

УДК 504.42

А. І. ВОЛКОВ, канд. геогр. наук, доц.
Одеський державний екологічний університет,
ул. Львовская, 15, м.Одесса, 65016, Україна
e-mail: andrew_v@rambler.ru

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ (НА ПРИКЛІДІ М. ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ)

Мета. Просторовий аналіз якості атмосферного повітря міста Хмельницький та виявлення районів, що характеризуються найменшим рівнем забруднення. **Методи.** Алгоритми розрахунку цільових функцій, лінійного програмування та принципи геоінформаційного моделювання просторово-координованої інформації. **Результати.** Розроблений банк даних та відповідна геоінформаційна система, що характеризує стан атмосферного повітря міста Хмельницький та отриманий відповідний цифровий картографічний матеріал. Виконаний аналіз просторового розподілу забруднення атмосферного повітря м. Хмельницький. **Висновки.** Виявлені ділянки міста, що відповідають найбільш високому і низькому рівню забруднення атмосфери

Ключові слова: якість атмосферного повітря, географічні інформаційні системи, лінійне програмування

Volkov A. I.

The Odessa State Environmental University

GEOGRAPHICAL INFORMATIONAL SYSTEM FOR ASSESSMENT SPATIAL DISTRIBUTION OF AIR POLLUTION (CASE STUDY OF KHMELNITSKY CITY)

Purpose. The goal of research is spatial analysis of air quality in town Khmelnytsky and to reveal districts with the lowest air pollution level. **Methods.** Algorithms of purpose functions, linear programming and geoinformational modelling of spatial data. **Results.** The assessment of spatial distribution of air pollution in Khmelnytsky city has been implemented. The data base and appropriate geographical system have been developed. The geographical informational system includes all data concerning air pollution in Khmelnytsky city. There have been designed digital maps of air pollution the area in question. **Conclusion.** There have been revealed areas with the highest and lowest levels of air pollution.

Key words: air quality, geographical informational systems, linear programming

Волков А. И.

Одесский державный экологический университет

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ (НА ПРИКЛАДІ М. ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ)

Цель. Целью данного исследования являлся пространственный анализ качества атмосферного воздуха города Хмельницкий и выявление районов, которые характеризуются минимальным уровнем загрязнения. **Методы.** Алгоритмы расчета целевых функций, линейного программирования и принципы геоинформационного моделирования пространственно-координированной информации. **Результаты.** Разработана база данных и соответствующая геоинформационная система, характеризующая состояние атмосферного воздуха города хмельницкий и получен соответствующий картографический материал. Выполнен анализ пространственного распределения загрязнения атмосферы воздуха города Хмельницкий. **Выводы.** Выявлены участки в пределах города, отвечающие наиболее высокому и низкому уровню загрязнения атмосферы.

Ключові слова: качество атмосферного воздуха, географические информационные системы, линейное программирование

Вступ

Постанова проблеми та її зв'язок з важливими практичними завданнями. Забруднення атмосферного повітря є однією з найбільш актуальних проблем, що стосуються навколишнього середовища міст. У всьому світі міські регіони розвиваються швидкими темпами, збільшення міського населення і зростання кількості транспорт

них засобів неминує призведе до виникнення проблем, що пов'язані із забрудненням повітря. Одним із аспектів даної проблеми є оцінка територій за рівнем забруднення атмосферного повітря з метою визначення найменш забруднених з них.

Для вирішення проблем такого характеру потрібна розробка географічних інфо-

рмаційних систем (ГІС) [1], що можуть реалізувати обробку і аналіз відповідних банків даних, що містять інформацію щодо забруднення атмосферного повітря, а також впроваджувати моделі розповсюдження забруднення із використанням сучасних засобів візуалізації розрахунків.

Вирішення цієї проблеми припускає:

- розробку ГІС-оцінки і аналізу забруднення атмосферного повітря в якості функціоналу якої може бути використаний статистичний аналіз і лінійне програмування [2];

- надання інструментів системи підтримки прийняття рішень [3] для практичного застосування результатів дослідження.

Необхідна ГІС умовно складається з трьох частин:

- банку просторово-орієнтованих даних (відомості моніторингових спостережень якості атмосферного повітря);

- імітаційної моделі розповсюдження домішки (припускається, що в імітаційній моделі стан забруднення повітря в районі досліджень моделюється і аналізується за допомогою оновлення, зберігання та вилучення даних атрибутів);

- системи управління банком даних.

Загальна схема даної системи приведена на рисунку 1.

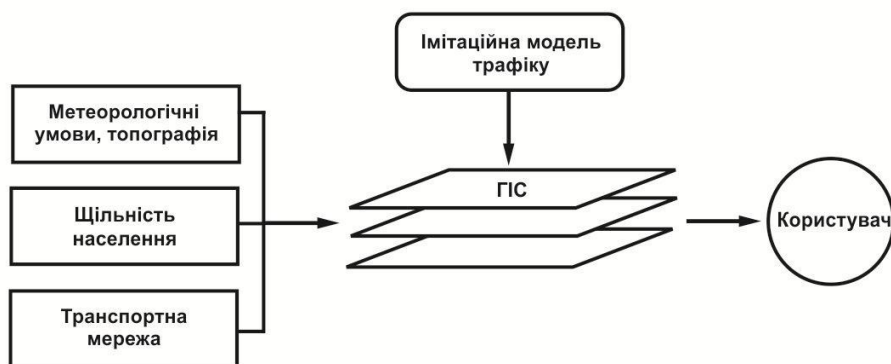


Рис. 1 – Схема ГІС-оцінки забруднення атмосферного повітря

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі забруднення повітря міст завжди приділялось багато уваги, оскільки якість атмосферного повітря безпосередньо впливає на стан здоров'я населення. Дослідження такого типу представлені такими роботами як [4, 5]. У багатьох випадках дослідження зосереджені на аналізі просторового розподілу концентрацій окремих домішок чи визначенню інтегрального показника забруднення атмосфери. Однак, для отримання повної картини стану атмосферного повітря, яка у майбутньому може бути застосована для планування розвитку міста, доцільно реалізувати районування територій з виділенням зон, що характеризуються найбільшим рівнем техноген-

ного навантаження та водночас максимальною щільністю населення. Дослідження даного типу не можливо реалізувати без застосування сучасних інформаційних технологій, що базуються на створенні відповідних банків даних та сучасних систем управління просторово-орієнтованою інформацією [6, 7]. В основі механізму зонування територій зручно застосовувати алгоритми лінійного програмування, що дозволяють виконувати пошук оптимальних значень функцій багатьох аргументів [8].

Метою даного дослідження є просторовий аналіз якості атмосферного повітря міста Хмельницький та виявлення районів, що характеризуються найменшим рівнем забруднення.

Результати дослідження

Вихідна інформація, що стосується якості атмосферного повітря, може бути отримана із багатьох джерел, таких як:

- моніторингові спостереження;
- аналіз карт, що характеризують щільність потоків транспорту;

• результати розрахунків відповідних імітаційних моделей.

Моніторингові дослідження, як правило, містять такі характеристики території дослідження як: інформація щодо концентрацій забруднюючих речовин; інформація, що характеризує умови розсіювання така як (топографія місцевості, погодні умови тощо).

Структура моделі симуляції складається з трьох складових, що наведені на рисунку 2, це:



Рис. 2 – Структура моделі симуляції забруднення повітряного басейну автотранспортом

2) *емісійна модель* виконує розрахунки, базуючись на параметрах розрахованих транспортною моделлю, а саме, кількості транспортних засобів, середній швидкості руху і статистиці, що характеризує їх тип. Таким чином, виконується розрахунок емісії забруднюючих речовин, що приходить на кілометр пробігу за допомогою функції, що спирається на середній рівень емісії для різних видів транспортних засобів. Кількісні характеристики емісії передаються у модель, що описує процес розсіювання домішки;

3) *модель розповсюдження* забруднюючих речовин у атмосферному повітрі. Існує безліч таких моделей і для багатьох із них існують відповідні модулі розрахунку, що можуть бути інтегровані у ГІС. Як приклад, може бути застосована модель, в основу якої покладений принцип розсіювання за Гаусом.

Наступним етапом є об'єднання банку даних і моделі у геоінформаційну систему за допомогою відповідного програмного забезпечення.

В даному прикладі, в якості базового картографічного матеріалу, застосовуються карти щільності населення і розповсюдженості транспортної мережі у населеному пункті. За векторними елементами транспортної мережі закріплені відповідні атрибутивні

1) *транспортна модель*, що використовується для прогнозування просторового розподілу транспортного навантаження. Модель дозволяє розрахувати навантаження транспортними засобами спираючись на статистичну інформацію, щодо типу авто і інтенсивності руху. Ці відомості застосовується як вихідні дані для створення емісійної моделі;

дані, що характеризуються інтенсивність руху, статистику типів транспортних засобів та ін.

На рисунку 3 представлена транспортна мережа міста.

На рисунку 4 наведена карта просторового розподілу щільності населення, що необхідна для проведення спільного аналізу з картою просторового розподілу забруднення атмосферного повітря.

Наступний етап – це оверлейний аналіз картографічного матеріалу на предмет виявлення територій де відчувається максимальний негативний вплив забруднення атмосферного повітря на населення, а це потребує введення відповідної цільової функції.

Завдання вибору оптимального рішення відноситься до класу задач математичного програмування, в основі яких лежить пошук безумовного і умовного екстремумів, що прикінцево відповідає максимізації чи мінімізації цільових функцій за умови заданих обмежень. Таким чином, задачі підтримки прийняття рішень, що застосовуються при моделюванні в ГІС так чи інакше пов'язані з вибором цільових функцій і математичним програмуванням.

Лінійне програмування (ЛП) є окремим випадком випуклого програмування,

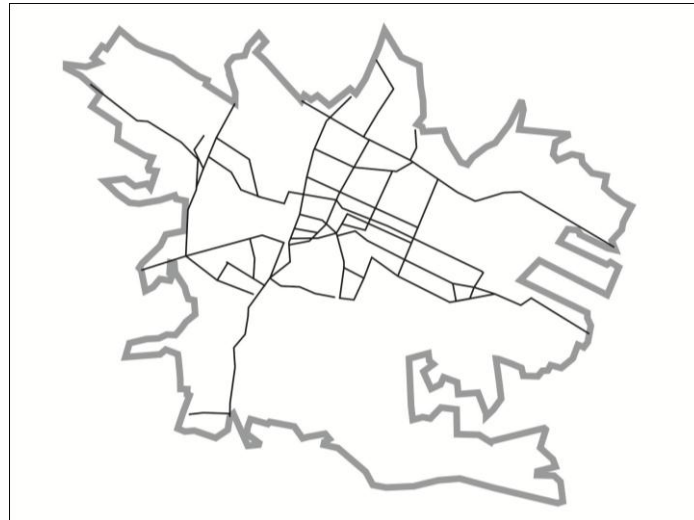


Рис. 3 – Транспортна мережа м. Хмельницький

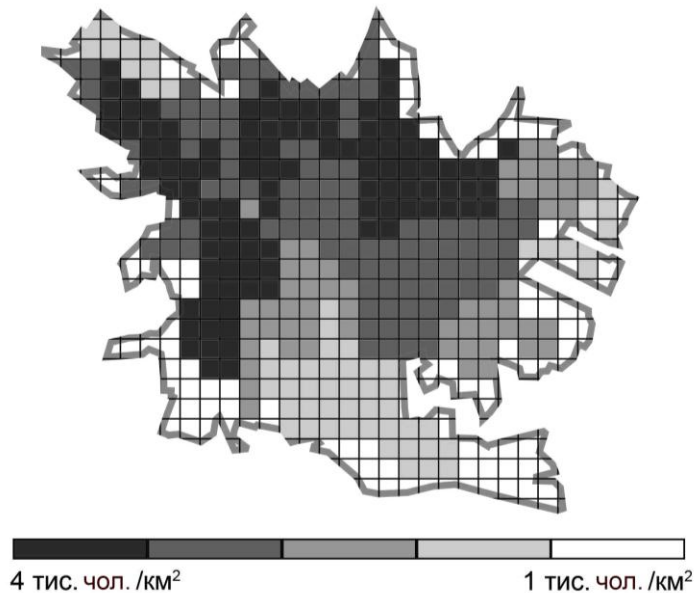


Рис. 4 – Карта просторового розподілу щільності населення міста

яке, в свою чергу, є окремим випадком математичного програмування. Водночас воно є основою для декількох методів вирішення завдань цілочисельного і нелінійного програмування. Одним з узагальнень лінійного програмування є дрібно-лінійне програмування.

Загальна (стандартна) задача лінійного програмування – знаходження мінімуму лінійної цільової функції (лінійної форми), що має вид:

$$f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (1)$$

Цільова функція – дійсна або цілочисельна функція кількох змінних, що підля-

гає оптимізації (мінімізації або максимізації) з метою вирішення певної оптимізаційної задачі. В рамках даного дослідження, цільова функція залежить від двох факторів: рівня техногенного навантаження на атмосферне повітря і щільності населення. Цей термін широко використовується в математичному програмуванні, дослідженні операцій, лінійному програмуванні, теорії статистичних рішень та інших областях математики, в першу чергу, прикладного характеру, хоча метою оптимізації може бути і вирішення власне математичної задачі. Крім цільової функції в задачі оптимізації для змінних можуть бути задані обмеження

у вигляді системи рівностей або нерівностей. У загальному ж випадку аргументи цільової функції можуть задаватися на довільних множинах.

Задача, в якій фігурують обмеження у формі нерівностей, називається основним завданням лінійного програмування (ОЗЛП).

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq b_i \quad (i = \overline{1, m}), \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, n}).$$

Завдання лінійного програмування матиме канонічний вид, якщо в основному завданні замість першої системи нерівностей має місце система рівнянь з обмеженнями у формі рівності:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i \quad (i = \overline{1, m}) \quad (3).$$

Основне завдання можна звести до канонічного шляхом введення додаткових змінних.

Завдання лінійного програмування найбільш загального вигляду завдання (зі змішаними обмеженнями: рівностями і нерівностями, наявністю змінних, вільних від обмежень) можуть бути приведені до еквівалентних (мають аналогічну множину рішень) замінами змінних і заміною рівності на пару нерівностей.

Легко помітити, що завдання знаходження максимуму можна замінити на завдання знаходження мінімуму, взявши коефіцієнти з протилежним знаком.

Таким чином, у даному випадку вирішення задачі лінійного програмування може бути реалізоване наступним чином: X_1 – комплексний індекс забруднення атмосфери і X_2 – показник, що характеризує щільність населення. Зрозуміло, що найскладніші умови будуть відповідати територіям, що характеризуються максимальним рівнем техногенного навантаження на атмосферне повітря і одночасно максимальною щільністю населення.

Отже, цільова функція буде мати вид:

$$f(x) = \sum_{j=1}^2 \omega_j X_j, \quad (4)$$

зрозуміло, що пошук рішення повинен бути обмежений позитивною областю визначення обох аргументів. Вагові коефіцієнти логічно представити у дискретній формі, вони позитивні для щільності населення і негативні для забруднення довкілля.

Рішення стандартної задачі лінійного програмування дозволяє реалізувати диференціювання території міста за впливом забруднення атмосферного повітря на населення, а також виділити три зони (рис. 5).

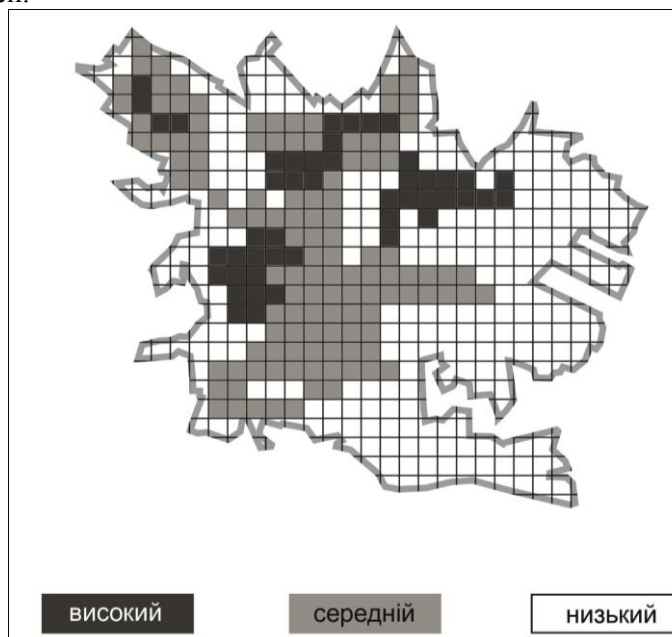


Рис. 5 – Диференціювання території м. Хмельницький за впливом забруднення атмосферного повітря на населення

Висновки

Максимальний вплив забруднення атмосферного повітря на населення спостерігається в таких районах міста Хмельницький: Центр, Раково, Виставка, Ближні Гречани; середній рівень: Дубове, Дубове-1, Гречани, Озерна, Лезнево; менший рівень: Південно-Західний, Шаровечка, Дальні Гречани. Отримана карта районування території може бути застосована при плануванні розвитку міста, із урахуванням рівня

техногенного впливу на атмосферне повітря.

Отриманий картографічний матеріал та відповідна геоінформаційна модель просторового розповсюдження рівня техногенного навантаження на атмосферне повітря, може бути інтегрована в існуючий банк даних, що характеризує сучасні соціально-економічні характеристики міста Хмельницький [10].

Література

1. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. 272 с.
2. Букаты М.Б. Геоинформационные системы и математическое моделирование. Учебное пособие. Томск: Изд. ТПУ, 2009. 75 с
3. Ralf Denzer. Generic Integration in Environmental Information and Decision Support Systems. / Bi-annual conference of the International Environmental Modelling and Software Society, June 24-27. Lugano: RSR, 2002 P. 53-60.
4. Breckling, B., Middelhoff, U. and H. Reuter. Individual-based models as tools for ecological theory and applications: understanding the emergence of organizational properties in ecological systems. / Ecological Modelling 194, Issues 1-3 (Mar) .Porto: FEUP, 2006. P. 102-113.
5. Yuriy I. Dreizis, Irina V. Grigoryan, Vladimir V. Kovalenko. Design of Multidimensional Database (MBD) for DSS in Problems of Environmental Management. /

European Researcher. Vol.(20), № 5-1. Brussels: EUS. 2012. P. 590-593.

6. Y. Polichtchouk. Geoinformation systems and regional environmental prediction. Safety Science 30, 1998 P. 63-70

7. J. Durgaprasadand , P. Subba Rao. Handling of Uncertainty for Modelling of Risk for Development of a DSS. / Environmental Knowledge for Disaster Risk Management. International Conference. 10-11 May, 2011 - Delhi, India: NIDM-GIZ, 2011 P. 19.

8. Anastassios Tassopoulos, Ioanis Anastasiadis. Environmental management and decision support system. / Neural, Parallel, and Scientific Computations № 19. Athens,; Dynamic Publishers, 2011. P439-451

9. Офіційний сайт міста Хмельницький [Електронний ресурс] // URL: <http://khmelnysky.com/>

Надійшла до редколегії 06.03.2017