

Н.В. Караєва, Л.О. Левченко, Я.М. Трохименко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Запропоновано методологічні основи створення інформаційно-аналітичної системи моніторингу екологічної безпеки й сталого розвитку та ранжирування територій на основі кластерного аналізу за рівнем сталого розвитку.

Ключові слова: моніторинг, сталий розвиток, економічна безпека, ранжирування

Постановка проблеми

Розробка стратегій, планів, програм сталого розвитку (СР) на всіх рівнях управління повинно спиратися на повне й адекватне відображення динаміки розвитку соціо-еколого-економічної системи (СЕЕС) у кожній визначеній одиниці адміністративно-територіального устрою на фоні відповідних інтегральних показників (індикаторів) по країні. Для успішної реалізації принципів СР необхідна послідовність проведення заходів і дотримання принципів ієрархічної організації рівнів СР (планета; країна, федерація; регіон; область, автономія; великі й середні міста).

Нині Україна переживає період реформ, її економіка нестабільна, процеси, що виникають в ній, несуть загрозу безпечному функціонуванню окремих територій, держави та суспільства в цілому. За цих умов виникає потреба у розробці та реалізації таких механізмів господарювання, які враховували б інтереси держави, що узгоджені з інтересами, цілями та завданнями СР територій. Проблеми, що вирішуються в кожному регіоні, повинні відповідати загальнодержавним завданням, але з урахуванням територіальних особливостей. Все це передбачає необхідність цільового спостереження та порівняльного аналізу значної кількості факторів і індикаторів під час розробки та реалізації стратегії СР територій. Індикатори СР використовуються для забезпечення обґрунтованих критеріїв щодо ухвалення рішень на всіх рівнях, гарантуючи тим самим саморегулювання стійкості СЕЕС. Крім того, розв'язання проблеми досягнення умов СР вимагає відповідних взаємоузгоджених дій багатьох суб'єктів виробничо-господарської діяльності. При цьому важливою складовою такого комплексу дій є забезпечення прийняттого рівня економічної безпеки (ЕКБ) держави та окремих її територій, адже досягнення умов СР вимагає ефективної

організації економічної діяльності [1].

Метою статті є розробка методологічних основ створення інформаційно-аналітичної системи моніторингу екологічної безпеки й сталого розвитку та ранжирування територій на основі кластерного аналізу за рівнем сталого розвитку.

Викладення основного матеріалу

Ранжирування та моделювання стану територій за рівнем СР дозволяє диференційовано формувати систему ефективних заходів управління, спрямованих на забезпечення ЕКБ й СР держави. Саме тому сучасна практика міжтериторіального аналізу вимагає розробки методологічних положень створення інформаційно-аналітичної системи (ІАС) моніторингу ЕКБ й СР та ранжирування (на основі кластерного аналізу (КА) стану територій за рівнем розвитку. ІАС широко застосовуються в теорії та практиці міждержавного аналізу.

Методологія створення ІАС моніторингу та ранжирування територій за рівнем ЕКБ й СР територій України націлена на конкретні типи завдань щодо їх прикладного використання. Створення ІАС моніторингу та ранжирування територій за рівнем ЕКБ й СР територій України передбачає врахування двох основних факторів [2]:

1) наявності достовірних джерел збору інформації, сучасних перспективних програмно-технічних засобів, технології збору і передачі даних, оперативності обробки інформації;

2) аналітичної складової в програмно-технічному комплексі. Даний фактор залежить від: якості алгоритмів аналітичних програм; оперативності проведення аналізу.

Основою формування ІАС є розробка трьох підсистем: моніторингу СР та ЕКБ, геоінформаційної обробки індикаторів СР та ЕКБ. Кожна підсистема повинна враховувати методичну специфіку їх визначення (рис. 1).

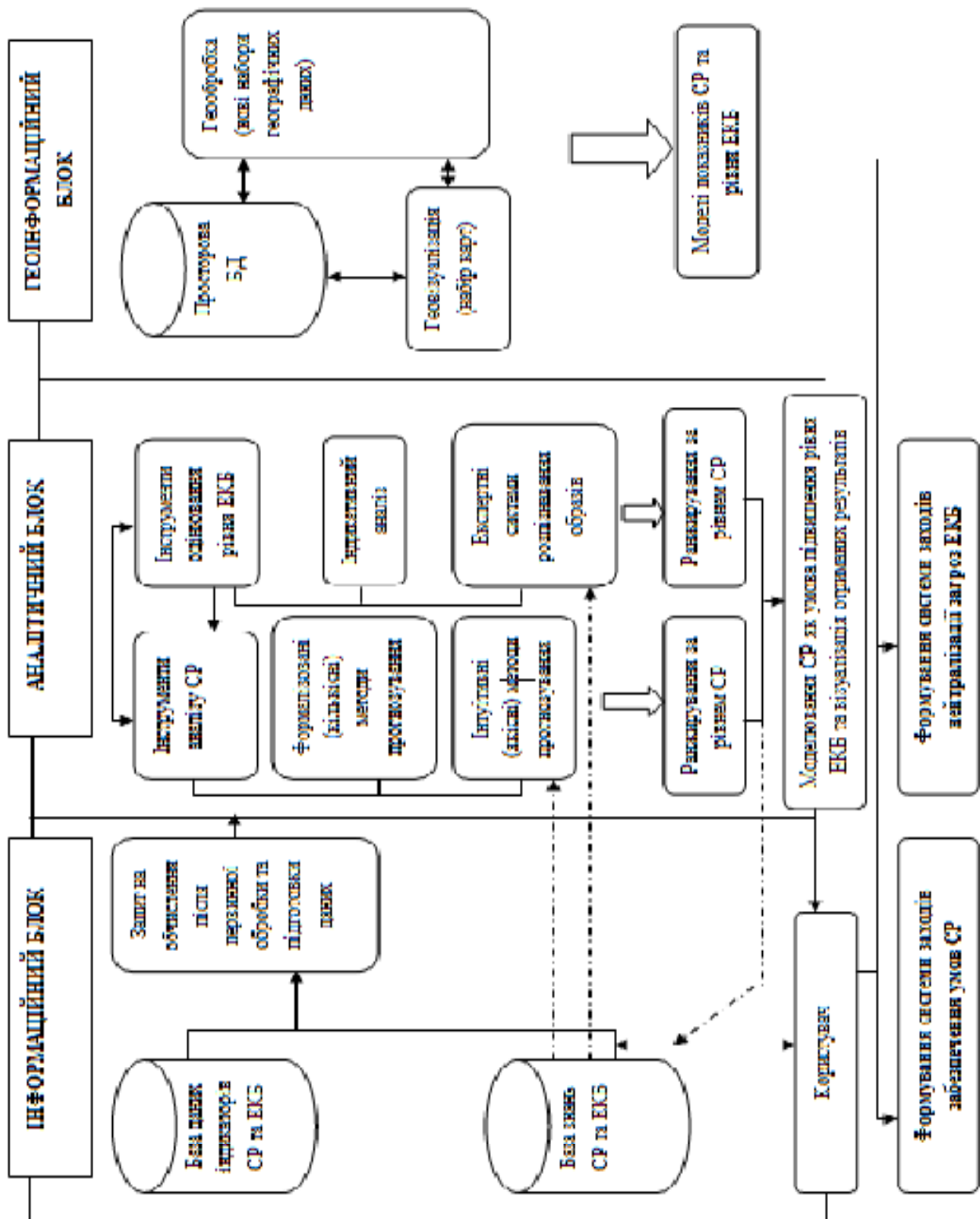


Рис.1. Структура інформаційно-аналітичної системи моніторингу СР та ЕКБ

Розглянемо сутність інформаційно-організаційних передумов розробки даних підсистем. Зокрема, розробка основних компонентів ІАС (рис. 1) передбачає створення:

- 1) тематичної багатовимірної бази даних (БД) та бази знань (БЗ);
- 2) концепції аналізу та прогнозування тенденцій розвитку територій України;
- 3) геоінформаційної обробки даних з використанням ГІС-технологій;
- 4) програмного забезпечення інформаційно-аналітичної системи.

Розглянемо детальніше сутність описаних напрямів.

Тематична БД та БЗ можуть бути представлені об'єктно-реляційними нормалізованими таблицями БД, що містять ієрархічну систему взаємопов'язаних показників СР та ЕКБ [1] за основними сферами життєдіяльності (економічні, екологічні, соціальні тощо) для відповідних територій. На сьогоднішній день для оцінки СР світового співтовариства розроблено більш ніж 1 тис. показників, за якими достатньо складно приймати рішення, оцінювати ступінь СР територій. Загалом розробка критеріїв та індикаторів СР здійснюється з використанням двох основних підходів:

– побудова інтегрального індексу, на основі агрегованої оцінки стійкості (Aggregate Sustainability Measures – ASM);

– побудова системи окремих індикаторів стійкості (Sustainability Performance Indicators – SPI), кожний з яких відображає певні аспекти СР.

Агрегованість зазвичай здійснюється на основі трьох груп показників: еколого-економічних, еколого-соціально-економічних і екологічних. Як приклад, наведемо систему вимірювань СР (табл. 1), запропоновану Інститутом прикладного системного

аналізу НАН України і МОН України [3]. З табл.1 виходить, що кожен агрегований індекс обчислюється з використанням великої кількості індикаторів і наборів даних як кількісного, так і якісного характеру. Інтегральний підхід до побудови агрегованого показника СР найбільш повно реалізований в розробках ПРООН та іншими організаціями ООН [4,5].

БЗ накопичує загальнотеоретичні знання і знання експертів про об'єкт дослідження у вигляді опису класів. Суть концепції БД та БЗ полягає в інтегрованому збереженні й диференційованому використанні прикладними програмами всієї інформації про об'єкти предметної галузі, що представляють певний інтерес для користувача. За таких умов, з одного боку, формати представлення даних описуються на логічному (зрозумілому) для кожної програми рівні, але, з другого боку, усі інші дані, що зберігаються у БД і БЗ, і не мають ніякого відношення до певної прикладної програми, є для неї «прозорими». Це означає, що їхню присутність програма не відчуває. Тобто всі дані розміщуються в єдиному сховищі. Користувачі мають можливість звертатися до будь-яких даних, що їх цікавлять. Одні і ті ж самі дані можуть бути використані в різних комбінаціях і по-різному представлені відповідно до задач користувачів. Це забезпечується за рахунок занурення БД та БЗ у спеціальне програмне середовище, що виконує функції доступу і перетворення структур даних. Очевидним є той факт, що використання БД та БЗ та системи їх управління щодо створення великих потужних автоматизованих інформаційних систем, які включають велику кількість взаємопов'язаних програмних додатків, безперечно дає суттєві переваги порівняно з варіантами створення таких самих автоматизованих інформаційних систем на

Таблиця 1

Перелік складових для оцінки агрегованого індексу СР [3]

Аспект стійкого розвитку	Тип агрегованого індексу	Кількість складових
Економічний (Іек)	Ік – індекс конкурентоспроможності	3 індикатора 47 наборів даних
	Іес – індекс економічної свободи	10 індикаторів 50 наборів даних
Екологічний (Іе)	ESI – індекс екологічної стійкості	21 індикатор 76 наборів даних
Соціальний (ІС)	ІКБ – індекс якості і безпеки життя	9 індикаторів
	ІЛР – індекс людського розвитку	3 індикатора
	ІКС – індекс суспільства, яке засноване на знаннях	3 індикатора 15 наборів даних

основі файлових систем. Організація збереження та розміщення даних повинна бути зручною та ефективною для забезпечення оперативного аналізу і представлення необхідних наборів даних відповідно до сформованих запитів користувачів. Для забезпечення формування запитів користувачів необхідно розробити нормативно-довідкову систему, яка містить довідники: адміністративно-територіального устрою України; економічних показників: індикаторів ЕКБ та СР. Як СУБД можна використати Microsoft SQL Server 2008.

Концепція аналізу та прогнозування тенденцій розвитку територій України повинна містити збалансовані потреби певних користувачів на одержання аналітичної інформації, фактичні ресурси та методологічну базу для підтримки досліджень СР та ЕКБ території і зручності підключення нових компонентів аналітичного блоку до системи. Кожний компонент аналітичного блоку має бути розроблений під вказані типи прикладних задач. Він повинен включати аналітичні дані та методологію їх оброблення, оцінювання і прогнозування. Слід відмітити, що розробка аналітичного блоку пов'язана з деякими труднощами, враховуючи значну кількість методів оцінювання, прогнозування та моделювання. Так, наприклад, в світовій практиці для оцінювання рівня ЕКБ застосовують такі методи [1, 6, 7]: метод

скалярізації; метод січних площин, метод дискримінантного аналізу та метод нечітких множин. Аналіз існуючих методів і методик оцінки стану ЕКБ показує, що вони загалом базуються на методологічних основах індикативного аналізу та теорії нечіткої логіки (рис.1).

Стосовно аналізу СР в сучасній практиці нараховується понад 150 різних методів прогнозування, але на практиці використовується тільки два-три десятки. Класифікація основних методів економічного прогнозування за загальним принципом дій і способів отримання інформації наведена на рис. 2. Для вибору методологічної бази для підтримки досліджень СР та ЕКБ, слід визначити ціль аналізу (прогнозу) і період, на який він формується, врахувати специфіку об'єкта дослідження, види, повноту і вірогідність вхідної інформації.

Ранжирування територій за рівнем СР, як показано в табл. 2, базується на широкому використанні методів КА, які за ознакою необхідності усунення впливу масштабу класифікаційних ознак на результати можна поділити на дві групи:

- 1) методи КА при стандартизації (або нормуванні) параметрів;
- 2) методи КА без стандартизації параметрів.

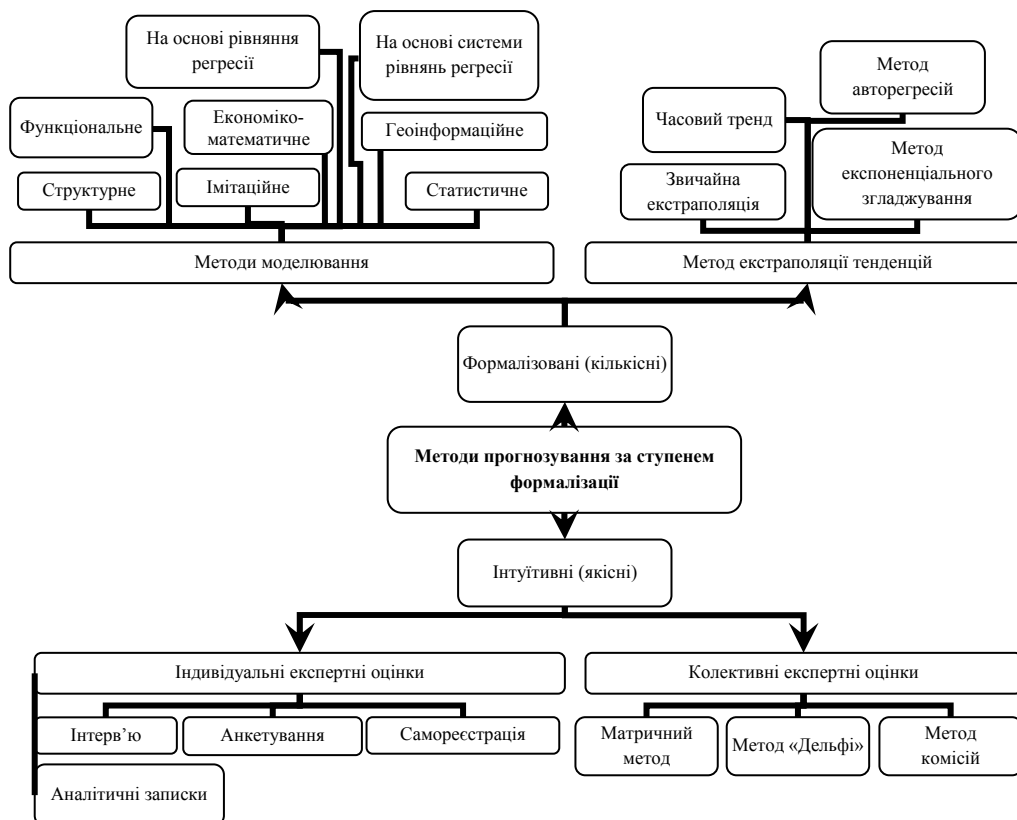


Рис.2. Класифікація методів прогнозування

Методи кластерного аналізу

Назва методу	Сутність методу
FOREL (Формальний Елемент)	Алгоритм кластеризації, який ґрунтується на ідеї об'єднання в один кластер об'єктів в областях їх найбільшого скупчення. Принцип роботи: На кожному кроці ми випадковим чином вибираємо об'єкт з вибірки, будемо навколо нього сферу радіуса R , всередині цієї сфери вибираємо центр ваги і робимо його центром нової сфери. На кожному кроці рухаємо сферу в бік локального скупчення об'єктів вибірки, тобто намагаємося захопити якомога більше об'єктів вибірки сферою фіксованого радіуса. Після того, як центр сфери стабілізується, всі об'єкти всередині сфери з цим центром ми позначаємо як кластеризовані і вилучаємо їх з вибірки. Цей процес ми повторюємо до тих пір, поки вся вибірка не буде кластеризована
Кластеризація k-середніми	Класичний алгоритм кластеризації k-середніми став загальновідомим завдяки Hartigan `у. Основна операція цього алгоритму відносно проста: задане фіксоване число (бажане або гіпотетичне) k - кластерів, спостереження зіставляються кластерам так, що середні в кластері (для всіх змінних) максимально відрізняються один від одного
Нейронні мережі Кохонена	Клас нейронних мереж, основним елементом яких є прошарок Кохонена. Прошарок Кохонена складається з адаптивних лінійних суматорів («лінійних формальних нейронів»). Як правило, вихідні сигнали прошарку Кохонена обробляються за правилом «переможець забирає все»: найбільший сигнал перетворюється в одиничний, решта звертаються в нуль. За способами налаштування вхідних суматорів і за розв'язуваними завданнями розрізняють багато різновидів мереж Кохонена. Найбільш відомі з них: мережі векторного квантування сигналів, тісно пов'язані з найпростішим базовим алгоритмом кластеризації (метод динамічних ядер або K-середніх, тобто K-means) карт Кохонена (Self-Organising Maps, SOM), мережі векторного квантування, що навчаються з учителем (Learning Vector Quantization).
Метод Варда	У цьому методі у ролі цільової функції застосовують внутрішньогрупову суму квадратів відхилень, що є не що інше, як сума квадратів відстаней між кожною точкою (об'єктом) і середньою за кластером, який містить цей об'єкт. На кожному кроці об'єднуються такі два кластери, які призводять до мінімального збільшення цільової функції, тобто внутрішньогрупової суми квадратів. Цей метод направлений на об'єднання близько розташованих кластерів
EM-алгоритм	Алгоритм, який використовується в математичній статистиці для знаходження оцінок максимальної правдоподібності параметрів імовірнісних моделей у разі, коли модель залежить від деяких прихованих змінних. Кожна ітерація алгоритму складається з двох кроків. На E-кроку обчислюється очікуване значення функції правдоподібності, при цьому приховані змінні розглядаються як ті, що спостерігаються. На M-кроку обчислюється оцінка максимальної правдоподібності, таким чином збільшується очікувана правдоподібність, яка обчислюється на E-кроку. Потім це значення використовується для E-кроку на наступній ітерації. Алгоритм виконується до збіжності. Як правило, EM-алгоритм застосовується для розв'язання задач двох типів. До першого типу можна віднести завдання, пов'язані з аналізом дійсно неповних даних, коли деякі статистичні дані відсутні в силу будь-яких причин. До другого типу завдань можна віднести ті завдання, в яких функція правдоподібності має вигляд, який не припускає зручних аналітичних методів дослідження, але допускає серйозні спрощення, якщо у завдання ввести додаткові «неспостережувані» (приховані, латентні) змінні. Прикладами прикладних завдань другого типу є задачі розпізнавання образів, реконструкції зображень
Метод дальнього сусіда	Кожен об'єкт розглядається як одноточковий кластер. Об'єкти групуються за таким правилом: два кластери об'єднуються, якщо максимальна відстань між точками одного кластеру та точками іншого мінімальна. Процедура складається з $n - 1$ кроків і результатом є розбиття, які співпадають з можливими розбиттями в попередньому методі для будь-яких порогових значень.
Центроїдний метод	Відстань між двома кластерами визначається як евклідова відстань між центрами (середніми) цих кластерів. Кластеризація йде поетапно, на кожному з $n-1$ кроків об'єднують два кластери. Якщо n_1 більше n_2 , то центри об'єднання двох кластерів близькі один до одного і характеристики другого кластера під час об'єднання кластерів практично ігноруються. Іноді, цей метод називають «методом зважених груп»
Метод ближнього сусіда	Цей метод полягає в тому, що два об'єкти, які належать одній і тій самій групі (кластері), мають коефіцієнт подібності, який менше деякого порогового значення S . В термінах евклідової відстані d це означає, що відстань між двома точками (об'єктами) кластеру не повинна перевищувати деякого порогового значення h . Таким чином, h визначає максимально допустимий діаметр підмножини, що утворює кластер

Не дивлячись на різноманіття методів КА, попередні наші дослідження свідчать, що на результат формування кластерів подібних територій суттєво не впливає вибір методів в межах окремих підходів [8]. Іншими словами, для вибору методологічної бази ранжирування територій за рівнем СР не обов'язково застосовувати всі методи КА, які представлені в табл. 2. Результати реалізації концепції аналізу та прогнозування тенденцій розвитку територій України, які формуються у табличних файлах наборів даних, мають бути забезпечені вбудованими в систему засобами для попереднього перетворення (впорядкування, транспонування тощо) і експортування в пакети прикладних програм, які реалізують різноманітні математичні методи обробки й аналізу даних.

Кожний компонент аналітичного блоку, який для стислості можна називати тематикою чи розділом, має бути специфікованим під вказані типи прикладних задач. Він повинен включати аналітичні дані та методологічну інформацію у виді гіпертекстового документу.

До складу геоінформаційного блоку входить:

- просторова база даних, яка містить географічну інформацію щодо побудови геоінформаційної моделі сталого розвитку регіонів та атрибутивну інформацію щодо побудови рівня ЕКБ;

- геовізуалізація (набір інтелектуальних карт та інших видів географічної інформації, у тому числі інтерактивні карти, 3D сцени, підсумкові діаграми і таблиці, публікація в Інтернеті веб-карт);

- геообробка (набір інструментів для отримання нових наборів географічних даних з існуючих наборів даних з застосуванням до них аналітичних функцій).

Геоінформаційна обробка даних з використанням ГІС-технологій стали могутнім загальноприйнятим інструментом в області державного і муніципального управління в багатьох країнах щодо прийняття управлінських рішень. Тільки у Європі більше 100 000 муніципалітетів використовують ГІС для міського управління. Сучасні ГІС-проекти дозволяють відобразити цілий комплекс процесів та явищ, які відображують дані зі сталого розвитку регіонів та індикаторів ЕКБ. Використання ГІС є засобом планування і вироблення стратегії управління розвитком регіонів.

Програмне забезпечення інформаційно-аналітичної системи повинно базуватися на використанні сучасної концепції сховищ даних (Data Warehousing), методів добування даних (Data Mining), методів оперативного аналізу розподіленої багатовимірної інформації (OLAP), мережних технологій інформаційного обслуговування користувачів.

Висновки

Запропонована інформаційно-аналітична система може бути використана як «радник» особи, що приймає рішення, для надання максимально об'єктивної інформації у процесі планування і здійснення організаційних рішень у сфері управління територіальними системами, спрямованих на активне управління параметрами як власне контрольованої території, так і параметрами, наприклад, нормативно-правового регулювання, що встановлюються на більш високих відносно територіального утворення ієрархічних рівнях.

Список літератури

1. Татаркин А.И. Моделирование устойчивого развития как условие повышения экономической безопасности территории / Д.С. Львов, А.А. Кузлин, А.Л. Мызин и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 1999. – 276 с.
2. Дергачева В.В. Інформаційно-організаційні основи побудови системи моніторингу та ранжирування територій за рівнем сталого розвитку / В.В.Дергачева, Д.М.Комлик, Н.В. Караєва // Нові технології. – №1 (23) березень, 2009 р. – С.118-121.
3. Згуровський М.З. Сталий розвиток у глобальному і регіональному вимірах: Аналіз за даними 2005 р./ М.З. Згуровський – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 84 с.
4. World Bank. World Development Report, 1993. – Washington D.C.: World Bank, 1993 – 175 p.
5. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. – New York: UN, 2001. – 319 p.
6. Методика розрахунку рівня економічної безпеки України [електронний ресурс] – режим доступу: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=9790
7. Система економічної безпеки держави ; за заг. ред. Сухорукова А.І. /Національний інститут проблем міжнародної безпеки при РНБО України. – К.: ВД «Стилос», 2009. – 685 с.
8. Варава І. А., Караєва Н.В. Методи кластерного аналізу в задачах регіональної політики // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції. 15-17 квітня 2010 р., м. Луганськ. – Луганськ: Phoenix, 2010. – с.245-248.

Стаття надійшла до редколегії 25.01.2011

Рецензент : д-р екон.наук, проф., в.о. завідувача кафедри менеджмента НТУУ«КПІ», В.В.Дергачева, Київ