



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ”  
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту



**МАТЕРІАЛИ  
VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА  
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ  
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА**

**(ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ)**

**Київ  
2014**

Енергетика. Екологія. Людина. Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ. – Київ: НТУУ «КПІ», ІЕЕ, 2014. – 483 с.

У збірнику представлено статті молодих фахівців з питань перспективних розробок та нових рішень в енергетиці сталого розвитку на VI Міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина».

До збірника включено статті за такими напрямками: сталий розвиток енергетики; енергоефективні екобезпечні технології та обладнання; автоматизація управління електротехнічними комплексами; електромеханічне обладнання енергоємних виробництв; теплотехніка та енергозбереження; геобудівництво та гірничі технології; охорона праці, промислової та цивільної безпеки; інженерна екологія, а також особливості функціонування паливно-енергетичного комплексу України з урахуванням природоохоронних вимог. Викладено методи аналізу системи електропостачання, дано оцінку рівнів енергозабезпеченості та енергоефективності з урахуванням екологічного фактора та впливу галузі на людину.

*Друкується за рішенням Вченої Ради Інституту Енергозбереження та Енергоменеджменту, протокол № від .05.2014р.*

#### **Організаційний комітет конференції:**

**Голова комітету:** Денисюк Сергій Петрович, д.т.н., професор, директор ІЕЕ;

**Заступник голови комітету:** Закладний Олександр Миколайович, к.т.н., доцент, заст. директора ІЕЕ;

**Члени комітету:** Кравець Віктор Георгійович, д.т.н., професор, зав. кафедри ГТіБ Дешко Валерій Іванович, д.т.н., професор, зав. кафедри ТЕ Шевчук Степан Прокопович, д.т.н., професор, зав. кафедри ЕМОЕВ Ткачук Костянтин Костянтинович, д.т.н., професор, зав. кафедри ІЕ Левченко Олег Григорович, д.т.н., професор, зав. кафедри ОПШЦБ Розен Віктор Петрович, к.т.н., професор, зав. кафедри АУЕК Лежнюк Петро Дем'янович, д.т.н., професор, зав. кафедри електричних станцій та систем, ВНТУ Каплун Віктор Володимирович, д.т.н., професор, зав. кафедри електроніки та електротехніки, проректор з наукової та інноваційної роботи, КНУТД Стасюк Олександр Іонович, д.т.н., професор, зав. кафедри Інформаційні системи і технології на залізничному транспорті, ДЕУТ Щокін Вадим Олегович, д.т.н., професор, зав. кафедри електропостачання та ресурсозбереження, КТУ Костюк Василь Осипович, к.т.н., с.н.с. відділу оптимізації розвитку паливних баз, ІЗЕ НАНУ;

**Відповідальний секретар Оборонів Тарас Юрійович**, інженер;

**Технічний секретар: Броницький Вадим Олегович**, аспірант

#### **Адреса організаційного комітету:**

Україна, Київ, 03056, вул. Борщагівська, 115, корпус № 22, ауд. 310

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Тел./факс: (044) 406 83 08, 456 96 89

[conference\\_eel@ukr.net](mailto:conference_eel@ukr.net)

УДК 514.18 Ю.Р. ХОЛКОВСЬКИЙ, к.т.н., О.Є. КОФАНОВ, студ.  
МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОПАРАМЕТРОВИХ ПРОЦЕСІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ  
СЕРЕДОВИЩІ ДЛЯ ОЦІНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

УДК 514.18 Ю.Р.ХОЛКОВСКИЙ, к.т.н., А.Е. КОФАНОВ, студ.  
МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ  
СРЕДЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ

UDC 514.18 Yu.R. KHOLKOVSKY, phd, A.E. KOFANOV, stud.  
MODELING MULTIPARAMETER PROCESSES IN ENVIRONMENT FOR ESTIMATION  
OF ANTHROPOGENIC INFLUENCE

**Анотація:** У роботі розглядаються оптимальні методи моделювання складних багатопараметричних процесів та екологічних систем у зв'язку з підвищенням вимог щодо якості кінцевих результатів задач прогнозування екологічної безпеки певного середовища та процесів і необхідністю оцінки антропогенного впливу.

**Ключові слова:** екологія, екологічні системи, інтерполяція, однопараметрична множина, дискретні функції, дискретні моделі.

**Аннотация:** В работе рассматриваются оптимальные методы моделирования сложных многопараметрических процессов и экологических систем в связи с повышением требований к конечным результатам задач прогнозирования экологической безопасности сред и процессов и необходимостью оценки антропогенного влияния.

**Ключевые слова:** экология, экологические системы, интерполяция, однопараметрическое множество, дискретные функции, дискретные модели.

**Annotation:** This paper considers the optimal methods of modeling complex multivariable processes and ecological systems due to increasing demands for the end results of forecasting problems of ecological safety of media and processes and the need to assess the anthropogenic impact.

**Keywords:** ecology, ecological systems, interpolation, one-parameter the set, discrete functions, discrete models.

Проблеми екології, оцінка антропогенного впливу багатьох екологічних процесів та середовищ є вельми актуальними у наше сьогодення. Суттєво підвищуються сучасні вимоги щодо якості кінцевих результатів задач прогнозування екологічної безпеки тощо. В той же час екологічні системи та процеси, що у них відбуваються, є багато параметричними, що значно ускладнює роботу з такими системами у вигляді створення їх математичних моделей та подальшої їх оптимізації. Розробка оптимальних методів та алгоритмів моделювання складних багатопараметричних екологічних систем та процесів є актуальною задачею.

Задачею екологічного моніторингу, як інформаційної системи спостережень, оцінювання й прогнозування змін у стані компонентів довкілля, є виділення антропогенної складової на фоні природних біосферних процесів. В умовах сучасної глобальної екологічної кризи, неконтрольованого впливу людини на навколишнє середовище робота з організації екологічного моніторингу набуває особливої значущості.

Природні екосистеми тісно взаємопов'язані одна з одною, тому моделювання, прогнозування й контроль стану компонентів довкілля є складним, багатопараметровим і стохастичним процесом.

У зв'язку з цим актуальність даної роботи полягає у створенні оптимальних математичних моделей екологічних середовищ та процесів, що дасть можливість розрахунків, подальшого прогнозування їх стану, оцінки антропогенного впливу.

Розробку вказаних математичних моделей пропонується здійснити на основі використання дискретно-інтерполяційного підходу щодо моделювання складних багатопараметричних екологічних процесів та систем, та створенні відповідної дискретно-інтерполяційної екологічної матриці, надалі екоматриці.

Як відомо, екологічні процеси, системи та середовища, як правило, відносяться до структур, що мають неоднорідну структуру і велику кількість параметрів, тому побудувати континуальну, тобто неперервну, математичну модель таких систем практично неможливо. Цілком зрозуміло, що такі моделі можуть мати дискретний характер. В той же час, створення математичної, а саме, геометричної моделі таких систем чи середовищ можливо на основі дискретно-інтерполяційного підходу.

Зазначимо, що у багатьох задачах геометричного моделювання систем та процесів виникає необхідність побудови однопараметричної множини різних об'єктів чи навіть процесів. Таким об'єктом може бути деяка поверхня, або гіперповерхня, як  $n$ -вимірний модель певного середовища, що задана аналітично чи дискретно. Необхідно підкреслити, що дискретний спосіб представлення інформації про об'єкт, чи систему, що моделюється, є одним з раціональних і найбільш універсальним. Наприклад, від континуальної моделі завжди можна перейти до дискретної.

Отже, виникає задача побудови однопараметричних множин певних математичних об'єктів, наприклад, у вигляді деяких дискретних масивів параметрів, що характеризують екологічне середовище, що вивчається й моделюється. Саме такі задачі виникають при прогнозуванні екологічної безпеки такого середовища, оцінці антропогенного впливу забруднення тощо.

Моделювання складних екологічних систем чи процесів, що не піддаються аналітичному опису, може бути здійснено на основі дискретно-інтерполяційного підходу з використанням дискретних чисельних масивів різних екологічних параметрів, що, і це особливо підкреслимо, мають різноякісну природу. Вказані дискретні масиви та побудовані на їх основі однопараметричні множини й є геометричними моделями екологічних систем та процесів. Зазначимо, що такі моделі оптимально підходять для подальшого проектування. Це пов'язано з подальшим розвитком та ускладненням систем та процесів із великим рівнем параметричності.

У роботі пропонуються певні інтерполяційні схеми створення однопараметричних множин вищезазначених дискретних масивів за допомогою інтерполяційних поліномів Лагранжа. На нашу думку, вибір таких поліномів, серед інших інтерполяційних поліномів є оптимальним і пов'язаний з тим, що рівномірність у розташуванні вузлів інтерполяції є не обов'язковою, а це дуже актуально й важливо та існує можливість представлення по кожній змінній своєї кількості вузлів інтерполяції тощо.

До оригінальності даної роботи віднесемо той факт, що під вузлами інтерполяції розуміються не точки, як у випадку класичної інтерполяції, а більш складні математичні об'єкти (масиви, матриці, тензори), або ж навіть певні процеси та системи, що представлені у вигляді деяких функціоналів, як сукупності їх властивостей та параметрів, що мають неоднорідну та різноякісну структуру. Саме у цьому, власне, й полягає нетрадиційність та підходу. Відповідно, надалі під схемою інтерполяції будемо розуміти схему розташування саме таких вузлів інтерполяції. Також треба відзначити, що запропонований підхід щодо моделювання екологічних систем, процесів та середовищ практично відсутній у літературі.

Такий підхід надає змогу включати в однопараметрову множину системи та процеси, що мають різну структуру і навіть різні властивості, що просто неможливо функціонально-аналітично поєднати у звичайній математичній моделі. Тому застосування такого підходу до моделювання складних екологічних систем, а також середовищ, що характеризуються великою кількістю різноякісних параметрів є перспективним.

Інтерполювання функцій, які можуть бути задані неявно або параметрично, зводиться до розміщення у вузлах інтерполяції рівнянь або дискретних масивів і отримання деякого

функціонала з вектором параметрів, що включає в себе інтерполяційний параметр, координатні змінні, параметри, що характеризують форму й положення об'єктів, параметричні характеристики процесів тощо.

Однопараметричні множини, отримані на основі даного підходу, є дискретними математичними моделями екологічних процесів, систем, та середовищ. Елементом таких множин є деяка дискретна функція, що у загальному випадку може бути представлена, як дискретний чисельний масив, розмірність якого може варіюватись. Це дає можливість отримати певний функціонал  $\Phi(\mathbf{p}_{i,j})$  з вектором параметрів, що, окрім координатних змінних та інтерполяційного параметру, включає в себе параметри, що характеризують стан, структуру, положення екологічних об'єктів та систем.

Нехай  $\mathbf{F}(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m)$  – багатопараметрична неявно задана функція. Сформуємо її у вигляді деякого функціонала  $\Phi(\mathbf{p}_{i,j})$ , що заданий матрицею  $\mathbf{M}[i, j]$ :

$$\mathbf{F}(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m) = \mathbf{M}[i, j],$$

де  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m$  – екологічні різноструктурові та різноякісні параметри (показники забруднення, рівень концентрації певних речовин, врахування природних особливостей середовищ тощо).

Отже  $\mathbf{M}[i, j]$  і є вузловою дискретно-інтерполяційною екологічною матрицею. Розглядаючи її у якості певного вузла інтерполяції, використаємо інтерполяційний поліном Лагранжа і в випадку одновимірної інтерполяції отримаємо  $\Phi(\mathbf{p}_{i,j})$  як

$$\Phi(p_{i,j}) = \sum_{i=0}^{n-1} M_i(i, j) \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{n-1} \frac{u - u_j}{u_i - u_j},$$

де  $u$  – параметр інтерполяції, наприклад, певний вектор спрямованості;  $n$  – кількість вузлів інтерполяції.

Вираз  $\Phi(\mathbf{p}_{i,j})$ , що являє собою узагальнену дискретно-інтерполяційну екоматрицю, є дискретною геометричною моделлю екологічної системи чи середовища.

При запропонованому підході важливим фактором є введення певного критерію інтерполяції, що пов'язано з таким фактом, що інтерполяційний поліном фактично є зрізаним рядом (як відомо, аналогом ряду Тейлора) у наслідок того, що він обмежений степенем  $n$ . Тому для збіжності відповідного аналога ряду Тейлора необхідно спадання абсолютної величини коефіцієнта при  $u$  з ростом степеня  $u$ .

Критерієм гарної апроксимації, особливо у випадку багатовимірної інтерполяції, є спадання абсолютних величин похідних по всім змінним із зростанням їх порядку.

У зв'язку з вищевикладеним виникають такі перспективні задачі щодо моделювання екологічної ситуації певного середовища:

1. Визначення рівня шкідливості: у часі й за напрямком.
2. Оптимальність розташування систем вимірювання екологічних параметрів та оцінки забруднення й антропогенного впливу.
3. Динамічне та довгострокове прогнозування забруднення навколишньої території.

Отже, запропонований підхід може бути найбільш ефективним при моделюванні екологічних об'єктів та середовищ з великою кількістю різноякісних параметрів, якщо йдеться про якісну та кількісну оцінку впливу екологічного забруднення на довкілля, а також оцінку антропогенного впливу.

**Висновки:** Таким чином, на основі запропонованого дискретно-інтерполяційного підходу ми отримуємо можливість будувати дискретні математичні моделі досить складних екологічних систем, процесів та середовищ, що характеризуються великою кількістю параметрів та властивостей. Ці параметри можуть мати не тільки різноманітну структуру, але й певну анізотропність властивостей у часі й просторі.