

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОТЕНЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

УДК 621.039.7.001.2

Г.В. ЛИСИЧЕНКО¹, А.В. ЯЦИШИН²

¹Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, м. Київ

²Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ

АНАЛІТИЧНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ

Запропоновано використання методології Data Mining для ефективного управління рівнем екологічної безпеки урбанізованих екосистем. Розроблено блок-схему взаємодії основних складових геоінформаційної системи формування управлінських рішень. Показано перспективи та приклади використання методології Data Mining в задачах екологічної безпеки.

Актуальність

Розробка загальних принципів управління екологічною безпекою техногенно-навантажених регіонів України потребує негайної уваги не тільки зі сторони керівників промислових підприємств, а й різноманітних відомств та міністерств. Екологічний стан в країні є неоднозначним, оскільки на території нашої держави є значна концентрація небезпечних виробництв, відбувається суттєва трансформація ландшафтів, іде неефективне використання природних ресурсів.

Постановка задачі

Проблемам ефективного управління рівнем екологічної безпеки присвячено багато досліджень, серед яких варто відзначити, насамперед, праці таких вчених як Г.В. Лисиченко, В.М. Шмандій, Я.О. Адаменко, В.Г. Старчак, Є.Г. Аверін, Є.Н. Варламов, В.Ю. Некос, В.Б. Мокін, Г.О. Статюха, А.Г. Шапар, А.Б. Качинський, С.В. Руденко, О.І. Турос, В.М. Лагутін та інші. Проте більшість вчених займаються дослідженням певного кола конкретних питань екологічної безпеки, наприклад, розробкою підходів до визначення ризиків для населення від впливу забруднюючих речовин, побудовою та застосуванням моделей визначення впливу автотранспорту тощо, а проблема комплексного та загального вирішення основних задач ефективного управління рівнем екологічної безпеки урбанізованих екосистем залишається актуальною та, до сих пір, невирішеною, навіть на теоретичному рівні.

Вирішення задачі

Для вирішення задач ефективного управління рівнем екологічної безпеки урбанізованих екосистем пропонується об'єднати використання сучасних перспективних ідей в галузі комп'ютерної математики, систем зберігання, подання та візуалізації даних з використанням ГІС – аналітичних геоінформаційних технологій. До аналітичних технологій відносять підклас інформаційних технологій, орієнтованих на задачі автоматизованої підтримки прийняття рішень і прогнозування стану складних динамічних систем.

На рис. 1 представлені основні компоненти аналітичних геоінформаційних технологій (АГІТ). Виникнення нових технологій зберігання та обробки даних (сховища або склади даних, вітрини даних) пов'язане з необхідністю накопичення та оперативної обробки великих об'ємів ретроспективної інформації. Оперативний аналіз поточної ситуації, її співставлення з даними ретроспективного аналізу, в рамках АГІТ реалізується

засобами on-line analytical processing (OLAP) [1, 2]. До складу АГІТ входить Data Mining (DM) – інтелектуальний аналіз даних.

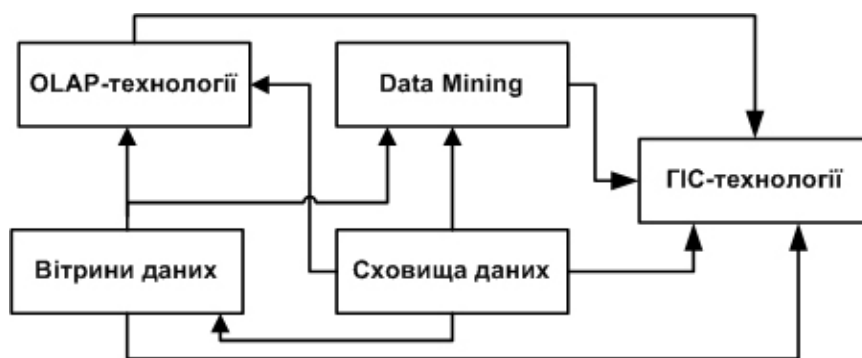


Рис. 1. Основні компоненти АГІТ

Основними задачами DM в управлінні екологічною безпекою є комплексний системний аналіз екологічних ситуацій різних рівнів (загальнодержавний, регіональний, об’єктовий), короткостроковий і довгостроковий прогноз їх розвитку та розробка варіантів оптимізаційних рішень. Аналіз таких ситуацій включає в себе:

- виявлення і прогнозування прихованих тенденцій та закономірностей розвитку екологічних процесів (виявлення та розпізнавання прихованих чинників впливу, в тому числі, факторів загрози);
- виявлення та ідентифікацію раніше невідомих взаємозв’язків між екологічними параметрами та факторами впливу;
- аналіз середовища взаємодії екологічних процесів і прогнозування зміни його характеристик;
- розробку оптимізаційних рекомендацій у сфері екологічної безпеки;
- візуалізацію результатів аналізу, підготовку попередніх звітів і проектів допустимих рішень з оцінками достовірності та ефективності можливих реалізацій.

Іншою, не менш важливою, особливістю є здатність DM гармонійно поєднувати суворо формалізовані математичні технології аналізу кількісної екологічної інформації з методами неформального якісного аналізу, які опираються на суб’єктивні знання експертів.

На рис. 2 представлено математичний арсенал DM.



Рис. 2. Математичний арсенал DM

Для формування загального уявлення про структуру аналітичного управління з використанням засобів DM розглянемо його відмінні особливості, роль і місце в загальній системі управління екологічною безпекою. На рис. 3 відображено взаємодію всіх основних складових геоінформаційної системи формування управлінських рішень [3, 4]. Основна ідея DM полягає в зіставленні результатів даних екологічного моніторингу поточної ситуації з попереднім досвідом управління (з «минулим»), накопиченим у формі масивів ретроспективних даних в інформаційному сховищі даних. При цьому «Система збору попереднього аналізу та сортування» взаємодіє з блоком «Минуле», що дає можливість пошуку ситуацій-аналогів і ситуацій-прототипів з «минулого». Зокрема, в накопиченому ретроспективному досвіді, методами асоціативної пам'яті формуються деякі шаблони («patterns») аналогів, які дозволяють зіставляти минуле з поточною ситуацією і, тим самим, здійснювати прогноз розвитку нестационарних процесів.

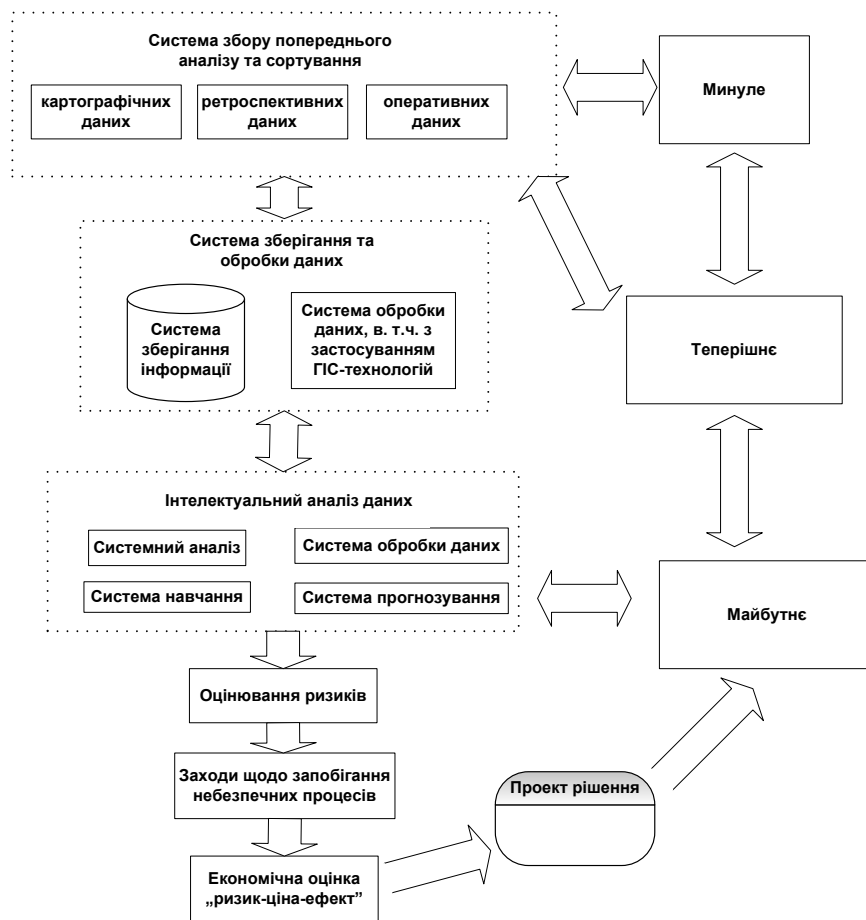


Рис. 3. Схема основних складових геоінформаційної системи формування управлінських рішень

Слід зауважити, що формування (обґрунтування) рішення є центральним елементом системи аналітичного управління. Представлена система управління екологічною безпекою крім аналітичної обробки (виявлення прихованих закономірностей і взаємозв'язків, оцінка їх впливу на основні показники досліджуваної ситуації, прогнозування розвитку ситуацій тощо) включає в себе функції збору і попередньої обробки інформації, її зберігання, самонавчання, підготовки наочних звітів, оцінювання ризиків, економічну оцінку „ризик-ціна-ефект” та інші.

Таким чином, головною відмінністю DM від відомих систем обробки даних, які часто застосовуються в сучасних геоінформаційних системах, слід вважати спробу підійти до завдання формування рішення з позиції історизму, тобто, на основі широкомасштабного кількісного аналізу всього ретроспективного досвіду, що передувало

поточній ситуації, є можливість перенесення результатів прецедентів на прогнозований сценарій.

Запропонована блок-схема дає можливість перенести створення проекту рішення з евристичних логіко-інтуїтивних методів, характерних для емпіричної технології, на потужну, глибоко формалізовану платформу прикладної математики.

Зрозуміло, що власне DM здійснює аналітичну обробку великих об'ємів екологічних даних, які містяться в інформаційному сховищі для вирішення задачі формування найкращих проектів шуканих рішень. По суті, методологія DM зводиться до структуризації прогнозованої інформації на основі машинного аналізу ретроспективних даних, а зв'язок «Майбутнього» з «Минулим» слід розуміти таким чином, що майбутні плани визначають теперішні дії. Необхідність вивчення «Минулого» необхідне для епігнозу, верифікації моделей, уточнення параметрів моделей, а «Майбутнього» – для довгострокового прогнозу. Блок «Теперішнє» дозволяє оцінити теперішній стан та отримати короткостроковий прогноз.

Перспективи використання методології DM в задачах екологічної безпеки

Розглянемо основні принципи, які дозволяють сформувати теоретичну базу для побудови геоінформаційних систем, використовуючи методологію DM, як інструмента ефективного управління екологічною безпекою техногенно-навантажених регіонів [1, 5, 6].

Принцип історизму. Основною «сировиною» для аналітичної обробки екологічної інформації є великі масиви ретроспективних даних, що охоплюють поведінку як самого об'єкта управління (ОУ), так і всієї інфраструктури, що його оточує, серед якої він розвивався і з якою він активно взаємодіє. При цьому глибина ретроспективного аналізу може бути від декількох місяців до декількох років.

Функціонування DM на великій кількості ретроспективних даних можна розбити на два етапи: пошук прецедентів і аналіз їхньої структури. Результати структурного аналізу прецедентів трансформуються в формалізовані висновки, які використовуються для коригування результатів оперативної обробки поточних даних. Отриманий скоригований матеріал, у свою чергу, являє собою основу для формування проекту рішення (або кількох проектів рішень) з даного питання.

Очевидно, що просте перенесення історичного досвіду на поточну ситуацію може призвести до суто негативних результатів. Звідси виникає необхідність у застосуванні людино-машинної технології реалізації DM.

Принцип системності. У задачах автоматизації управління в якості основного ОУ виступає відкрита динамічна система, занурена в неоднорідне та нестаціонарне еволюційне середовище, що активно з нею взаємодіє. При цьому передбачається, що ОУ відповідає всім основним ознакам поняття «система» (а саме, цілісності, структурованості і цілеспрямованості). У поєднанні з принципом історизму, ідея системності передбачає формування і зберігання масивів ретроспективних даних, що відображають (кількісно та якісно) процеси зміни станів системи (ОУ) і середовища в їх історичній та поточній взаємодії. Зазначені масиви являють собою «сировину», вихідні дані, на підставі яких засобами DM виявляються приховані системні зв'язки, неявні закономірності, сукупність значущих для розвитку системи факторів, умови їх реалізації тощо.

Принцип гібридного людино-машинного інтелекту. За своєю природою методологія DM спирається на поєднання автоматичного комп'ютерного аналізу великих об'ємів екологічних даних з експертними висновками, які орієнтовані на семантичні аспекти розв'язання задачі. Як правило, природний інтелект підключається в найбільш критичні моменти процедур аналізу та створення рішень. Зазвичай це відбувається, коли неможливо сформувати метричну систему переваг, або за відсутності достатнього обсягу вихідних даних для побудови формалізованого виводу.

Прикладом такої ситуації може бути завдання попереднього вибору глибини ретроспективного пошуку. Ще більш явним прикладом може бути задача якісного

відбракування прецедентів, виявлених комп'ютерною програмою на основі попереднього асоціативного пошуку.

Реалізація даного принципу в системах аналітичного управління вимагає вирішення проблеми раціонального розподілу функцій в людино-машинних системах та формування інтелектуально-ергономічних інтерфейсів, найбільш погоджених з професійними уявленнями експертів та осіб, які приймають рішення в даній предметній області.

Принцип симбіозу математичних та геоінформаційних технологій. DM представляє собою галузь знань, в якій у повній мірі гармонійно поєдналися методи прикладної математики, кібернетики та новітні геоінформаційні технології, що дозволяють зберігати та в розумні терміни обробляти великі об'єми інформації.

Слід зауважити, що зазначена гібридизація відбувається не тільки між математичними та геоінформаційними технологіями, але і між різними математичними методами аналізу даних. Зокрема, аналіз результатів застосування нейронних мереж у задачах прогнозування стану навколишнього середовища, як правило, здійснюється статистичними методами. І, навпаки, для вирішення традиційної статистичної задачі регресійного аналізу може використовуватися методологія, заснована на еволюційному моделюванні.

Принцип використання шаблонів. Наявність великого об'єму впорядкованих даних дозволяє істотно знизити вплив «прокляття середнього», характерного для більшості статистичних методів обробки даних. При цьому в якості найважливішого інструментального засобу DM використовується технологія асоціативної пам'яті. Зокрема, включення шаблонів у структуру аналітичного запиту дозволяє здійснювати асоціативний пошук ситуацій аналогів і, на його основі, здійснювати прогноз нестационарного розвитку досліджуваних процесів.

Перераховані системні принципи утворюють загальну методологічну платформу, яка дозволяє виділити DM як самостійний підклас інформаційних технологій в задачах екологічної безпеки.

Приклади використання методології DM в задачах екологічної безпеки

Для прикладу наведемо результати роботи геоінформаційної аналітичної системи візуалізації медико-екологічного моніторингу України (ГІАСВ МЕМУ), яка була розроблена в тематичній групі екологічного аналізу та прогнозу ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України. Ця система призначена для збору, зберігання та обробки інформації про стан територіально-розподілених об'єктів. На рис. 4 та 5 представлені результати роботи системи з використанням методів DM даних атмосферного забруднення Хмельницької та Черкаської областей.

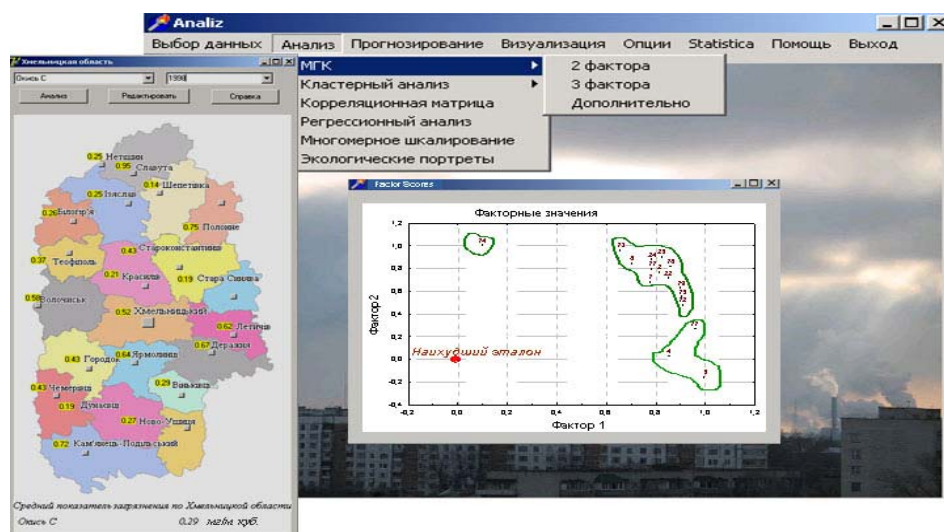


Рис. 4. Факторний аналіз за даними атмосферного забруднення Хмельницької області

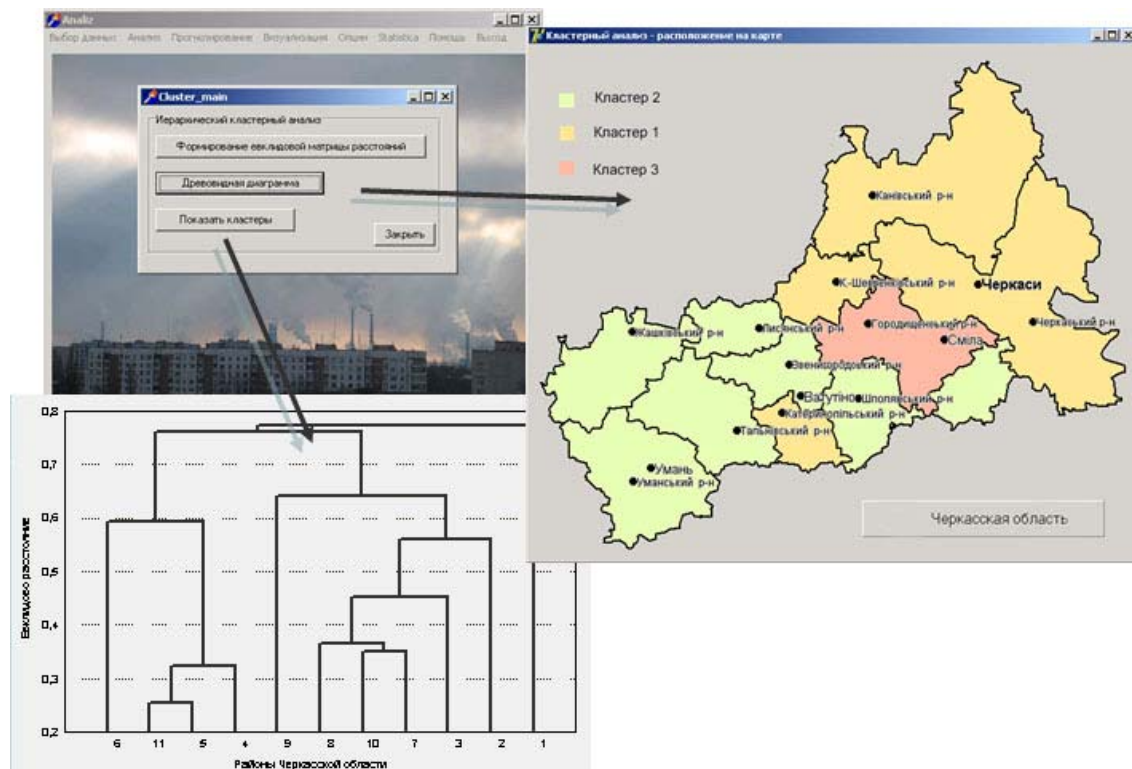


Рис. 5. Кластерний аналіз за даними атмосферного забруднення Черкаської області

Висновки

Для вирішення задач ефективного управління рівнем екологічної безпеки урбанізованих екосистем пропонується об'єднане використання сучасних перспективних ідей в галузі комп'ютерної математики, систем зберігання, подання та візуалізації даних аналітичних геоінформаційних технологій, до складу яких входить Data Mining.

Розглянуто основні принципи, які дозволяють сформувати теоретичну базу для побудови інформаційних систем, використовуючи методологію Data Mining, як інструмента ефективного управління екологічною безпекою техногенно-навантажених регіонів: принцип історизму, принцип системності, принцип гібридного людино-машинного інтелекту, принцип симбіозу математичних і геоінформаційних технологій та принцип використання шаблонів.

Використання сучасних аналітичних геоінформаційних технологій дає можливість визначити загальні принципи управління екологічною безпекою в техногенно-навантажених регіонах України та вирішити ряд актуальних задач екобезпеки, серед яких:

1. Проведення комплексної екологічної оцінки території, а саме:
 - визначення та оцінка комплексу чинників екологічної небезпеки, що виявляються на даній території;
 - районування території по стійкості до прояву чинників екологічної небезпеки;
 - створення і ведення кадастру об'єктів впливу на навколишнє середовище;
 - створення кадастру природних ресурсів;
 - визначення антропогенного навантаження;
 - створення і ведення кадастру «забруднених» площ.
2. Проведення екологічного моніторингу, а саме:
 - нормування впливів на навколишнє середовище;
 - контроль джерел впливу на навколишнє середовище;
 - контроль якості компонентів навколишнього середовища;

3. Формування управлінських рішень, щодо:
 - формування екологічної політики;
 - попередження прояву антропогенних чинників екологічної небезпеки;
 - мінімізації наслідків прояву природних факторів екологічної небезпеки;
 - розробки та вдосконалення природоохоронного законодавства і методів формування екологічного світогляду.
1. Мусаев А.А. Алгоритмы Data Mining в задачах управления динамическими процессами / А.А. Мусаев, И.А. Барласов // Труды СПИИРАН. – 2007. – № 5. – С. 300-313.
2. Codd E.F., Codd S.B., Salley C.T. Providing OLAP (OnLine Analytical Process35ing) to User Analysts: An IT Mandate. E. F. Codd Associates. – 1993. – 18 p.
3. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К.: Наук. думка, 2008. – 542 с.
4. Лисиченко Г. В. Методологія оцінювання екологічних ризиків / Г. В. Лисиченко, Г. А. Хміль, С. В. Барбашев. – Одеса: Астропринт, 2011. – 368 с.
5. Алгоритмы аналитического управления производственными процессами [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.proceedings.spiiras.nw.ru/data/src/2007/05/00/spyproc-2007-05-00-05.pdf> – Загл. с экрана.
6. Хачатурян В.А. Основы применения интеллектуального анализа данных в задачах управления электроснабжением предприятия / В.А. Хачатурян // Записки Горного института. – 2002. – Т. 150, ч. 2. – 99 с.

Г.В. Лисиченко, А.В. Яцишин

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Предложено использование методологии Data Mining для эффективного управления уровнем экологической безопасности урбанизированных экосистем. Разработана блок-схема взаимодействия основных составляющих геоинформационной системы формирования управленческих решений. Показаны перспективы и примеры использования методологии Data Mining в задачах экологической безопасности.

G.V. Lysychenko, A.V. Yatsyshyn

ANALYTICAL GEOINFORMATION TECHNOLOGY IN THE PROBLEMS OF ECOLOGICAL SAFETY

Data Mining methodology for effective management of environmental safety level in urban ecosystems is proposed. A block diagram of interaction of basic components of GIS formation of management decisions is developed. Perspectives and examples of using the methodology of Data Mining in the problems of ecological safety are shown.