

## ПОБУДОВА ШКАЛ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСТА

**Abstract.** For research the dynamics of anthropogenic contamination of certain urban areas, a new type of scale - the scale of resistance to anthropogenic stress. Construct examples of stability scales read from the observation posts of Kyiv.

**Вступ.** Для інтерпретації екологічної інформації можна застосувати різні засоби візуалізації даних. Найбільш відомі з них – це візуалізація даних моніторингу у вигляді екологічних карт досліджуваних територій і візуалізація графічних образів (patterns), які відображують розподіл досліджуваних структур у просторі інформативних ознак.

Для даних, що характеризують екологічний стан окремих територіальних систем, найбільш зручним вважається представлення інформації у вигляді карт техногенних навантажень на досліджувані території або карт ризиків. Для порівняння декількох ситуацій та прогнозування використовують серії тематичних карт.

Для аналізу та візуалізації інформації про значну кількість різних ситуацій більш ефективними будуть технології аналізу даних, орієнтовані на побудову шаблонів або зразків [1, 2]. Шаблони можна охарактеризувати як закономірності, властиві певним вибіркам даних та представлені у досить простій формі. Вибір шаблонів базується на виявлених раніше знаннях про екологічний стан досліджуваних територій, тобто створюється формальний опис набутого досвіду, який застосовується для прийняття рішень.

Для задач екологічного моніторингу шаблони можна представити як візуальні образи певних екологічних станів, відображені в координатний простір інформативних параметрів. В сучасних системах аналізу та візуалізації даних [3] реалізовано можливості візуального аналізу ситуацій як на площині (двовимірний візуальний аналіз), так і у просторі трьох вимірів (тривимірний візуальний аналіз).

**Постановка задачі.** Для дослідження задач стійкого розвитку, орієнтованих на аналіз екологічного стану територіальних систем, запропоновано новий тип семантичних шкал – *шкали стійкості екологічних систем*. Далі буде наведено окремі приклади шкал стійкості, побудовані за даними моніторингу атмосферного повітря, отриманими на постах спостереження за забрудненням повітря (ПСЗ) в м. Києві.

Розглянемо базову екологічну модель територіальної системи, яку можна визначити за значеннями окремих показників, які вимірюються на ПСЗ в певні проміжки часу.

Сукупність значень показників в певний момент часу будемо називати образом екологічного стану (ОЕС). Якщо йдеться про окрему точку даної території, вона може бути представлена точковим образом у просторі фазових координат. Для аналізу динаміки конкретних територіальних систем локального або регіонального рівня запропоновано використовувати точкові образи, побудовані за усередненими значеннями вимірюваних показників для даної території.

Отже, задача моніторингу певної екосистеми розглядається як визначення траєкторії точкового образу цієї системи в фазовому просторі інформативних показників. Попередні дослідження показали, що для побудови семантичних шкал, на яких можна відобразити рівні забруднення повітря та здійснювати їх моніторинг, досить зручно розглядати середні та максимальні значення індексу забруднення атмосфери (ІЗА), розраховані за даними моніторингу окремих показників.

**Основні етапи аналізу.** Наведемо основні етапи алгоритму аналізу екологічних даних, необхідні для систематизації екологічних знань [4, 5]:

1. Розробка семантичних моделей даних, де вирішуються питання попередньої обробки результатів спостережень та вимірювань. Дані необхідно представити у вигляді таблиць, де кожна ситуація визначається чисельним набором параметрів. В даному проєкті для зберігання екологічної інформації створено реляційні бази даних.

2. Структурний аналіз даних. На другому етапі застосовуються відомі методи інтелектуального аналізу даних (DM), які допомагають організувати багатовимірну інформацію як множину графічних образів: кластерів, діаграм розсіювання або інших візуальних образів, упорядкованих у просторі екологічних станів.

3. Виявлення еталонних ситуацій (шаблонів). Серед сукупності формалізованих ситуацій виділяються найбільш типові випадки (прототипи), кожному з яких ставиться у відповідність одна із можливих інтерпретацій. Далі такі прототипи зручно використовувати як шаблони для відображення на багатовимірній шкалі.

4. Ідентифікація нових ситуацій. Для оцінки нової (невизначеної) ситуації необхідно порівняти її з описаними раніше шаблонами. Якщо в базі знань знаходимо шаблон, який з заданою точністю описує нову ситуацію, то можна застосувати наявні знання про цей шаблон.

5. Розширення бази знань за рахунок нових ситуацій. Якщо нова ситуація не має достатнього рівня подібності ні з одним із шаблонів, але може представляти певний практичний інтерес, вона обробляється засобами оперативної пам'яті, формалізується як новий шаблон і додається до сукупності шаблонів, збережених в базі знань.

Загальну схему аналізу даних моніторингу методами DM із накопиченням досвіду наведено в роботі [6]. Вона може використовуватись як для змістовної інтерпретації даних моніторингу, так і для побудови бази

знань. На основі даної схеми можна будувати конкретні алгоритми та програми для вирішення актуальних задач аналізу даних, оцінки ризиків та візуальної інтерпретації одержаних результатів.

Отже, база знань поєднує різні форми представлення даних, які можуть бути корисними для прийняття рішень. Проаналізована на попередніх етапах статистична інформація має бути представлена в базі знань разом із визначеними раніше якісними характеристиками описаних ситуацій, одержаними в результаті аналізу та змістовної інтерпретації відповідних даних екологічного моніторингу.

В процесі проектування інтелектуальної системи розроблено три засоби репрезентації екологічної інформації: стандартне кодування екологічних станів у вигляді таблиць (дата, місце вимірювання, показники стану); візуальне зображення багатовимірної інформації з використанням семантичних шкал; картографічна інтерпретація досліджуваних ситуацій у вигляді карт техногенних навантажень та карт ризику.

**Результати аналізу.** За результатами спостережень [7] побудовано семантичні шкали, які відображують динаміку сезонних та річних змін якості повітря для різних постів спостережень на території міста Києва.

На рис. 1 показано динаміку екологічного стану для ПСЗ №4, побудовану за даними спостережень 2005 – 2011 рр. На горизонтальній осі показано значення середніх перевищень ГДК (середньодобових) за даний період, а на вертикальній осі – значення максимальних перевищень ГДК, зафіксованих під час проведення досліджень.

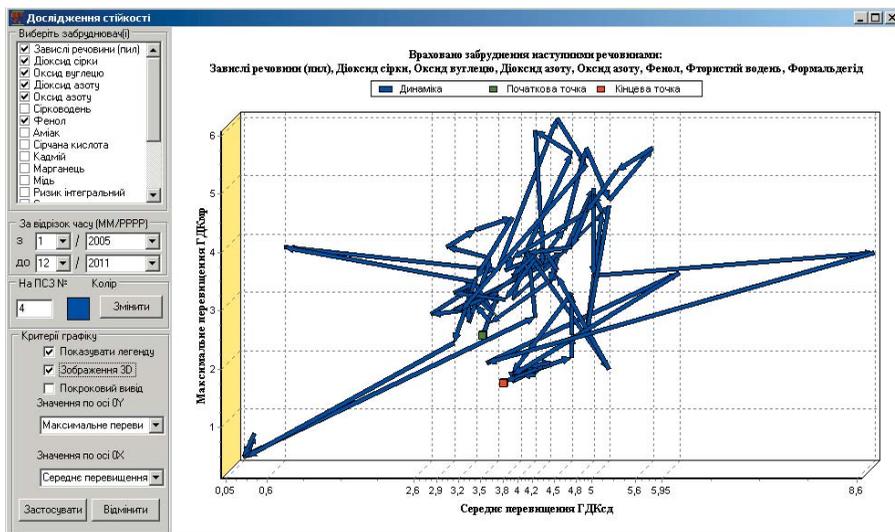


Рис. 1. Приклад шкали, що відображує динаміку ІЗА для ПСЗ № 4 за 2005 – 2011 рр.

Основні значення показників сконцентрувались в середній частині малюнку, яку можна умовно охарактеризувати як *зону стійкості* для даного рівня техногенних навантажень. Відхилення вліво-вниз свідчать про покращення ситуації в даній точці, а відхилення вправо-вгору можна розглядати як наявні ознаки порушення стійкого стану.

Найгірша ситуація (із середнім перевищенням граничних норм більше, ніж в 8 разів) спостерігалася на цьому пості в червні 2010 р. На рис. 1 ми бачимо відповідне відхилення вправо до середнього значення 8,6. Саме за цим значенням перевищення норм для ІЗА було визначено найгірший еталон щодо забруднення повітря за даний період, який використовувався для побудови шкали. Отже, побудований таким чином графік враховує цілий ряд найбільш вагомих показників забруднення повітря (пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, формальдегід) та відображує динаміку перевищень допустимих норм за 7 останніх років.

На рис. 2 представлено приклад двовимірної шкали, яка більш детально відображує сезонну динаміку перевищень ГДК та ризиків протягом 2011 року, обчислених за значеннями ІЗА для ряду основних забруднювачів, вимірюваних на ПСЗ №1. На даній шкалі зручно спостерігати сезонні коливання техногенних навантажень на місто.

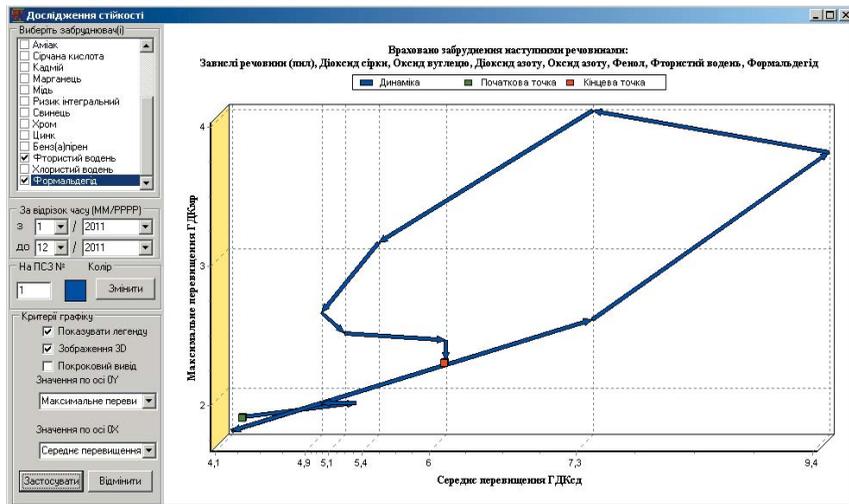


Рис. 2. Приклад шкали, що відображує сезонну динаміку ІЗА протягом 2011 р. на ПСЗ №1

На рис. 3 показано динаміку техногенних навантажень для ПСЗ № 7 (2005 – 2009 рр.), побудовану за значеннями середніх перевищень ГДК для оксиду вуглецю (чадного газу), де на вертикальній осі показано значення ризиків миттєвих токсичних ефектів для населення прилеглих територій (в районі Бесарабської площі м. Києва).

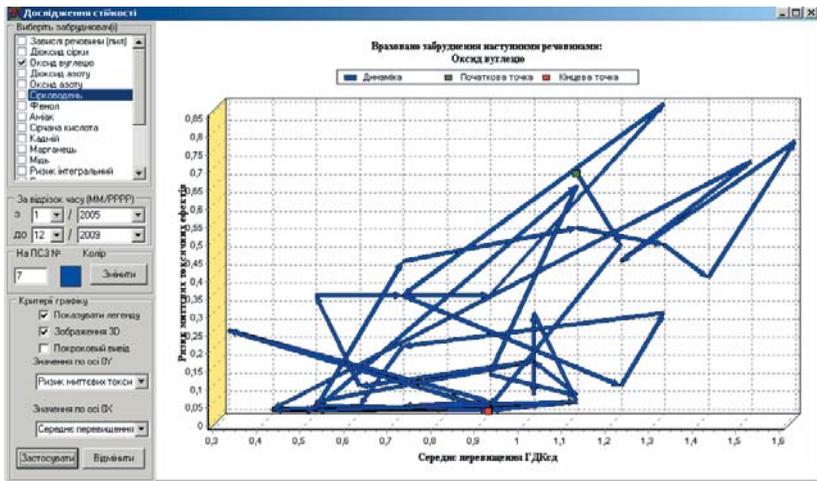


Рис. 3. Приклад шкали, що відображує динаміку забруднення чадним газом на ПСЗ №7 за 2005 – 2009 рр.

На рис. 3 можна побачити, що ризики миттєвих токсичних ефектів помітно зростають з перевищенням середньодобових ГДК. За даними аналізу щодо концентрацій оксиду вуглецю на ПСЗ № 7 можна зробити висновок, що зона стійкості характеризується допустимими рівнями ГДК (не більше 1,1) та ризиками в межах 0,5 для імовірності негативних наслідків.

Також можна побачити, що окремі спостереження на даному пості суттєво перевищують середні показники. Можна виділити окремі проміжки часу, де відбувалися суттєві зміни якості атмосферного повітря. Аналізуючи рис. 3 більш детально, можна визначити помітні тенденції до порушення стійкості екологічного стану, тобто такі рівні забруднення, що створюють досить високі рівні небезпеки для населення прилеглих територій.

Нагадаємо, що перевищення гранично допустимої концентрації чадного газу приводить до значних фізіологічних змін. До найбільш небезпечних наслідків таких перевищень слід віднести [8]:

- погіршення гостроти зору і здатності адекватно оцінювати тривалість інтервалів часу;
- порушення деяких психомоторних функцій головного мозку (концентрації в межах 2-5%);
- зміни діяльності серця і легенів (концентрації вище 5%);
- головні болі, прояви сонливості, спазми, порушення дихання і свідомості (концентрації вище 10%).

На програмному рівні реалізовано засоби для детального дослідження виявлених тенденцій щодо порушення стійкості та зростання ризиків під впливом сезонних або інших факторів.

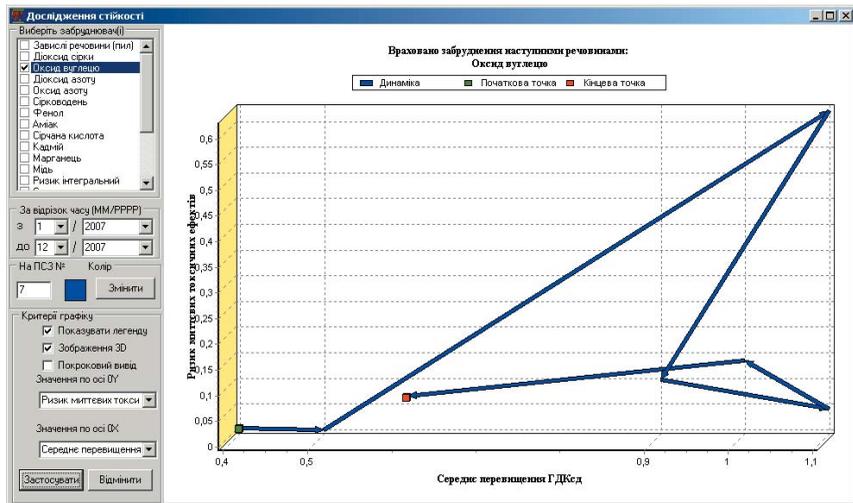


Рис. 4. Динаміка забруднення CO на ПСЗ №7 за 2007 р.

Зокрема, можна побудувати покроковий вивід наведеного графіку (див. вікно «Покроковий вивід» на рис. 3) з кроком 1 місяць. Так, на рис. 4 деталізовано динаміку перевищення ГДК за рівнем концентрацій чадного газу на ПСЗ №7 протягом 2007 р., а на рис. 5 наведено аналогічний графік, побудований за даними 2009 р. Саме в ці роки спостерігалися максимальні перевищення ГДК за весь досліджуваний період.

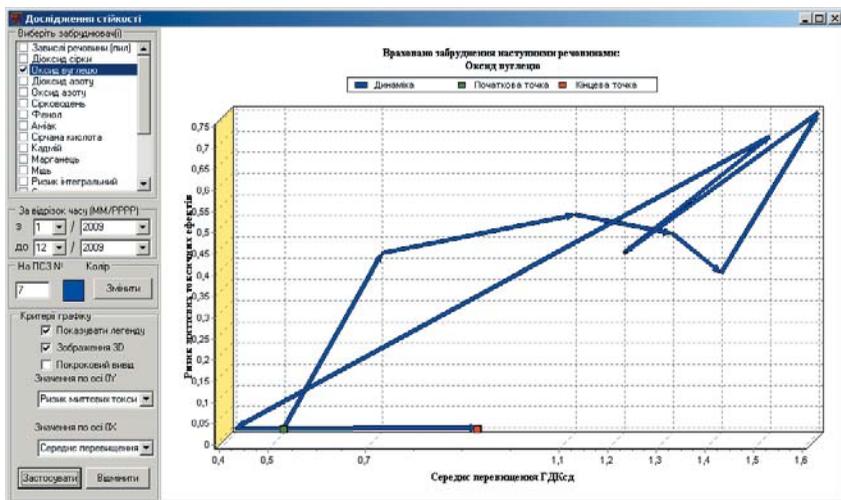


Рис. 5. Динаміка забруднення CO на ПСЗ №7 за 2009 р

Таким чином, в процесі побудові семантичних шкал передбачено можливості для дослідження певних змін екологічного стану та відповідних ризиків для населення протягом різних часових інтервалів (від декількох місяців до 10 років).

**Висновки.** Запропоновано алгоритм змістовної інтерпретації даних еколого-енергетичного моніторингу урбанізованих територій за допомогою семантичних шкал. Для дослідження та змістовної інтерпретації динаміки атмосферного забруднення розроблено засоби візуалізації інформативних показників або індексів за даними моніторингу для різних проміжків часу.

В програмному забезпеченні задач моніторингу передбачено можливості для дослідження сезонних та багаторічних змін екологічного стану, які можна візуально спостерігати у вигляді фазових траєкторій, що відображують часові зміни для окремих проекцій семантичного простору.

Побудовано приклади шкал для дослідження стійкості територіальних систем щодо техногенних навантажень на населення та індивідуальних ризиків, розрахованих за даними моніторингу атмосферного повітря на окремих постах спостереження міста Києва.

1. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.* Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
2. *Дюк В., Самойленко А.* Data Mining. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 366 с.
3. *Боровиков В.* STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
4. *Каменева И.П.* Некоторые аспекты организации памяти интеллектуальной системы // Искусственный интеллект. – 2004. – № 4. – С. 339-349.
5. *Каменева И.П.* Визначення параметрів стійкого розвитку на основі даних екологічного моніторингу / І.П. Каменева // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – К., 2012. – № 62. – С. 60-68.
6. *Каменева И.П.* Структурные модели памяти в задачах анализа многомерной экологической информации / І.П. Каменева // IV Между-народная научная конференция «МОДЕЛИРОВАНИЕ-2012». Сборник трудов конференции., К., 2012. – С. 216-219.
7. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області. – К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2005- 2011 рр.
8. *Мионов Г.Б.* Заболевания органов дыхания / Г.Б. Мионов. – М.: Здоровье, 1991. – 117 с.

*Поступила 18.03.2013р.*