисельного методу Рунге – Кутта четвертого порядку, запис якого в загальній формі має вигляд (7):

$$\begin{aligned} y_{k+1} &= y_k + \frac{1}{6}(K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4) \\ K_1 &= f(x_k, y_k)\Delta x \\ K_2 &= f(x_k + \Delta x / 2, y_k + K_1 / 2)\Delta x \\ K_3 &= f(x_k + \Delta x / 2, y_k + K_2 / 2)\Delta x \\ K_4 &= f(x_k + \Delta x, y_k + K_3)\Delta x \end{aligned} \quad (7)$$

Алгоритми розв'язку систем диференціальних та алгебраїчних рівнянь можуть бути покладені в основу математичного забезпечення інформаційної системи дослідження станів екосистем.

Висновок. Таким чином, дослідження станів екосистем може здійснюватися на основі математичних моделей, реалізованих за допомогою інформаційних систем. Чисельне розв'язування системи рівнянь (5) дає змогу досліджувати динаміку станів екосистем та ставити відповідні прогнози. Система моделювання станів екосистем використовується, з одного боку, для прогнозування станів екосистем за наявності в банку даних початкових умов, а з іншого боку, для прогнозування шляхом порівняння з еталонними даними прогнозу, що містяться в банку даних і які отримані також шляхом реалізації математичних моделей при заданих початкових умовах. Для повного дослідження станів екосистем необхідно використовувати сучасне інформаційне забезпечення.

Література

1. Богобожий В.В. Принципи моделювання та прогнозування в екології / В.В. Богобожий, К.Р. Чурбанов, П.Б. Палій, В.М. Шмандій. – К., 2004. – 215 с.
2. Мунтян В.І. Економічна безпека України / В.І. Мунтян. – К., 1999. – 462 с.
3. Одрехівський М.В. Оцінка ефективності валеологічних інновацій / М.В. Одрехівський, О.О. Одрехівська // Валеологія: сучасний стан, напрямки та перспективи розвитку : матеріал. Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків. – 2003. – Т. 3. – С. 17-20.
4. Одрехівський Н.В. Оценка и прогнозирование состояния экологической безопасности территории / Н.В. Одрехівський, Л.С. Угрин. – Дрогобыч, 2006. – 236 с.

Одрехівський Н.В., Угрин Л.Е. Математическое моделирование процесса оценки и информационное прогнозирование состояний экосистем

Раскрыты особенности экосистем. Осуществлена оценка показателей влияния на окружающую среду. Рассмотрены механизмы, которые определяют динамические свойства процессов, происходящих в определенной среде. Исследована возможность создания математической модели для оценки состояний экологической безопасности территории, и ее дальнейшее использование для прогнозирования состояний экосистем с помощью информационных систем.

Ключевые слова: экосистема, моделирование процессов, теория марковских цепей, дифференциальные уравнения Колмогорова.

Odrekhivsky N.V., Uhryn L.Ye. Mathematical modelling process, assessment and information forecasting states ecosystems

Researched the peculiarities of ecosystems. Made assess of the parameters impact on the environment. Considered the mechanisms which determine dynamic properties of processes in an environment. Researched the opportunity to create a mathematical model to estimate the environmental safety of the territory and its subsequent use to predict states ecosystems using information systems.

Keywords: ecosystem modelling, the theory of Markov chains, Kolmogorov differential equations.

УДК 330.46:658.2 Доц. Ю.А. Стадник, канд. екон. наук; ст. викл. О.В. Жумік, канд. фіз.-мат. наук – Львівська державна фінансова академія

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПОРТФЕЛЮ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ

Розглянуто багатокритеріальну задачу оптимізації формування портфеля інвестиційних проєктів, критеріями якої є значення таких показників інвестиційних проєктів, як чиста теперішня вартість, внутрішня норма доходності, період окупності інвестицій. Наведено приклад реалізації моделі розглянутої задачі.

Ключові слова: багатокритеріальна задача оптимізації формування портфеля інвестиційних проєктів, чиста теперішня вартість, внутрішня норма доходності.

Постановка проблеми та її актуальність. Формування ефективної інвестиційної політики, грамотне управління інвестиційною діяльністю підприємства є особливо актуальним в умовах трансформаційної економіки, оскільки саме інвестиції виступають одним із найважливіших засобів для її стабілізації та є надійним механізмом соціально-економічних перетворень, що призводять до підвищення якісних показників господарської діяльності.

Під час розроблення та реалізації інвестиційної політики підприємства визначають пріоритетні напрямки інвестиційної діяльності та встановлюють оптимальний з певної точки зору розподіл ресурсів між ними, тобто здійснюють формування оптимального портфеля інвестиційних проєктів. Основною метою формування інвестиційного портфеля є забезпечення реалізації розробленої інвестиційної політики підприємства шляхом підбору найбільш ефективних і надійних інвестиційних вкладень, якими можуть бути інструменти фінансового ринку, нерухомість, депозити тощо. У процесі формування інвестиційного портфеля основними завданнями інвестора є визначення інвестиційних характеристик варіантів вкладення та пропорцій розподілу коштів між ними за різними критеріями економічної ефективності відповідно до основних цілей інвестиційної політики та об'єктивних інвестиційних обмежень. Для вирішення цих завдань широко застосовують економіко-математичні методи та моделі, зокрема: оптимізацію критеріальних показників ефективності проєктів, модель чутливості реагування, модель арбітражної оцінки, регресійні та імітаційні моделі оцінки ефективності інвестицій та інші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженні завдань оптимізації інвестиційної діяльності підприємств із застосуванням економіко-математичного інструментарію вагомим є внесок як вітчизняних (А.А. Алексєєв, В.В. Вітлінський, В.В. Гнатушенко, Н.І. Костіна, А.В. Мертенс, О.С. Олексюк, О.І. Ястремський та інші), так і зарубіжних (С.В. Валдайцев, Дж. Ван Хорн, М.В. Грачова, В.В. Ковальов та інші) вчених. Основну увагу в опублікованих за цією проблемою роботах приділено питанням аналізу фінансових інвестицій, а питання формування оптимального портфеля реальних інвестицій на основі поєднання принципів багатокритеріальності відбору проєктів та врахування об'єктивних обмежень інвестиційної діяльності підприємства є недостатньо вивченими як у науковому, так і в організаційно-практичному аспекті, а тому й надалі залишаються актуальними для подальших досліджень.

У цій роботі зосередимося на розгляді процесу багатокритеріальної оптимізації портфеля інвестиційних проєктів відповідно до основних цілей інвестиційної політики підприємства.

Мета і завдання статті. Метою цього дослідження є постановка та реалізація багатокритеріальної задачі оптимізації формування інвестором портфеля реальних інвестицій в умовах становлення ринкової економіки. У роботі вирішуємо завдання формалізації проблеми формування портфеля інвестиційних проєктів у вигляді багатокритеріальної оптимізаційної задачі та її реалізації зі застосуванням методики багатокритеріальної оптимізації.