

І.П Каменева, к.т.н., ст. наук. співр. ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України,
В.О. Артемчук, аспірант відділу №7 ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІЗУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

We propose an integrated information technology of analysis of data for environmental monitoring and identifying risks, including GIS-visualization technology technogenic loads on geographically distributed systems. The structure of software and information management for the problems of analysis and visualization of man-made pressures on the local and regional level.

Refs: 8 titles.

Key words: environmental monitoring, visual data analysis.

Актуальність. До актуальних проблем сучасної науки належить проблема інформаційного й комп'ютерного забезпечення наукових досліджень, розробка методів упорядкування та інтеграції даних. Ця проблема особливо актуальна для широкого кола задач охорони довкілля та здоров'я людей, де необхідно вчасно виявити та передати відповідальним особам найбільш важливу інформацію для оперативного прийняття ефективних рішень щодо підвищення безпеки техногенних підприємств.

Існуючі вітчизняні комп'ютерні системи моніторингу атмосферних забруднень здійснюють лише обробку даних з постів спостережень, але не мають аналітичних засобів для визначення розподілу техногенних навантажень та оцінки екологічної безпеки техногенних об'єктів. Зарубіжні аналоги коштують занадто дорого й потребують суттєвої адаптації. Тому залишається актуальним створення сучасного інформаційного забезпечення задач моніторингу екологічного стану урбанізованих територій, що базується на нових технологіях аналізу та візуалізації техногенних навантажень на місто або регіон з визначенням рівнів техногенного ризику для населення досліджуваних територій.

Постановка задачі. Поняття візуального аналізу досить часто зустрічається в прикладних дослідженнях [1, 2], але все ще не одержало строгого визначення. Ряд дослідників використовує поняття про візуалізацію, яке не включає аналітичної складової. Візуальний аналіз відрізняється від візуалізації тим, що включає не тільки метод візуалізації даних, але і весь комплекс перетворення даних, який його супроводжує. Основна мета візуального аналізу даних – це виявлення певних знань, тенденцій чи закономірностей, важливих для прийняття управлінських рішень.

Підкреслимо, що найбільш важливим результатом візуального аналізу є наочне уявлення про внутрішню структуру вихідних даних та про залежності, властиві цим даним. При наявності такого цілісного образу кількісні

характеристики, розраховані з допомогою різних методів, грають другорядну роль як засоби подальшого аналізу візуального зображення, яке можна визначити як *екологічний портрет* досліджуваного об'єкту.

Методи візуального аналізу екологічної інформації запропоновано реалізувати на програмному рівні як складову аналітичного блоку інформаційної системи підтримки прийняття рішень (див. рис. 1).

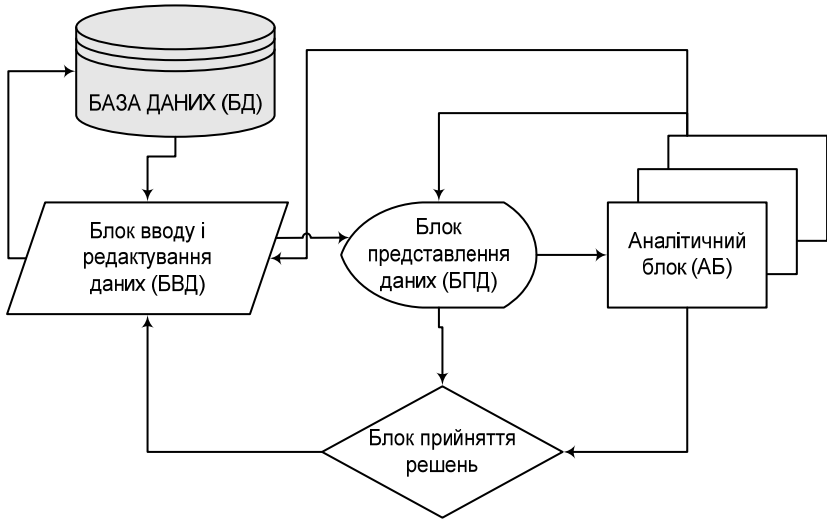


Рис. 1. Загальна схема інформаційно-аналітичної системи

Отже, подальші дослідження спрямовані на створення інформаційно-аналітичної системи моніторингу техногенних навантажень на довкілля та техногенних ризиків. Для вирішення цієї задачі необхідно розробити відповідні інформаційні моделі багатовимірних даних та створити програмно-інформаційне забезпечення для задач екологічного моніторингу територій, що зазнають підсилені техногенні навантаження.

Інформаційно-аналітична система орієнтована на підтримку прийняття рішень та ефективне управління безпекою навколишнього середовища у межах міста або регіону на основі серії тематичних карт. Отже, основною метою роботи залишається розвиток методів та технологій для візуального аналізу даних моніторингу, в тому числі – для оперативного відображення районів міста або інших територій у вигляді електронних карт з нанесенням рівнів техногенних навантажень або рівнів екологічного ризику.

Технології представлення та перетворення даних. Нагадаємо, що термін *екологічний індикатор* використовується для опису окремих екологічних показників, які мають істотний вплив на рівень забруднення досліджуваних територій, а термін *екологічний індекс* – для визначення комплексного показника, що включає ряд таких індикаторів.

У роботах [4, 5] запропоновано багатовимірний підхід до аналізу даних екологічного моніторингу, який використовується для переходу від набору розрізаних показників техногенного забруднення території до екологічних індексів та їх візуального представлення. Екологічні індекси утворюють семантичні шкали, за допомогою яких можна оцінити окремі ситуації.

Аналіз великих обсягів інформації потребує застосування різноманітних технологій обробки, перетворення та аналізу даних. Запропоновані засоби можна розглядати як інтегровану технологію аналізу даних екологічного моніторингу та побудови простору ризику, що включає наступні етапи:

1) розробка семантичної структури даних (склад забруднюючих речовин та їх концентрації, відомості про перевищення гранично допустимих концентрацій максимально разових та середньодобових (ГДК_{мр} та ГДК_{сд}), характеристики техногенних підприємств тощо) та створення баз даних;

2) розробка програмних засобів вводу, редагування та попередньої обробки даних моніторингу техногенних навантажень (в тому числі, заповнення пропущених даних, нормування, виявлення кореляційних та регресійних залежностей);

3) розробка технологій інтелектуального аналізу даних, виявлення інформативних факторів та побудови семантичних шкал;

4) розробка ГІС-технології відображення структури просторових даних на картографічній основі, що забезпечують візуалізацію карт окремих територій для визначення рівня техногенних навантажень та ризиків;

5) створення спеціалізованого інтерфейсу для дослідження структури просторових даних та виявлення небезпечних ситуацій.

Основні етапи розробки баз даних, вводу та попередньої обробки екологічної інформації на прикладі даних моніторингу стану атмосфери міста Києва розглядаються в роботах [6, 7]. В даній роботі розглянемо програмні засоби візуального аналізу даних моніторингу та приклади створення карт на основі існуючих баз даних за 2006 – 2007 рр.

Засоби візуального аналізу даних. Сучасний етап розвитку ГІС-технологій пов'язаний із створенням графічних і картографічних інтерфейсів для дослідження структури просторових даних. Більшість дослідників сприймає ГІС лише як засіб автоматизованої побудови карт, оскільки картографічні можливості сучасних ГІС-технологій вже не поступаються спеціалізованим засобам автоматизованого картографування.

Але в останній час спектр задач геоінформатики істотно розширився: досліджуються можливості візуального аналізу складних явищ, що швидко змінюються (таких, як техногенне забруднення території, розповсюдження лісових пожеж, стан посівів залежно від погодних умов тощо). На сучасному етапі інформаційні технології аналізу даних в задачах екологічної безпеки орієнтовані на візуалізацію динаміки територіально розподілених ризиків, пов'язаних з функціонуванням техногенних об'єктів. Одним з актуальних питань цього напрямку є відтворення і візуалізація рельєфу статистичної поверхні на основі чисельних значень показників в опорних точках [3].

Інформаційні технології та програмні засоби візуального аналізу просторового розподілу техногенних навантажень запропоновано для двох напрямків дослідження. Перший напрямок включає засоби дослідження територіального розподілу даних моніторингу, зокрема методи інтерполяції статистичної поверхні, де опорними точками є дані моніторингу, що вимірюються на постах спостережень; другий напрямок – це візуальний аналіз результатів моделювання техногенних навантажень та ризиків для прогнозування небезпечних ситуацій, обумовлених викидами техногенних підприємств в межах міста або регіону.

Схема аналізу та моделювання небезпечних ситуацій за даними моніторингу різного походження представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема аналізу та моделювання небезпечних ситуацій

За даною схемою для дослідження певної потенційно небезпечної ситуації необхідно звернутися до бази даних та послідовно вибрати інформацію, яка має відношення до визначеної ситуації. За допомогою програмного забезпечення можна здійснити наступні вибірки:

- вибірка даних про викиди енергетичних об'єктів (включаючи їх місце розташування та час і метеорологічні умови, за яких ці викиди здійснюються);
- вибірка екологічних даних з постів спостереження (включаючи їх місце розташування та час проведення спостережень);
- вибірка неекологічних даних за районами (наприклад смертність, кількість вроджених вад розвитку тощо).

На наступних етапах для визначення та прогнозування небезпечних ситуацій (що власне і є метою їх аналізу та моделювання) можуть бути проведені наступні операції з вище описаними вибірками:

- визначення статистичних характеристик;
- графічна візуалізація;
- моделювання та побудова карт;
- порівняння, аналіз, визначення залежностей.

м. Київ

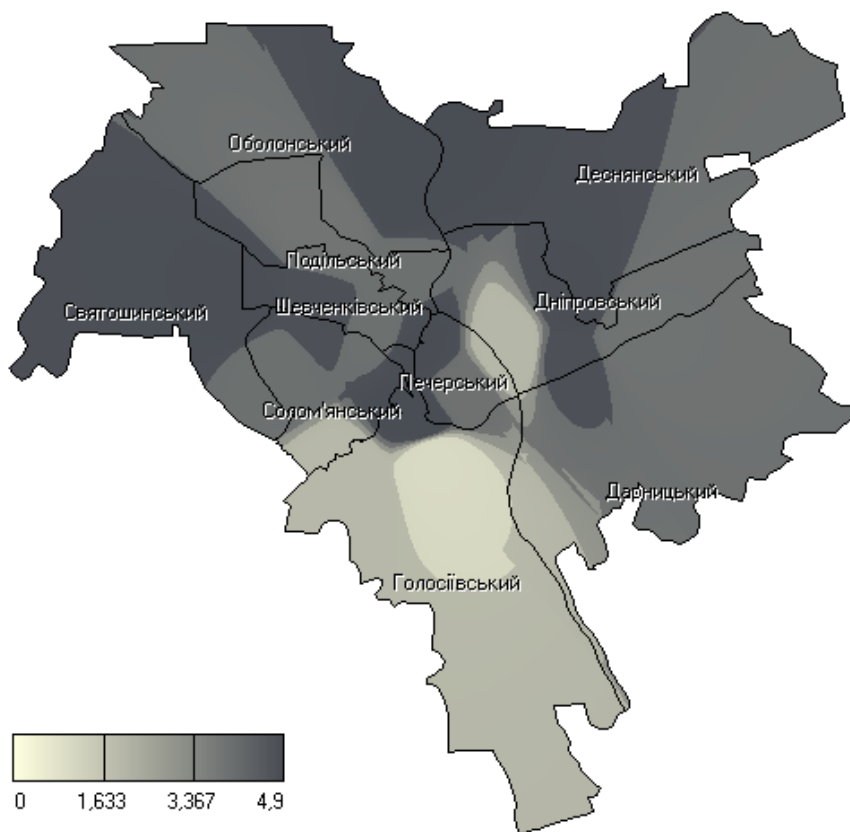


Рис. 3. Карта просторового розподілу кратності перевищень ГДКСд NO_2 в м. Києві за серпень 2006 р.

Підкреслимо, що порівняння, аналіз, визначення залежностей може відбуватися як безпосередньо одразу після здійснення вибірок (як правило це можливо для невеликої кількості даних та наявних взаємозв'язках між компонентами системи, де розглядається небезпечна ситуація), так і після

інших маніпуляцій з вибірками, якщо результати аналізу не є достатніми для здійснення остаточних висновків щодо небезпечної ситуації).

м. Київ

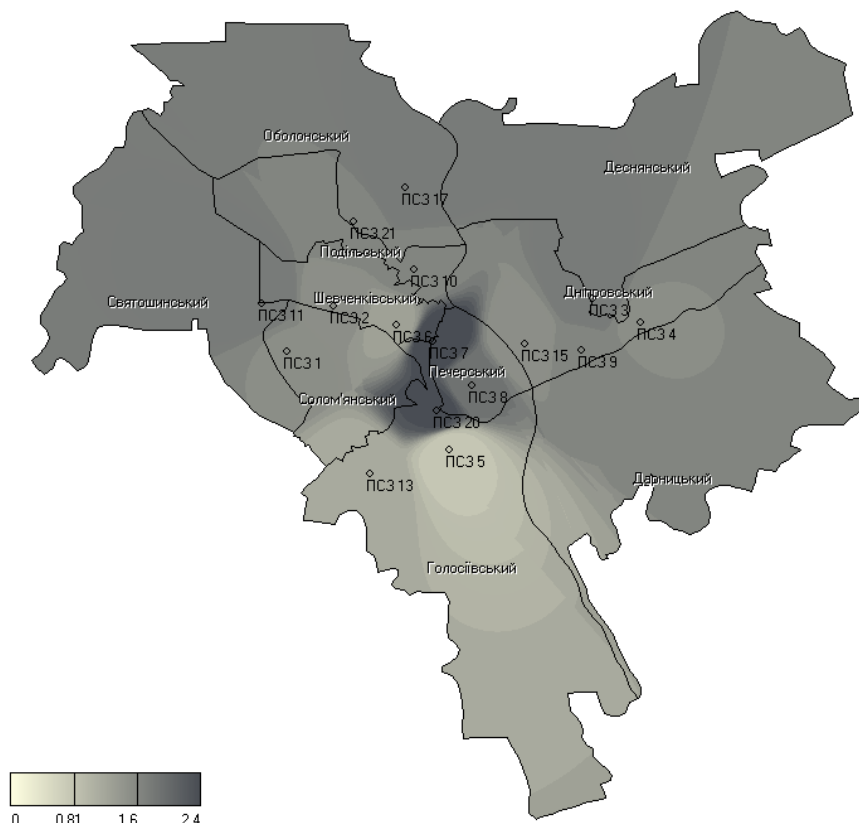


Рис. 4. Карта просторового розподілу кратності перевищень ГДКсд NO_2 в м. Києві за весь 2007 р.

Побудова екологічних карт. Для побудови екологічних карт розроблено програмну реалізацію відомого алгоритму інтерполяції статистичної поверхні за методом зважених відстаней [3]. Для побудови неперервної поверхні цей метод використовує опорні точки з певного околу. Вплив кожної з опорних точок зменшується із збільшенням відстані до неї, тобто невідоме значення обчислюється на основі відомих значень у сусідніх точках. Отже, якість карт, побудованих за таким методом, залежить від кількості опорних точок та їх взаємного розташування.

Аналіз показав, що на основі даних моніторингу, занесених в базу

даних, можна відтворювати екологічні карти техногенних навантажень за різні часові проміжки та визначити найбільш небезпечні екологічні ситуації за досліджуваний період. Це можуть бути як короточасні епізоди (тиждень або місяць), так і стійкі забруднення певних територій, які спостерігаються досить довго (наприклад, протягом року).

Розглянемо приклади візуалізації екологічного стану атмосфери на основі реальних даних про забруднення повітря шкідливими речовинами, одержаних з постів спостереження за екологічним станом атмосфери міста Києва за 2005-2007 рр. [8]. Для пошуку небезпечних ситуацій в базі даних аналізувались найбільші перевищення ГДК на постах спостереження.

На основі даних моніторингу атмосферного стану за серпень 2006 року визначено рівні техногенних навантажень на місто, пов'язані з підвищенням концентрації діоксиду азоту в атмосфері в літній період (спостерігалось перевищення ГДК_{сд} в 3-5 разів).

Якщо для 2006 р. значні перевищення ГДК спостерігалися в різних районах переважно в найбільш холодний і найбільш спекотний періоди (відповідно з попереднім досвідом), то 2007 рік виявився не зовсім типовим.

Просторовий розподіл техногенних навантажень за 2007 р., побудований за середніми значеннями в одиницях кратності ГДК_{сд}, показано на рис. 4. Протягом всього року спостерігалася зона високих навантажень в центрі міста, виділена на карті як темна пляма.

Висновки. Розглянуто інформаційні технології візуального аналізу ризиків, необхідні для дослідження та прогнозування небезпечних ситуацій на основі даних моніторингу техногенних забруднень. Методи візуального аналізу екологічної інформації запропоновано реалізувати на програмному рівні як складову аналітичного блоку інформаційної системи підтримки прийняття рішень в галузі екобезпеки.

Визначено основні етапи розробки інтегрованої технології аналізу даних екологічного моніторингу та побудови простору ризику. Розроблено схему аналізу та моделювання небезпечних ситуацій на прикладі даних моніторингу атмосферного забруднення міста Києва.

Отже, візуальний аналіз можна застосовувати як засіб інтеграції окремих даних у цілісні структури, що створює можливості для дослідження динаміки екологічного стану, ретроспективного аналізу екологічних факторів та виявлення певних тенденцій та закономірностей.

1. *Зиновьев А. Ю.* Визуализация многомерных данных. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2000. – 168 с.
2. *Боровиков В.* СТАТИСТИКА. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
3. *Хэрлоу М., Бут Б.* ArcGIS 9. ArcMap. Руководство пользователя – М.: Дата+, 2004. – 558 с.
4. *Сердюцкая Л.Ф., Каменева И.П.* Системный анализ и математическое моделирование медико-экологических последствий аварии на ЧАЭС и других

техногенных воздействий. – К.: «Медэкол», 2000. – 173 с.

5. Каменева І.П. Просторово-семантичні моделі репрезентації знань в геоєкологічних дослідженнях // Геоінформатика. – 2005. – № 4. – С. 64 – 69.

6. Каменева І.П. База даних еколого-енергетичного моніторингу: проектування та створення / І.П. Каменева, В.О. Артемчук // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – К.: ПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2009. – № 50. – С. 66-72.

7. Артемчук В.О. Інтеграція бази даних еколого-енергетичного моніторингу в програмний додаток / В.О. Артемчук // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – К.: ПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2009. – № 51. – С. 66-73.

8. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 7 (169). – К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2008.

Поступила 7.02.2011р.

УДК 681.03

Р.А. Абдикаримов, к.т.н., Ташкентский финансовый институт, г. Ташкент
А.Ф. Верлань, д.т.н., И.О. Горошко, к.ф.-м.н., ИПМЭ НАНУ, г. Киев

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВЯЗКОУПРУГИХ ОРТОТРОПНЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН С ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ

Abstract. By numerical simulation the dynamic stability of viscoelastic orthotropic plates with variable stiffness on the basis of the Kirchhoff-Love hypothesis in the geometrically nonlinear formulation, taking into account the propagation of elastic waves is investigated. The effects of viscoelastic material properties and plate thickness variation on the dynamic stability are studied.

Keywords: orthotropic plates, variable stiffness, viscoelasticity, geometric nonlinearity, dynamic stability, integro-differential equations, Bubnov-Galerkin method.

1. Введение. В различных областях техники широко внедряются пластинки и оболочки переменной жесткости. Это связано, прежде всего, с предъявляемыми требованиями к прочности, долговечности, а также на дизайн тонкостенных элементов современных конструкции. Наряду с тонкостенными элементами конструкций из традиционных металлических материалов широко используются конструкции из композиционных материалов. Это приводит к необходимости рассмотрения как изотропных, так и, в общем случае, анизотропных пластин и оболочек. При этом, такие задачи следует описывать с помощью моделей теории пластин и оболочек в классической и