

УДК 504.42

А. І. ВОЛКОВ, канд. геогр. наук, доц.
Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016, Україна
E-mail: andriy.i.volkov@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8456-0800>

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ОЦІНКИ ТА КОНТРОЛЮ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

Мета. Формування банку даних, що відповідає рівню техногенного навантаження на довкілля, розробка програмного забезпечення керівництва банком даних та районування території України за рівнем техногенного навантаження на довкілля. **Методи.** В якості інструментів обробки просторово-координованих даних використаний ГІС-пакет QGIS та авторський програмний пакет Environmental Decision Support Systems. В якості математичного апарату застосовані алгоритми кластерного і факторного аналізу. **Результати.** Запропонований комплексний підхід до районування територій за багатовимірними критеріями. Запропонований інтегральний показник рівня техногенного навантаження на довкілля, що спирається на векторне представлення окремих показників техногенного навантаження. Виконана диференціація територій України за рівнем техногенного навантаження на окремі компоненти довкілля та запропонована методика розрахунку інтегрального показника рівня техногенного навантаження. Сформовано масив картографічного матеріалу, що характеризує стан довкілля України, та відповідну систему управління банком просторово-координованих даних. Із застосуванням мови об'єктно-орієнтованого програмування C++ був розроблений комплексний програмний пакет Environmental Decision Support Systems, з використанням якого було проведено районування території України з виявленням сприятливих зон для розширення селітебного, рекреаційного і природоохоронного секторів. **Висновки.** Виділені території з максимальним навантаженням на довкілля України. Результати районування території України за рівнем техногенного навантаження можуть бути застосовані відповідними організаціями, щодо планування природоохоронної діяльності на регіональному і державному рівнях тощо.

Ключові слова: геоінформаційні моделі, системи підтримки, прийняття рішень, техногенне навантаження, довкілля

Volkov A. I.

Odessa State Environmental University

PROSPECTS FOR USING OF DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR ASSESSMENT AND CONTROL OF TECHNOGENIC PRESSURE ON THE ENVIRONMENT

Purpose. The purpose is to design the database on technogenic pressure levels on the environment and to develop the software for database control and zoning of Ukrainian areas by the technogenic pressure. **Methods.** The GIS free software QGIS is used as a main tool for spatial data analysis and development of the digital maps. The second tool is Environmental Decision Support Systems software which has been developed by author. The main mathematical tools are cluster and factor analysis algorithms. **Results.** The comprehensive approach to multidimensional zoning has been introduced. The integral index of technogenic pressure on the environment has been defined. The integral index is based on particular indexes which describes technogenic impacts on atmosphere, water and soils. The territory of Ukraine has been zoned by the level of technogenic pressure on the environment. Integrated map of spatial distribution for technogenic pressure on the environment of Ukraine was developed. The digital map database, which describes conditions of the environment of Ukraine, and appropriate database control system were developed. Author has developed the comprehensive software Environmental Decision Support systems by utilizing object-oriented language C++. The core of the application is geoinformational models and appropriate mathematical algorithms for spatial data analysis. **Conclusions.** The areas with high levels of technogenic pressure on the environment have been outlined. The developed approach and software can be useful for state and local authority institutions control activities which directed to reduction of negative impacts on the environment.

Key words: geographical informational models, systems of support, decision-making, technogenic pressure, environment

Волков А.И.

Одесский государственный экологический университет, г. Одесса

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Цель. Формирование базы данных, характеризующей уровень техногенной нагрузки на окружающую среду, разработка программного обеспечения управления базой данных и районирования территории Украины по уровню техногенной нагрузки. **Методы.** В качестве инструментов обработки пространственно-координированных данных использован ГИС-пакет QGIS и авторский программный пакет Environmental Decision Support Systems. В качестве математического аппарата использованы алгоритмы кластерного и факторного анализа. **Результаты.** Предложен комплексный подход к многокритериальному районированию территорий. Предложено определение интегрального показателя уровня техногенной нагрузки на отдельные компоненты окружающей среды. Выполнена дифференциация территории Украины по уровню техногенной нагрузки на отдельные компоненты окружающей среды, а также предложена методика расчета интегрального показателя уровня техногенной нагрузки. Создан массив картографического материала, характеризующий состояние окружающей среды Украины и соответствующая система управления базами данных. С использованием языка объектно-ориентированного программирования C++ разработан комплексный программный пакет Environmental Decision Support. **Выводы.** Выделены территории с максимальной техногенной нагрузкой на окружающую среду Украины. Результаты районирования территории Украины по уровню техногенной нагрузки могут быть использованы соответствующими организациями и органами власти для принятия решений относительно планирования природоохранной деятельности на региональном и государственном уровнях.

Ключові слова: геоинформационные модели, система поддержки, принятие решений, техногенная нагрузка, окружающая среда

Вступ

Проблеми управління якістю навколишнього середовища завжди були пов'язані із необхідністю аналізу просторово розподіленої інформації та розробкою багатопланового картографічного матеріалу. Оскільки раніше переважна кількість даних була на паперових носіях, процес обробки спочатку потребував значних часових витрат. У теперішній час, завдяки швидкому розвитку інформаційних технологій, вирішення цієї проблеми можливо здійснювати на новому якісному рівні [1 – 3].

Сучасні інформаційні технології надають можливість доступу до безлічі інструментів, певна кількість яких зосереджена у географічних інформаційних системах (ГІС) [4]. Завдяки широкому колу застосування, для ГІС не існує універсального визначення, однак в якості найбільш ємного можна розглянути наступне: географічна інформаційна система – це інтегрована сукупність апаратних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, аналіз і відображення (представлення) просторово-координованих даних [4].

Управління навколишнім середовищем, за своєю суттю, це просторова задача, оскільки вихідна інформація представлена у двох аспектах, а саме: географічна прив'язка та відповідний фізичний сенс характеристик якості довкілля. Протягом багатьох років

проводились дослідження, спрямовані на формування матеріалу, який поєднував просторові і тематичні показники різних територій та накопиченню цієї інформації на паперових носіях.

Сьогодні ці первісні ознаки карти перетворилися із пошукових посібників з фізичного простору на інструменти управління для вивчення просторових відносин. Ця перспектива знаменує собою новий поворотний момент у використанні карт, передуючи зміни у парадигмі в області екологічного планування та менеджменті від простого фізичного опису географічного простору до інтерпретації відображених даних, а також передачі факторів задля детального просторового аналізу. Також трансформувалась ціль, для якої використовуються карти. На сьогоднішній день системи картографування забезпечують значно глибший підхід до вирішення складних проблем, зокрема екологічного характеру [5–7]. Розуміння еволюційних етапів нової технології, її поточного вираження і ймовірні тенденції мають вкрай важливе значення для сьогоденної екологічної політики і управління якістю довкілля.

В силу поступового розвитку технології, акцент змістився з описової системи запитів до існуючих баз даних у бік аналізу і перетворених даних. Здебільшого, найперші етапи формування ГІС було зосереджено на

автоматизації традиційних методів картування. Якщо раніше користувач повинен був повторно накласти кілька карт на світлому столі, аналогічна процедура була розроблена також в рамках ГІС. Аналогічним чином, необхідні повторні ітераційні розрахунки були запрограмовані за допомогою відповідних математичних рішень. Результатом цих зусиль стала функціональність ГІС, що імітувала «ручні» процедури в повсякденній діяльності користувача. Цінністю таких систем є економія, яку забезпечила автоматизація операцій, що повторюються [8].

На наступних етапах поступово розроблено програмні інструменти, що дозволяли зручно застосовувати комплексні алгоритми обробки просторово розподіленої інформації, якою є, наприклад, просторова статистика. Її алгоритми надають значний набір інструментів для пояснення просторової неоднорідності показників якості навколишнього середовища у географічному просторі. Формалізація про-

сторової інформації надала можливість описати картографічний матеріал за допомогою традиційних математичних термінів, де кожна карта – «змінна», кожне місце – «випадок», кожне значення карти є «вимір». Це забезпечило узгоджену просторову ресстрацію чисел. Застосування таких понять, як просторова кореляція, статистичні фільтри, невизначеність карти і поширення помилок чекають їх перекладу з інших областей.

Як видно із наданого визначення, геоінформаційні технології є лише потужним інструментом, на базі якого зручно формувати системи підтримки прийняття рішень (СППР), спрямованих на оптимізацію управління якістю довкілля [9-11].

Мета дослідження. Формування банку даних, що відповідає рівню техногенного навантаження на довкілля, розробка програмного забезпечення керівництва банком даних та районування території України за рівнем техногенного навантаження на довкілля.

Методи дослідження

В якості інструменту дослідження застосовано авторський програмний пакет Environmental Decision Support Systems [12] (рис. 1).



Рис. 1 – Вікно завантаження СППР (Environmental Decision Support Systems)

Пакет розроблений із застосуванням мови об'єктно-орієнтованого програмування C++. Та поєднує у собі можливості сучасних ГІС, оскільки інтегрується з пакетом QGIS та використовує його базові бібліотеки обробки просторо-орієнтованої інформації. Також в якості настройки, що необхідна для обробки специфічних даних, зокрема рівня техногенного навантаження на довкілля, пакет реалізує алгоритми кластерного і факторного аналізів. Схема, що представляє архітектуру розробленого програмного пакету, представлена на рис. 2.

Видно із наведеної схеми, система включає наступні основні компоненти: Ядро – основний компонент системи, що відповідає за взаємодію розробленого програмного забезпечення із операційною системою і базовою програмою, якою є QGIS.

Бібліотеки методів і моделей – відповідні математичні моделі, що застосовуються для просторового опису рівня техногенного навантаження та функціонального застосування територій, містять моделі, формалізовані автором, та певний перелік стандартних моделей, що застосовуються програмним пакетом QGIS.

Банк даних і відповідна система управління цим банком даних – вихідна інформація, що аналізується.

Важливо зазначити, що розроблена СППР є масштабованою та надає можливість розширення функціоналу шляхом підключення нових бібліотек, а також функції та методи об'єктів авторських бібліотек, можуть застосовувати функції і об'єкти

стандартних бібліотек, що відповідає базовим принципам програмування: спадкоємству, інкапсуляції і поліморфізму. Слід звернути увагу на можливість одночасної обробки до 255 шарів растрової і векторної графіки, що є досить потужним інструментом та дозволяє розширити межі застосування даної системи, в залежності від кола проблем, що вирішується.

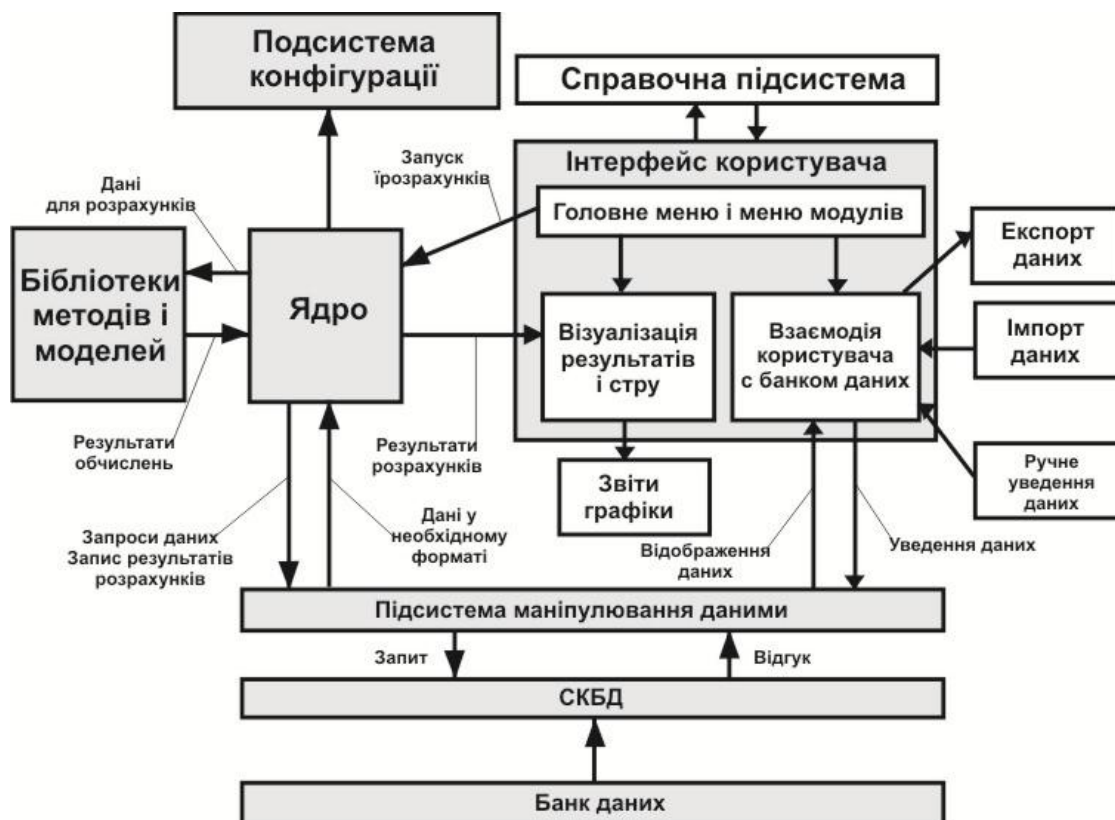


Рис. 2 – Схема архітектури пакету Environmental Decision Support Sysytems

Оцінка просторового розподілу рівня техногенного навантаження на кожен із компонентів довкілля (атмосферне повітря, природні води та ґрунти), враховувало наступний перелік показників, статистична інформація щодо яких представлена на офіційному ресурсі [13], за 2017 рік:

- викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, тис. Т / рік;
- викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря пересувними джерелами, тис. Т / рік;
- забір води з природних водних об'єктів, млн. м³ / рік;
- споживання господарсько-питних вод по регіонах, млн. м³ / рік;

- загальне водовідведення, млн. м³ / рік;
- скидання стічних вод в поверхневі водні об'єкти, млн. м³ / рік;
- площа сільськогосподарської освоєння,% від загальної площі;
- площа розораних земель,% від загальної площі;
- площа еродованих земель,% від загальної площі;
- кількість внесених агрохімікатів і пестицидів, т;
- утворення твердих промислових відходів, тис. т / рік;
- накопичення твердих промислових відходів в сховищах організованого складування, тис. т;

- утворення твердих побутових відходів, тис. м³ / рік.

Для поєднання цього переліку показників, запропоновано застосувати поняття інтегрального показника техногенного навантаження [14-16], тобто векторної величини (розмірності p), координатами якої є показники техногенного навантаження на окремі компоненти довкілля, які віднесено до площі території що вони характеризують (1).

$$X_i \left(\frac{\bar{x}_{i1}}{S_i}, \frac{\bar{x}_{i2}}{S_i}, \dots, \frac{\bar{x}_{ij}}{S_i}, \dots, \frac{\bar{x}_{ip}}{S_i} \right), \quad (1)$$

Однак в умовах неповноти статистичної інформації, можливо застосування алго-

ритму факторного аналізу [17], що надає можливість стиснення вихідних даних та поєднання їх у деякі узагальнені фактори, тобто отримання вектору меншої розмірності z (2):

$$X_i \left(\frac{\bar{x}_{i1}}{S_i}, \frac{\bar{x}_{i2}}{S_i}, \dots, \frac{\bar{x}_{ij}}{S_i}, \dots, \frac{\bar{x}_{iz}}{S_i} \right), \quad (2)$$

де $p > z$

Для розрахунку шару інтегрального показника техногенного навантаження, що представлений певною кількістю поєднаних шарів, використовуємо меню, що представлено на рисунку 10.

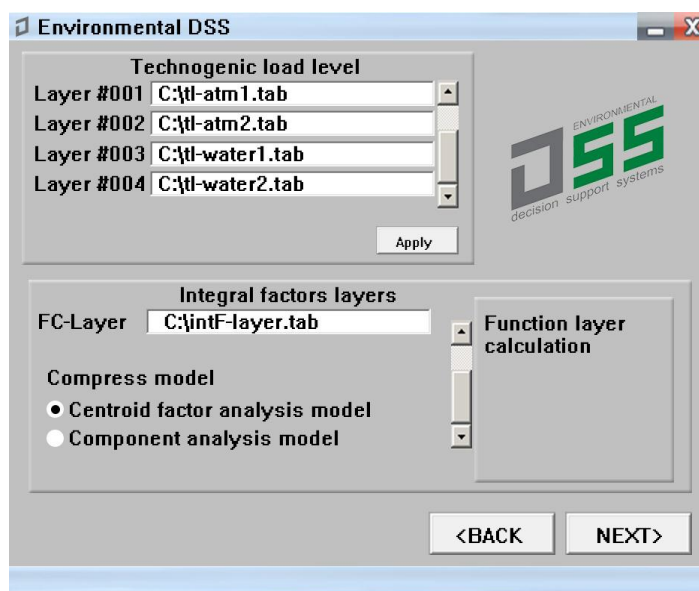


Рис. 3 – Меню обробки статистичних даних

Оскільки кожна комірка отриманої карти векторів була представлена певним вектором (2), для районування території був застосований модуль реалізуючий алгоритм кластерного аналізу [18]

Стисло алгоритм кластерного аналізу, що базується на максимінній відстані, можна представити у вигляді наступних кроків (рис.4):

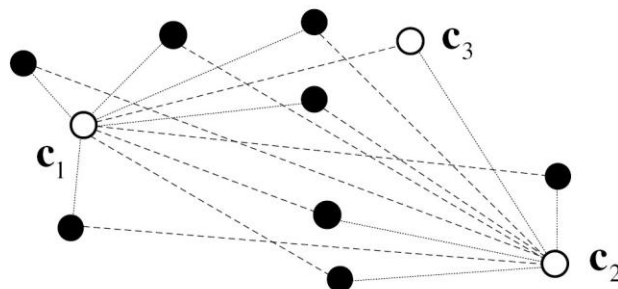


Рис. 4 – Схематичне представлення процесу кластеризації на прикладі двовимірного простору

1) у якості першого центру кластеру обирається елемент $c_1=x_1$;

2) у якості другого центру кластеру обирається той елемент $c_2=x_{j_2}$, що знаходиться на найбільшій відстані від c_1 , тобто $\|x_{j_2} - c_1\| = \max_{x \in \Xi} \|x - c_1\|$;

3) припустимо, що обрані k центри $C^{(k)} = \{c_1, \dots, c_k\}$ кластерів. В якості чергового $(k+1)$ -го центра кластеру обирається той елемент $x_{j_{k+1}}$, що знаходиться на найбільшій відстані від найближчого від центрів

c_1, \dots, c_k , (рис. 2.5) тобто

$$\min_{c \in C^{(k)}} \|x_{j_{k+1}} - c\| = \max_{x \in \Xi \setminus C^{(k)}} \min_{c \in C^{(k)}} \|x - c\| \quad (\text{рис. 4});$$

4) перевіряється умова «останова». Умовою «останова» алгоритму може бути виконання нерівності $Q_{(k+1)}/Q_{(k)} \geq \gamma$, де $\gamma \in (0,1)$ - деяке порогове значення, що наближається до одиниці. Виконання останньої умови означає, що при появі нового центру кластеру дисперсія змінюється незначно.

Результати досліджень та обговорення

Застосування алгоритмів факторного і кластерного аналізів дозволило отримати просторову картину розподілу рівня техногенного навантаження на окремі компоненти навколишнього середовища (рис. 5-8).

Кластеризація території України за рівнем техногенного впливу на атмосферний басейн (рис. 5). До першого кластеру відносяться переважно території східної частини країни, що пояснюється значною кількістю стаціонарних джерел забруднення. Також території, що відносяться до

першого та другого кластеру спостерігаються у зонах з максимальною кількістю населення, та обумовлені викидами пересувних джерел забруднення. Як видно з діаграми (рис. 5), єдність векторів, що відносяться до кожного з кластерів є значимою і відповідає в середньому 78% сумарної дисперсії.

Розподіл техногенного навантаження на природні води є також нерівномірним (рис. 6).

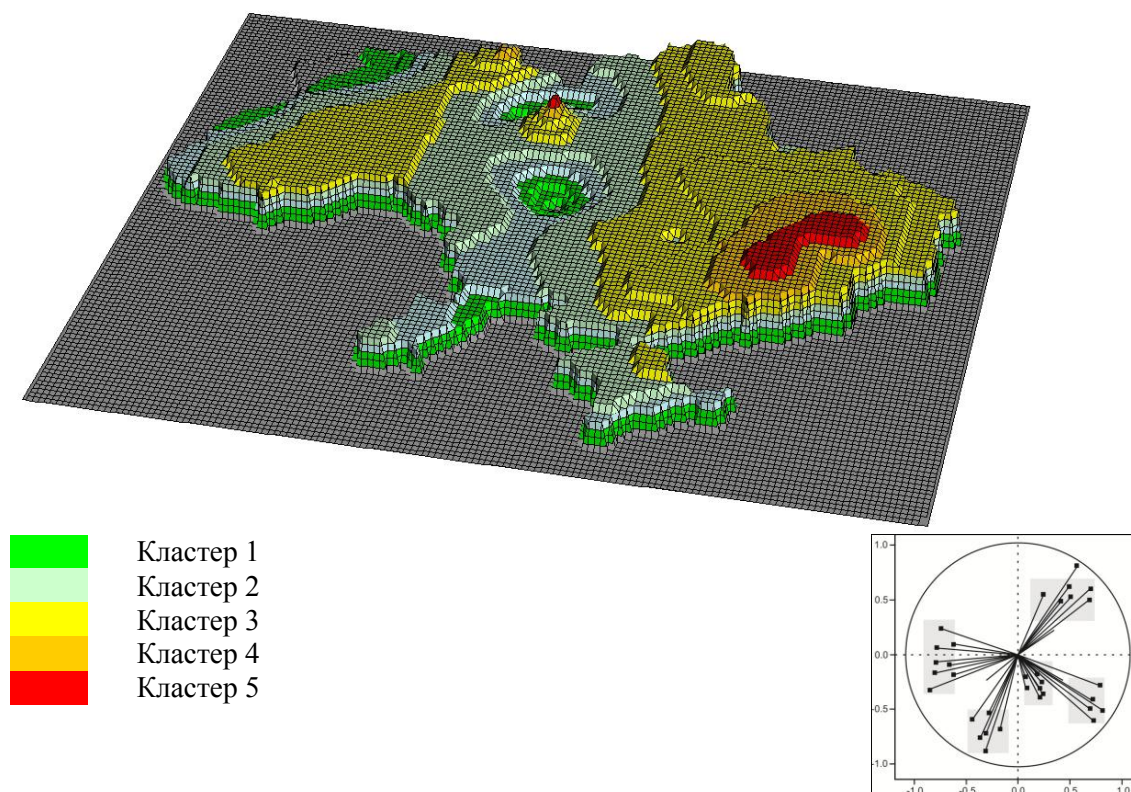


Рис. 5 – Кластеризація території України за техногенним навантаженням на атмосферне повітря

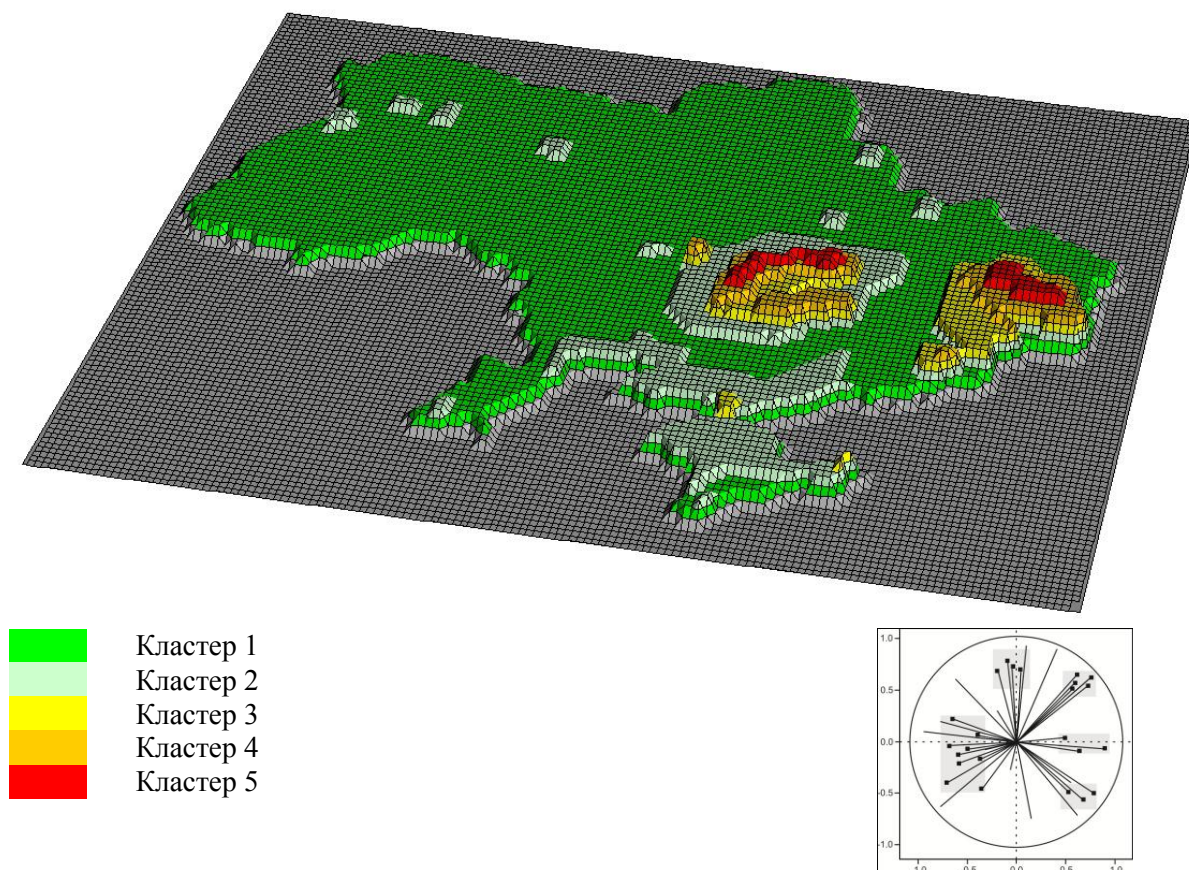


Рис. 6 – Кластеризація території України за техногенним навантаженням на природні води

Як видно з рисунку 6, максимальний рівень навантаження відповідає центральним і східним регіонам. Як видно з діаграми (рис. 6), єдність векторів, що відносяться до кожного з кластерів є значимою і відповідає в середньому 71% сумарної дисперсії.

Максимальне техногенне навантаження на ґрунти (рис. 7) зосереджена у межах південних регіонів, що в свою чергу характеризуються більш розвиненим агропромисловим сектором. Як видно з діаграми (рис. 7), єдність векторів, що відносяться до кожного з кластерів є значимою і відповідає в середньому 73% сумарної дисперсії.

Просторовий розподіл рівня техногенного навантаження, що обумовлений накопиченням твердих промислових і побутових відходів є більш однорідним, що пояснюється просторовим розподілом полігонів організованого складування останніх. Очевидно, що максимальні значення відповідають також східним регіонам (рис. 8). Як видно з діаграми (рис. 7), єдність векторів, що відносяться до кожного з кластерів є значимою і відповідає в середньому 84% сумарної дисперсії.

Слід відмітити, що сформований банк просторових даних і відповідна система управління даними на базі ГІС-пакету QGIS

і авторського програмного пакету EDSS можуть мають безпосереднє практичне значення у рамках вирішення питань щодо визначення пріоритетів у процесі прийняття рішень щодо організації природоохоронних заходів як на регіональному так і на державному рівнях.

Важливо відмітити:

- проаналізований перелік показників техногенного навантаження відображує вплив на всі компоненти довкілля і таким чином є репрезентативним;

- представлення окремого растра зображення у якості векторної величини надає можливість враховувати величини різного порядку і розмірності, що не представляється можливим у разі застосування скалярної величини модуля техногенного навантаження;

- застосування факторного аналізу у якості проміжного інструменту обробки статистичних даних надає можливість покращити результати розрахунків завдяки усуненню лінійно залежних показників у процесі попередньої обробки вихідних даних;

- розроблена система є масштабованою, тобто наявний набір показників може бути розширений у разі наявності додаткових даних.

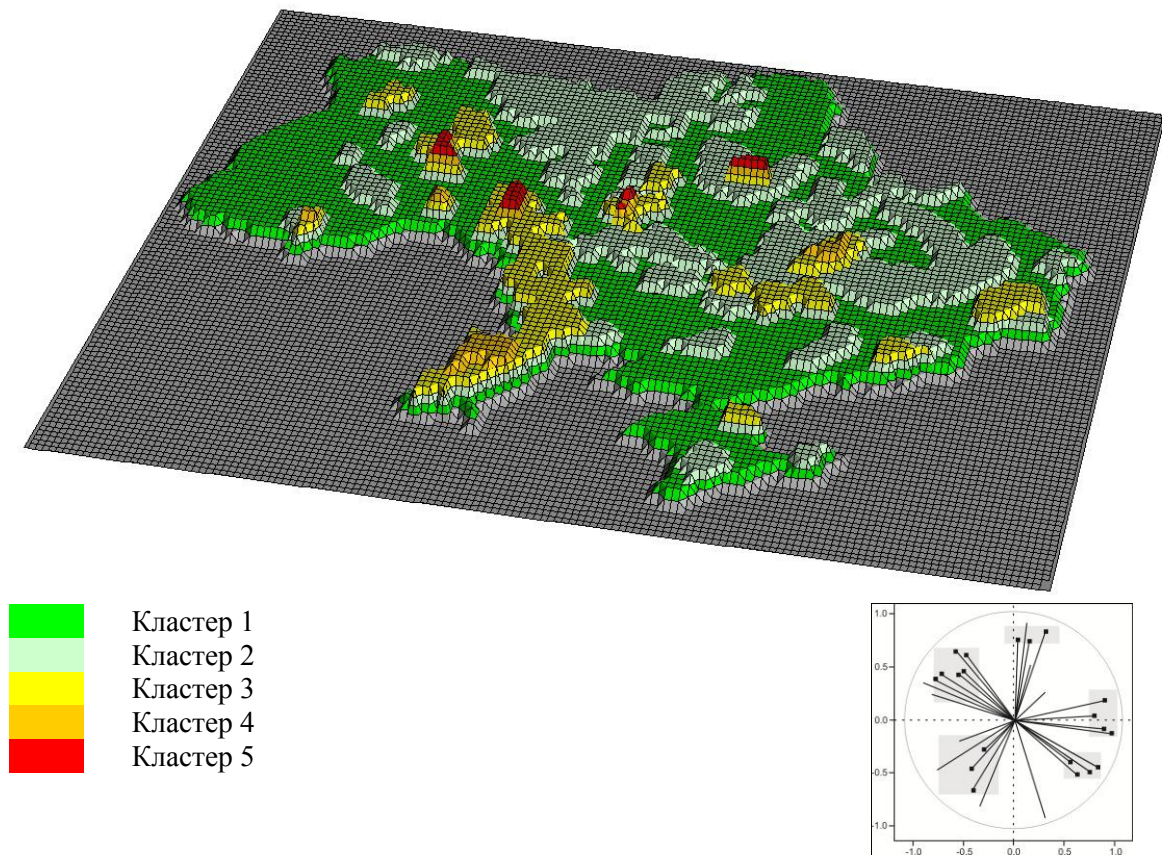


Рис. 7 – Кластеризація території України за техногенним навантаженням на ґрунти

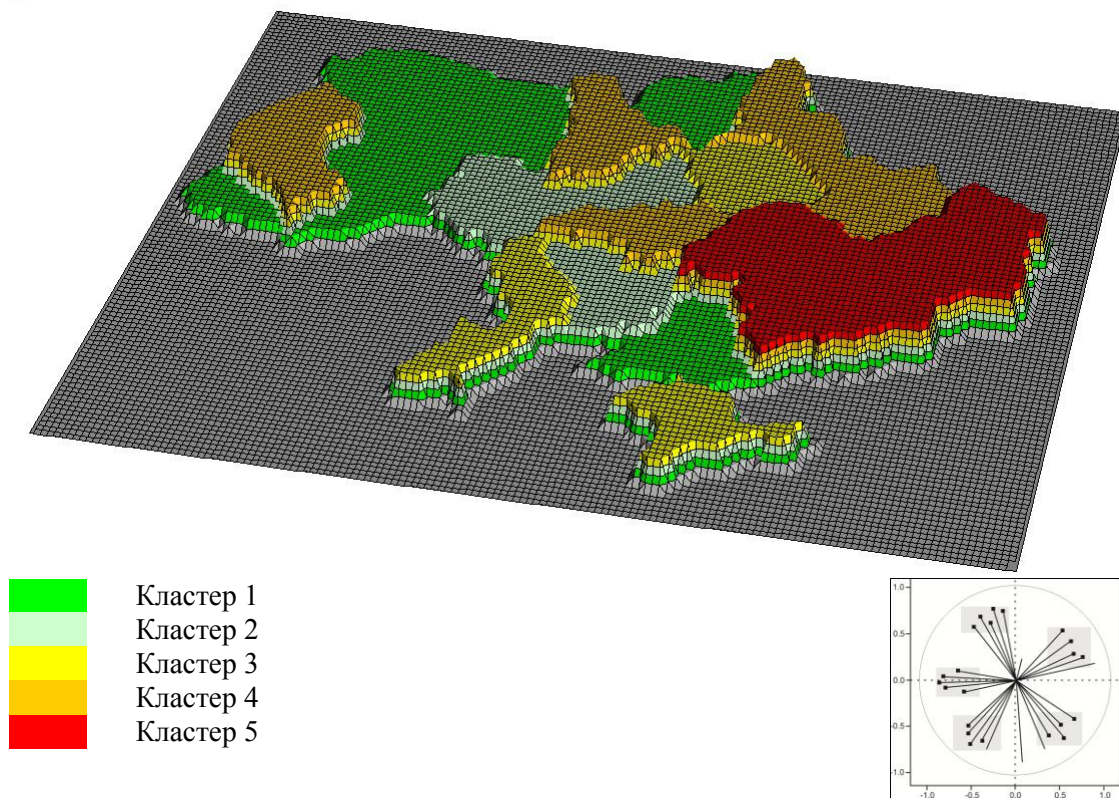


Рис. 8 – Кластеризація території України за техногенним навантаженням, що формується твердими промисловими і побутовими відходами

Висновки

В останній час існує велика кількість цифрового картографічного матеріалу, що характеризує стан довкілля. Однак важливим недоліком є відсутність єдності та однорідності існуючих даних. Переважна кількість інформаційних джерел надає інформацію фрагментарно та без єдиної програмної оболонки, що призводить до неузгодженості просторової та часової прив'язки. Для прийняття управлінських рішень, що направлені на покращення стану довкілля дуже важливим є оперативне отримання просторової оцінки рівня техногенного навантаження, що не представляється можливим без використання певних програмних засобів, що узагальнюють і зв'язують вихідні дані різних форматів.

Розроблений в рамках даного дослідження програмний продукт, дозволяє вирішити поставлену проблему завдяки поєд-

нанню інструментів управління просторово-координованими даними та алгоритмів багатовимірної обробки статистичного матеріалу.

Таким чином програмний продукт може бути застосований користувачем чи групою користувачів у обов'язки яких входить планування природоохоронної діяльності завдяки оперативному пошуку територій, що потребують пріоритетної уваги в силу високого рівня техногенного навантаження на кожен компонент довкілля. Пакет EDSS відноситься до типу систем, що спрощують прийняття рішень, завдяки наданню оперативного доступу до банку даних, виконанням просторового аналізу і графічної інтерпретації результатів аналізу у вигляді цифрового картографічного матеріалу.

Література

1. Paul A. GIS Solutions for Environmental Management Mapping Your Environmental Management Strategy. New York: ESRI, 2012. 12 с.
2. Tassopoulos, A. Anastasiadis, I. (2011). Environmental management and decision support system.. *Neural, Parallel, and Scientific Computations* , 19, 439-451.
3. Bayarmaa E. Geospatial modeling and mapping of air pollution . Netherlands: Enschede, 2013. 57 с.
4. Світличний О., Плотницький С. Основи Геоінформатики. Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. 295 с.
5. Журкин И., Шайтура С. Геоинформационные системы. Москва: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. 272 с.
6. Попов А. Системы поддержки принятия решений. Екатеринбург: Урал. гос. ун-т, 2008. 80 с.
7. Пахомов П., Немтинов В. Технология поддержки принятия решений по управлению инженерными коммуникациями. Москва: Машиностроение, 2009. 124 с.
8. Скрыпник О. Моделирование системы поддержки принятия решения в процессах внедрения систем информационного обеспечения. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2011. № 3 (37). С.194-199. Skrypnyk, O. (2011).
9. Dreizis Y., Grigoryan I., Kovalenko V. Design of Multidimensional Database (MBD) for DSS in Problems of Environmental Management. *European Researcher*. 2012. № 5-1 (20). С.590-593.
10. Durgaprasadand J., Rao P. Handling of Uncertainty for Modelling of Risk for Development of a DSS // *Environmental Knowledge for Disaster Risk Management.: International Conference / India. Delhi: NIDM-GIZ, 2011. С.19-19.*
11. Russel N. The role of decision support systems and models in integrated river basin management. London: Scriptoria, 2013. 48 с.
12. Волков А. Геоінформаційні моделі і системи підтримки прийняття рішень оцінки та контролю рівня техногенного навантаження на довкілля. Одеса: ТЕС , 2016. 150 с.
13. [Електронний ресурс] // <http://www.ukrstat.gov.ua/>. 1992. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. Дата обращения: 01.03.2019
14. Волков А., Попик О. Анализ пространственного распределения загрязнения атмосферного бассейна г.Одессы (с использованием ГИС). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. № 3-4. С.137-141.
15. Волков А. Аналіз забруднення ґрунтового покриву важкими металами (із застосуванням ГИС). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 1-2 (27). С.31-39.

16. Волков А. Анализ качества морских вод побережья Одесской агломерации. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. № 1-2. С.46-50.
17. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. Москва: МИР, 1967. 140 с.
18. Школьний Є., Лосєва І., Гончарова Л. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. Київ: Міносвіти України, 1999. 600 с.

References

1. Paul , A. (2012). GIS Solutions for Environmental Management Mapping Your Environmental Management Strategy. New York: ESRI. [in English]
2. Tassopoulos, A., & Anastasiadis, I. (2011). Environmental management and decision support system. *Neural, Parallel, and Scientific Computations*, 19, 439-451. [in English]
3. Bayarmaa , E. (2013). Geospatial modeling and mapping of air pollution . Netherlands: Enschede. [in English]
4. Cvitlychnyi , O., & Plotnytskyi , S. (2006). *Osnovy Heoinformatyky* [The Fundamentals of Geoinformatics]. Sumy: VTD «Universytetska knyha». 206 p [in Ukrainian]
5. Zhurkin , I., & Shajtura , S. (2009). *Geoinformacionny`e sistemy`*. [Geographical Informational Systems] Moskva: KUDICz-PRESS 272 p [in Russian]
6. Popov , A. (2008). *Sistemy` podderzhki prinyatiya reshenij*. [Decision Support Systems] Ekaterinburg: Ural. gos. un-t. 80 p [in Russian]
7. Paxomov , P., & Nemtinov , V. (2009). *Texnologiya podderzhki prinyatiya reshenij po upravleniyu inzhenerny`mi kommunikaciyami*. [The Technology of Decision Support in Engineering Communications Managing] Moskva: Mashinostroenie. 124 h [in Russian]
8. *Modelirovanie sistemy` podderzhki prinyatiya resheniya v processax vnedreniya sistem informacionnogo obespecheniya*. [The Modeling of Decision Support System for Implementation of Informational Support] *Praczi Odes`kogo politexnichnogo universitetu*, 3, 194-199. [in Russian]
9. Dreizis , Y., Grigoryan , I., & Kovalenko , V. (2012). Design of Multidimensional Database (MBD) for DSS in Problems of Environmental Management. *European Researcher*, 5-1, 590-593. [in English]
10. Durgaprasadand , J., & Rao , P. (2011). Handling of Uncertainty for Modelling of Risk for Development of a DSS . *Environmental Knowledge for Disaster Risk Management.*, (19-19). Delhi: NIDM-GIZ [in English]
11. Russel , N. (2013). The role of decision support systems and models in integrated river basin management. London: Scriptoria. 48 p [in English]
12. Volkov , A. (2016). *Heoinformatsiini modeli i systemy pidtrymky pryiniattia rishen otsinky ta kontroliu rivnia tekhnogennoho navantazhennia na dovkillia* [Geoinformational Models and Decision Support Systems for Assessment and Control of Technogenic Load on the Environment]. Odesa: TES. 150 p. [in Ukrainian]
13. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [The State Statistic Service of Ukraine]. <http://www.ukrstat.gov.ua>. 01.03.1992 Web. 01.03.2019 Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian]
14. Volkov , A., & Popik , O. (2013). *Analiz prostranstvennogo raspredeleniya zagryazneniya atmosfernogo bassejna g.Odessa` (s ispol`zovaniem GIS)* [The Assessment of Spatial Distribution for Air Pollution within Odessa city (Utilizing GIS)] . *Lyudina ta dovkillia. Problemi neoeologii*, 3-4, 137-141.
15. Volkov , A. (2017). *Analiz zabrudnennia gruntovoho pokryvu vazhkymy metalamy (iz zastosuvanniam HIS)* [The Assessment of Soil Pollution by Heavy Metals (Utilizing GIS)]. *Liudyna ta dovkillia.* , 1-2, 31-39.
16. Volkov , A. (2012). *Analiz kachestva morskix vod poberezh`ya Odesskoj aglomeracii* [The Assessment of Sea Water Quality within Coastal Zone of Odessa Agglomeration]. *Lyudina ta dovkillia. Problemi neoeologii*, 1-2, 46-50. [in Ukrainian]
17. Louli , D., & Maksvell , A. (1967). *Faktorny`j analiz kak statisticheskij metod* [Factor Analysis as Statistical Method]. Moskva: Mir. [in Russian]
18. Shkolnyi , Y., Loieva , I., & Honcharova , L. (1999). *Obrobka ta analiz hidrometeorologichnoi informatsii*. [Processing and Analysis of hydrometeorological data] Kyiv: Minosvity Ukrainy. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 30.04.2019