

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕКИ СКЛАДНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДИФІКОВАНОГО АЛГЕБРАЇЧНО-ЙМОВІРНІСНОГО МЕТОДУ

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, Київ

Анотація. У роботі описано модифікований алгебраїчно-ймовірнісний метод комплексного аналізу складних екологічних систем, що дозволяє проаналізувати зміну станів екосистем за певний період часу, простежити за показниками кількісного відхилення від стабільного функціонування.

Ключові слова: складна екологічна система, алгебраїчно-ймовірнісний метод, універсальна алгебра.

Аннотация. В работе описано модифицированный алгебраически-вероятностный метод комплексного анализа сложных экологических систем, позволяющий проанализировать изменение состояний экосистем в течение длительного времени, проследить за показателями количественного отклонения от стабильного функционирования.

Ключевые слова: сложная экологическая система, алгебраически-вероятностный метод, универсальная алгебра.

Abstract. The aim of this scientific research is the investigation of modified algebraic and probabilistic method of complex environmental systems analysis that permits to analyze the change of ecosystems conditions for a long period of time, to follow up indexes of quantitative deviation from the stable functioning.

Keywords: complex environmental system, algebraic and probabilistic method, abstract algebra.

1. Вступ

Стрімкий розвиток промисловості та господарської діяльності, поява високоіндустріального суспільства все більше загрожує безпечному існуванню людей. Як наслідок цього гостро постає проблема екологічної ситуації в Україні. Щодня посилюється небезпечно втручання людини в природу, збільшуються витрати невідновних видів сировини, викиди шкідливих речовин в атмосферу, забруднюються водоймища, неконтрольовано відбувається вирубка лісів, марно витрачаються прісні водоймища. Все це впливає на процеси в біосфері та призводить до порушення стабільного функціонування екосистем.

Основними засобами вирішення проблем є контроль людської діяльності, спостереження за руйнівними факторами, аналіз оточуючих небезпечних чинників, а також аналіз запобіжних заходів та прогнозування стану екосистем за певних умов на наступні періоди.

На сьогоднішній день, на відміну від екологічних систем, більш детально досліджуються інформаційні, соціальні, економічні та інші системи різних напрямів та галузей.

У роботах Рябініна І.А. [3] та Можаяєва А.С. [4] розглянуто безпеку структурно-складних економічних систем, які мають багаторівневу ієрархічну структуру. У роботах Качинського А.Б. та Горбуліна В.П. [2] глибоко досліджується національна безпека держави як системи. В роботі Новікова О.М. та Тимошенка А.А. [5] розглядається питання захисту складних інформаційно-комунікаційних систем з використанням логіко-ймовірнісного методу.

У роботі Сукач О.І. [1] запропоновано загальний метод дослідження функціонально-складних систем з використанням імовірнісно-алгебраїчного моделювання. Цей метод було визначено для розв'язання задач отримання ймовірнісних характеристик процесів руйнації та розвитку функціонально-складних систем, зміни ймовірнісних характеристик їх складових та ступеня впливу на системи в цілому. Необхідно відзначити, що запропоно-

ваний метод є зручним інструментом для дослідження як стану складної системи довільного типу в цілому, так і її компонентів. Метод має описовий характер і в результаті надає числові показники роботи системи, що дає можливість прогнозування її майбутніх станів.

Важливою характеристикою складних систем є їх безпека, тому застосування алгебраїчно-ймовірнісного методу для дослідження цієї характеристики буде актуальним завданням.

Постановка задачі. Метою даної роботи є дослідження складних екологічних систем з використанням модифікованого ймовірнісно-алгебраїчного методу, який відрізняється можливістю проаналізувати зміну станів екосистем у часі, простежити кількісні показники відхилення від стабільного функціонування, виявити ймовірнісні коефіцієнти змін стану всієї екологічної системи в цілому та її компонент у часі.

2. Модифікований алгебраїчно-ймовірнісний метод дослідження безпеки складних екологічних систем

Розглянемо екологічну систему, як складну, та формалізуємо її з використанням ймовірнісно-алгебраїчного методу. Згідно з цим методом, в основу формалізації складної системи покладено універсальну алгебру. Спираючись на твердження, що універсальна алгебра – це система, яка складається з елементів множини $A = \{a_1, \dots, a_N\}$ та визначених на множині A операцій $\Omega = \{w_1, \dots, w_m\}$, тобто таких, що результат операцій w над елементами множини A є елементом множини A [9]. Отже, складну екологічну систему розглядатимемо як універсальну алгебру, де елементами є складові екосистеми, а операції Ω – зв'язки між цими складовими.

Така система представляється у вигляді множини елементів (пристроїв) $Y = \{Y_i\}$, де $i = 1, \dots, m$, які відповідають кожному компоненту складної системи або її підсистемам. А стан результуючого пристрою (система в цілому) визначається через композицію залежних станів пристроїв (її компонентів) [1]:

$$Y = Y_1 \cdot \dots \cdot Y_m.$$

Для складної системи $Y = \{Y_i\}$, де $i = 1, \dots, m$, кожному пристрою Y_i у відповідність пропонується ставити показник P_i , що, у свою чергу, характеризується ймовірнісним показником p_i та структурним коефіцієнтом a_i :

$$Y_i \rightarrow P_i, P_i = a_i \times p_i.$$

Формалістика, описана вище, є основою методу дослідження функціонально складних систем з використанням ймовірнісно-алгебраїчного моделювання. Нижче вводяться певні модифікації для дослідження безпеки складних екологічних систем.

Складні екологічні системи пропонується аналізувати за допомогою знань, що відповідають відхиленням певних характеристик (або функціональності) в певний період часу, в порівнянні з минулим періодом ідентичної довжини. Показником для дослідження пропонується брати процентне відхилення відносно минулого періоду. Згідно з цим, кожному пристрою Y_i ставиться у відповідність певне значення ймовірності перебування пристрою у стані покращання або погіршення в деякий момент часу (тобто значення реалізації певної функції, що розглядається в минулому періоді, необхідно брати як 100%, а значення у поточний період – відхилення від 100%. Для обрахунків значення відхилення необхідно брати в частинах). Таким чином, коефіцієнт p_i розраховується за правилом розрахунку

ймовірнісного показника, користуючись правилом, що ймовірність – це відношення числа сприятливих результатів до спільної кількості спостережень [7]. Структурний коефіцієнт a_i має два значення: 1 або -1, де 1 – це стан покращання (якщо поточний стан відносно минулого періоду менший за 100%), а -1 – це стан погіршення (якщо поточний стан відносно минулого періоду більший за 100%).

Пропонується розраховувати коефіцієнт для аналізу результатів таким чином:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{i}$$

Він є середньоарифметичним імовірнісним відхиленням стану пристрою в порівнянні з минулим періодом. Знак («+» або «-») перед P – це структурний коефіцієнт a для складної системи в цілому.

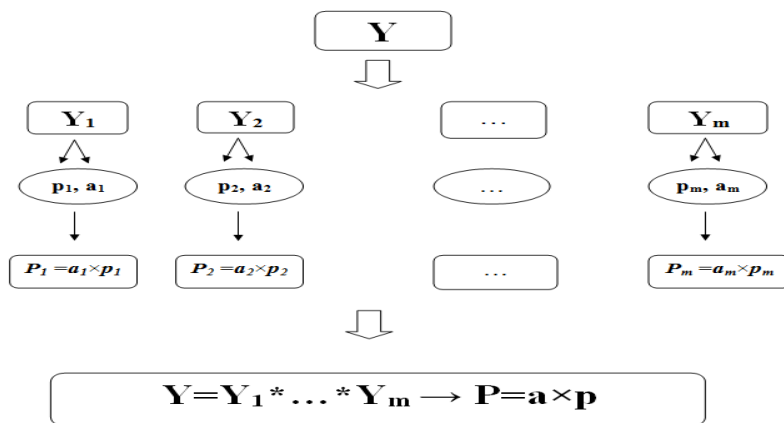


Рис. 1. Структурна схема методу

Результуючий показник для аналізу результатів стосовно складної екологічної системи в цілому розраховується як композиція показників, що відповідають її складовим.

Структурна схема запропонованого методу виглядає таким чином (рис. 1).

3. Приклад реалізації методу

Для досягнення поставленої мети розглянемо екосистему міста Києва. На рис. 2 зображено дерево поділу згідно з модифікованим імовірнісно-алгебраїчним методом, описаним вище.

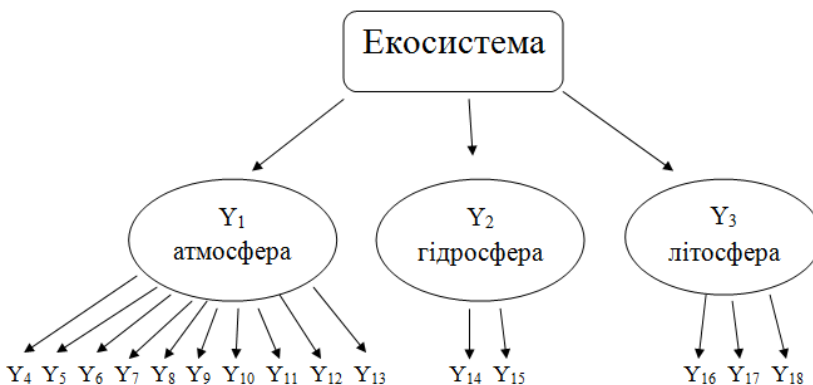


Рис. 2. Дерево поділу

Складну екологічну систему поділено на три основні досліджувані підсистеми, які, у свою чергу, розділено на власні підсистеми:

Тут Y_i , де $i=4 \dots, 13$, відповідають десяти районам міста Києва (відповідно Голосіївський, Дарницький, Деснянський, Дніпровський, Оболонський, Печерський, Подільський, Святошинський, Со-

лом'янський та Шевченківський). Y_i , де $i=14, 15$, відповідають відповідно поділу на кількість риби, що було виловлено у внутрішніх водоймах та у морській економічній зоні. Компоненти Y_i , де $i=16, 17, 18$, відповідно відповідають кількості вирублених лісів, кількості заготовленої деревини та кількості утворених відходів.

Для обрахунку остаточних показників було використано статистичні дані Головного управління статистики у м. Києві.

Як приклад розрахуємо частковий показник безпеки атмосфери екосистеми міста Києва.

Таблиця 1. Обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферу у відсотках за рік відносно минулого року

Y_i	Назва	Обсяг викидів у 2010 відносно 2009, %	Обсяг викидів у 2011 відносно 2010, %	Обсяг викидів у 2012 відносно 2011, %
Y_4	Голосіївський	39,4	95,7	
Y_5	Дарницький	96,9	89,2	
Y_6	Деснянський	28,2	117,2	
Y_7	Дніпровський	102,1	131,5	
Y_8	Оболонський	87,6	95,6	
Y_9	Печерський	77,3	95,9	
Y_{10}	Подільський	96,3	92,3	
Y_{11}	Святошинський	91,6	94,6	
Y_{12}	Солом'янський	103,7	99,3	
Y_{13}	Шевченківський	103,2	89,7	

Таблиця 2. Обрахунки для 2010 року

Y_i	Назва	100% – «Обсяг викидів у 2010 відносно 2009», %	$p_i = \frac{ 100\% - \% }{\sum_{i=4}^{13} 100\% - \% }$	a_i	$P_i = a_i \times p_i$
Y_4	Голосіївський	60,6	0,316	1	0,316
Y_5	Дарницький	3,1	0,0162	1	0,0162
Y_6	Деснянський	71,8	0,375	1	0,375
Y_7	Дніпровський	-2,1	0,011	-1	-0,011
Y_8	Оболонський	12,4	0,065	1	0,065
Y_9	Печерський	22,7	0,118	1	0,118
Y_{10}	Подільський	3,7	0,19	1	0,19
Y_{11}	Святошинський	8,4	0,044	1	0,044
Y_{12}	Солом'янський	-3,7	0,019	-1	-0,019
Y_{13}	Шевченківський	-3,2	0,017	-1	-0,017

Отже, показник P_1 , що є середньоарифметичним відхиленням стану пристрою Y_1 за 2010 рік відносно 2009 року, обчислюється таким чином:

$$P_1 = \frac{\sum_{i=4}^{13} p_i}{i} = \frac{1,3022}{10} = 0,13022 = 1 * 0,13022,$$

де $a_1 = 1$, $p_1 = 0,13022$.

Даний результат свідчить про те, що на період 2010 року стан атмосфери в місті Києві відносно періоду 2009 року знаходиться у стані покращання (показник $a_1 = 1$ додатній) і перебуває в ньому з показником $p_1 = 0,13022$.

Таблиця 3. Обрахунки для 2011 року

Y_i	Назва	100% – «Обсяг викидів у 2011 відносно 2010», %	$p_i = \frac{ 100\% - \% }{\sum_{i=4}^{13} 100\% - \% }$	a_i	$P_i = a_i \times p_i$
Y_4	Голосіївський	4,3	0,045	1	0,045
Y_5	Дарницький	10,8	0,112	1	0,112
Y_6	Деснянський	-17,2	0,178	-1	-0,178
Y_7	Дніпровський	-31,5	0,327	-1	-0,327
Y_8	Оболонський	4,4	0,046	1	0,046
Y_9	Печерський	4,1	0,043	1	0,043
Y_{10}	Подільський	7,7	0,08	1	0,08
Y_{11}	Святошинський	5,4	0,056	1	0,056
Y_{12}	Солом'янський	0,7	0,007	1	0,007
Y_{13}	Шевченківський	10,3	0,107	1	0,107

Отже, показник P_1 , що є середньоарифметичним відхиленням стану пристрою Y_1 за 2011 рік відносно 2010 року, обчислюється таким чином:

$$P_1 = \frac{\sum_{i=4}^{13} p_i}{i} = \frac{0,495}{10} = 0,0495 = 1 * 0,0495,$$

де $a_1 = 1$, $p_1 = 0,0495$.

4. Висновки

У даній роботі було розроблено модифікований алгебраїчно-ймовірнісний метод для дослідження безпеки екологічних систем, який відрізняється від інших тим, що дає можливість проаналізувати зміну станів екологічної системи з часом в цілому, простежити кількісні показники відхилення від стабільного функціонування складної екологічної системи, виявити ймовірнісні коефіцієнти покращання або погіршення стану компонент екосистеми за часом та всієї екосистеми в цілому.

Отриманий результат дає можливість прослідкувати зміну стану атмосфери в період з 2009 по 2011 рік і свідчить про те, що на даний період стан атмосфери в місті Києві знаходиться у стані покращання (показник $a_1 = 1$ додатній) і перебуває в ньому в період з 2009 року по 2010 рік з показником $p_1 = 0,13022$, а в період з 2010 року по 2011 рік з показником $p_1 = 0,0495$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сукач Е.И. Метод исследования функционально сложных систем с использованием вероятностно-алгебраического моделирования / Е.И. Сукач // Математичні машини і системи. – 2010. – № 3. – С. 116 – 123.
2. Горбулін В.П. Засади національної безпеки України: підручник / В.П. Горбулін, А.Б. Качинський. – К.: Інтертехнологія, 2009. – 272 с.
3. Рябинин И.А. Научная школа логико-вероятностных методов и концепция логико-вероятностной теории безопасности сложных систем / И.А. Рябинин // Теория и информационная технология моделирования безопасности сложных систем / Под ред. И.А. Рябинина. – СПб.: ИПМАШ РАН, 1994. – Вып. 1.

4. Можаяев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности сложных систем: учебн. пособие. / Можаяев А.С. – Л.: ВМА, 1988. – 68 с.
5. Хнигічева А.М. Моделивання захищеності складних інформаційно-комунікаційних систем з використанням логіко-ймовірнісного методу / А.М. Хнигічева, О.М. Новіков, А.А. Тимошенко // Наукові Вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – № 6. – С. 70 – 77.
6. Розенберг Г.С. Теоретическая и прикладная экология / Г.С. Розенберг, Ф.Н. Рязанский. – Нижневартовск, 2005. – 292 с.
7. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей / Колмогоров А.Н. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
8. Tansley A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms / A.G. Tansley // Ecology. – 1935. – N 16. – P. 284 – 307.
9. Кон П. Универсальная алгебра / Кон П. – М.: Мир, 1968. – 351с.

Стаття надійшла до редакції 05.06.2014