

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

УДК 502.131:502.4

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.3-13](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.3-13)

Ю.М. Пархоменко, доц., канд. техн. наук, О.В. Медведєва, доц., канд. біол. наук,
Д.В. Богатирьов, доц., канд. техн. наук, В.В. Босько, доц., канд. техн. наук,
О.А. Кислун, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: parhomenkoym@ukr.net, kyslun@gmail.com

Використання інформаційних технологій в екології та процесах охорони навколишнього середовища

У статті представлено результати дослідження існуючих програмних продуктів які є найбільш популярними та затребуваними в процесах екології та охорони навколишнього середовища. Подано огляд засобів автоматизованого проектування для сфери екології в Україні. Проведено огляд ринку засобів автоматизованого проектування для сфери екології, наведено їх характеристики. Представлено огляд систем комплексного керування в екології та охороні навколишнього середовища.

програмне забезпечення, інформаційні технології, геоінформаційні системи, системи комплексного керування, охорона навколишнього середовища

Постановка проблеми. Застосування інформаційних технологій в екології і процесах охорони навколишнього середовища полягає в тому, що природні ресурси нині піддаються значному тиску через індустріалізацію, розширення міських територій та інші людські діяльності. Це призводить до забруднення повітря, води та ґрунту, знищення екосистем, втрати біорізноманіття та інших негативних наслідків для довкілля. Використання інформаційних технологій може бути ключовим інструментом у боротьбі з цими проблемами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В області використання інформаційних технологій в екології та охороні навколишнього середовища підтверджує значний потенціал цих технологій для розв'язання різних екологічних проблем. Багато програмних продуктів які використовуються в сфері екології пов'язані з використанням ГІС (геоінформаційних систем) [1], перший період їх розвитку розпочався в 1950-1970 роках активними топографічними зйомками [2], що подальшому 1980х спонукало прихід державних замовників до створення комерційних продуктів з використанням баз даних. Деякі ключові аспекти, які виокремлюються з цих досліджень, включають:

1. Моніторинг стану довкілля: Застосування сучасних інформаційних технологій: супутникової зйомки; збору параметрів довкілля; датчики реєстрації; накопичення даних спостережень та їх аналіз, дозволяє отримувати уяву, здебільшого виражену в кількісній оцінках, щодо стану забруднення повітря, води та ґрунту, а також що до змін або до їх тенденцій в ландшафтах та біоценозу. Це дозволяє ефективно виявляти проблемні зони та вчасно реагувати на екологічні загрози.

2. Прогнозування екологічних подій: Застосування аналітичних методів та алгоритмів штучного інтелекту дозволяє прогнозувати розвиток екологічних криз, таких як природні лиха, зміни клімату та руйнування екосистем. Це допомагає розробляти стратегії запобігання та мінімізації негативного впливу на середовище.

3. Управління ресурсами та відходами: Інформаційні технології використовуються для оптимізації використання природних ресурсів, а також для ефективного управління відходами та відновлювальних джерел енергії. Це сприяє збереженню ресурсів та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

4. Громадська участь та освіта: Інформаційні технології дозволяють підвищувати свідомість громадськості щодо екологічних проблем, сприяючи поширенню інформації та стимулюючи активну участь громадськості у програмах з охорони навколишнього середовища.

5. Інноваційні рішення: Новітні технології, такі як блокчейн, Інтернет речей (IoT), а також розробки у галузі біоінформатики та нанотехнологій, відкривають нові можливості для розв'язання складних екологічних проблем та забезпечення сталого розвитку.

Загалом, дослідження та публікації свідчать про те, що використання інформаційних технологій може значно покращити управління екологічними процесами та сприяти збереженню навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

Постановка завдання. Метою даної роботи є огляд, аналіз, класифікація та систематизація сучасного програмного забезпечення сфери екології та охорони навколишнього середовища.

Викладення основного матеріалу. Забезпечення збереження довкілля шляхом керування природоохоронними заходами базується на використанні ІТ в сфері екології та охорони навколишнього середовища, а їх ефективне використання вимагає розуміння напрямку застосунку програмних продуктів тобто виникає потреба в системному аналізі наявних розробок. Для оцінки потреби в програмному забезпеченні та інших супутніх послуг, пов'язаних з використанням ІТ суб'єктами екологічної та природоохоронної галузей, дослідимо ситуації на ринку інформаційних продуктів та послуг даних галузей.

Одним з основних ліцензованих та узгоджених Міністерством охорони навколишнього природного середовища України програмних продуктів представлених на ІТ ринку України є ЕОЛ 2000 [3].

Основні напрямки використання програмного продукту ЕОЛ 2000 в Україні:

1. Оцінка впливу на довкілля (ОВД):
 - Розрахунок розсіювання шкідливих речовин в атмосфері від стаціонарних джерел викидів.
 - Прогнозування забруднення атмосферного повітря.
 - Обґрунтування розмірів санітарно-захисної зони (СЗЗ) підприємств.
 - Оцінка впливу викидів на здоров'я населення та довкілля.
2. Проектування систем очищення газів:
 - Розрахунок необхідної ефективності систем очищення газів.
 - Підбір та проектування газоочисного обладнання.
 - Оцінка економічної ефективності проектів з очищення газів.
3. Контроль за дотриманням природоохоронного законодавства:
 - Перевірка розрахунків оцінки впливу на середовище (ОВС), поданих підприємствами.
 - Інспектування джерел викидів забруднюючих речовин.
 - Нарахування плати за викиди забруднюючих речовин у атмосферний повітря.
4. Наукові дослідження:
 - Вивчення процесів розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері.
 - Моделювання атмосферних процесів.
 - Розробка нових методів розрахунку ОВС.
5. Навчання:

- Підготовка фахівців з екології та охорони навколишнього середовища.
- Проведення курсів підвищення кваліфікації для фахівців природоохоронних органів.

Програмний комплекс ЕОЛ 2000 використовується:

- Міністерством екології та природних ресурсів України.
- Державною екологічною інспекцією України.
- Обласними та районними управліннями екології та природних ресурсів.
- Підприємствами, які здійснюють викиди забруднюючих речовин в атмосферний повітря.

- Науково-дослідними інститутами та навчальними закладами.

Переваги використання програмного комплексу ЕОЛ 2000:

- Достовірність розрахунків: ЕОЛ 2000 базується на перевірених наукових методах розрахунку розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері.
- Універсальність: ЕОЛ 2000 може використовуватись для розрахунку викидів від різних типів джерел, у тому числі від промислових підприємств, ТЕС, автотранспорту.
- Простота використання: ЕОЛ 2000 має зручний інтерфейс користувача, що робить його доступним для фахівців з різним рівнем підготовки.
- Надійність: ЕОЛ 2000 – це перевірений часом програмний продукт, який використовується в Україні протягом багатьох років.

Програмний комплекс ЕОЛ 2000 є цінним інструментом для оцінки впливу на довкілля, проектування систем очищення газів, контролю за дотриманням природоохоронного законодавства, а також для наукових досліджень та навчання.

Зв'язок програмного продукту ЕОЛ 2000 з геоінформаційними системами (ГІС):

- ЕОЛ 2000 може бути інтегрований з ГІС для візуалізації результатів розрахунків.
- Це дозволяє наочно надати дані про розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.
- ГІС також можуть використовуватись для створення карт ризиків забруднення атмосферного повітря.

Системи геоінформаційного аналізу: Ці системи використовують географічні інформаційні системи (ГІС) для аналізу та візуалізації екологічних даних. Вони дозволяють виявляти та аналізувати зміни в середовищі та розробляти стратегії збереження навколишнього середовища.

ESRI ArcGIS: ArcGIS від компанії ESRI - один з найпопулярніших і потужних програмних засобів для ГІС. Він має багато інструментів та розширень, спеціально призначених для екологічних досліджень та охорони навколишнього середовища. За допомогою ArcGIS можна виконувати аналіз впливу на довкілля, моніторинг змін середовища, створення карт, моделювання екосистем та ін. [4].

QGIS: QGIS - це безкоштовне та відкрите програмне забезпечення ГІС, яке також має багато можливостей для використання в екологічних проектах. Воно підтримує різні формати даних, має велику кількість плагінів для розширення функціоналу, включаючи ті, які спрямовані на роботу з даними екології, працює на Linux, Unix, Mac OSX, Windows та Android [5].

GRASS GIS: GRASS GIS - це інший безкоштовний та відкритий програмний продукт, який спеціалізується на аналізі земель та даних довкілля. Він має широкий спектр алгоритмів для аналізу та просторового моделювання даних екології, таких як гідрологічний аналіз, аналіз ландшафтів тощо. Він постачається з часовою структурою для розширеної обробки часових рядів і API Python для швидкого геопросторового

програмування. GRASS GIS оптимізовано для продуктивності та аналізу великих геопросторових даних. Зараз GRASS використовується в академічних і комерційних установах по всьому світу, а також багатьма державними установами та екологічними консалтинговими компаніями [6].

ENVI: ENVI — це програмний продукт для візуалізації та обробки даних Зйомки Землі (ERS). Це набір засобів для виконання повного циклу обробки даних: від ортотрансформації та просторової прив'язки зображення до отримання необхідної інформації та її інтеграції з даними в геоінформаційних системах.

Рішення ENVI поєднують технології спектральної обробки та аналізу зображень із інтуїтивно зрозумілим зручним інтерфейсом, який допомагає отримувати інформацію з лідарних зображень, радарів із синтетичною апертурою та мультиспектральних або гіперспектральних зображень [7].

Алгоритми ENVI науково перевірені, прості у використанні та тісно інтегровані з платформою Esri ArcGIS. ENVI можна налаштувати за допомогою мови IDL відповідно до конкретних вимог. Інтуїтивно зрозумілі інструменти та робочі процеси забезпечують глибоке машинне навчання.

Google Earth Engine: це хмарна платформа, яка надає доступ до великих обсягів супутникових зображень та обчислювальних ресурсів для аналізу змін довкілля та екологічних досліджень.

Google Earth Pro: Google Earth Pro надає можливість вивчення глобальної географії та основних функцій ГІС, таких як створення та редагування об'єктів на мапі.

Порівняльний аналіз основних властивостей ГІС представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика ГІС

	ArcGIS	QGIS	GRASS	ENVI	Google Earth Engine	Google Earth Pro
Безкоштовне використання	-	+	+	+/- (пробна версія)	+	+
Англійський / український інтерфейс	+/+	+/+	+/-	+/-	+/*	+/+
Розробники	ESRI	QGIS	GRASS	ITT Visual Information Solutions	Google	Google
Операційні системи	Windows, MacOS, Linux, BSD, Android	Windows, macOS, Linux, Android,	Linux, Windows, MacOS, POSIX	Linux, Windows, MacOS,	Windows, macOS, Linux, Android, iOS	Windows, macOS, Linux, Android, iOS
Основний інструментарій	моделювання, оцінки та аналізу геостатистичних даних; - оцінки динаміки просторових даних в часі; - для роботи з тривимірними даними, моделями рельєфу та іншим;	геостатистика; - гідрологічний аналіз; - морфометричний аналіз; - моделювання пожеж; - робота з тривимірними моделями рельєфу	просторове моделювання, візуалізація растрових та векторних даних; - аналіз та керування геоданими зондування поверхні Землі та аерофотознімків;	перегляд та аналіз векторних зображень; - корекції геометричних та радіометричних спотворень відомих систем; - просторової вшивки зображень	перегляду та аналізу просторових даних; - обробки зображень	візуалізації супутникових знімків імітації польоту віртуальним глобусом шляхом побудови реалістичного 3-D зображення з можливістю замірів відстаней та прокладанням маршрутів

Джерело: розроблено авторами

Бази даних (БД). БД, як організована структура взаємопов'язаної інформації, що призначена для зберігання, зміни й обробки, є невід'ємною технологічною складовою сучасного програмного забезпечення, хоч в контексті застосування більш прийнято користуватися терміном СКДБ (СКДБ - система керування базами даних) під яким розуміють бази даних разом з засобами створення, зберігання та управління. Загалом, класифікують БД за різними критеріями (враховуючи організаційну модель БД розрізняють: ієрархічні, мережеві, реляційні та об'єктно-орієнтовані; враховуючи розміщення даних: розподілені та централізовані але в рамках дослідження скористаємося поділом з позиції їх застосування геоінформаційними системами.

Загалом, ГІС використовують широкий спектр видів та типів баз даних для зберігання та управління геопросторовими даними. Відповідно до застосування за типом даних БД умовно поділяються на векторні та растрові.

Векторні БД зберігають геопросторові об'єкти як точки, лінії та полігони з їх атрибутами. Цей тип бази даних добре підходить для даних з чіткими межами, таких як дороги, будинки та земельні ділянки [8].

До переваг векторних баз даних відносять:

- точність (векторні дані зберігають точні форми та розміри геопросторових об'єктів, що робить їх ідеальними для даних з чіткими межами, таких як дороги, будинки та земельні ділянки);
- масштабованість (векторні дані можна легко масштабувати без втрати якості, що робить їх корисними для великих наборів даних);
- гнучкість (векторні дані можна легко редагувати та оновлювати, що робить їх корисними для динамічних даних);
- аналізуємість (векторні дані добре підходять для складних просторових аналізів, таких як пошук найближчого сусіда, маршрутизація та накладання шарів).

До найпоширеніших застосунків для подання векторних геопросторових даних відносяться:

- Shapefile - простий формат файлу, який часто використовують для обміну геопросторовими даними; Shapefile складається з декількох файлів, які описують геометрію та атрибути об'єктів [9];
- GeoJSON - формат на основі тексту, який використовується для подання геопросторових даних у веб-застосунках; GeoJSON є легким та читабельним для людини, а також його підтримують багато бібліотек та інструментів [10];
- PostGIS - розширення просторових даних для реляційної бази даних PostgreSQL; PostGIS додає до PostgreSQL підтримку геопросторових типів даних та функцій, що робить його потужним та гнучким рішенням для зберігання та управління геопросторовими даними [11];
- Arcpy - модуль Python для роботи з геопросторовими даними в ArcGIS; Arcpy надає широкий спектр функцій для роботи з векторними даними, включаючи створення, редагування, аналіз та візуалізацію [12]

Як приклад застосування векторних баз даних можна навести:

- Кадастр та землеустрій (векторні дані використовуються для зберігання інформації про земельні ділянки, межі власності та інші кадастрові дані);
- Інфраструктура (векторні дані використовуються для зберігання інформації про дороги, мости, труби та інші інфраструктурні об'єкти);
- Управління навколишнім середовищем (векторні дані використовуються для зберігання інформації про ліси, водні ресурси, ґрунти та інші природні ресурси);
- Демографічні дані (векторні дані використовуються для зберігання інформації про населення, такі як межі переписів населення, місця розташування будинків та

соціальні дані).

- Планування та управління містами: (векторні дані використовують для зберігання інформації про зонування, транспорт, комунальні послуги та інші міські дані).

Растрові бази даних є одним із двох основних типів баз даних, що використовують у ГІС для зберігання та управління геопросторовими даними. Вони відрізняються від векторних баз даних тим, що зберігають геопросторові дані як сітку пікселів, де кожному пікселю присвоєно значення, що представляє певну характеристику.

До переваг растрових баз даних відносять:

- простоту у використанні (растрові дані прості у використанні та розумінні, що робить їх популярними для початківців);

- швидкість обробки (растрові дані швидко обробляються та аналізуються, що робить їх корисними для великих наборів даних);

- придатність для даних із плавними переходами (растрові дані добре підходять для даних із плавними переходами, таких як супутникова зйомка та дані про рельєф);

- економність з позиції витрат на зберігання (растрові дані можуть бути компактнішими, ніж векторні дані, для зберігання даних з низькою роздільною здатністю).

До найпоширених застосунків для подання растрових геопросторових даних відносяться:

- TIFF - формат файлу зображення, який часто використовується для зберігання растрових геопросторових даних, TIFF може зберігати дані у різних форматах, включаючи JPEG, MrSID, GeoTIFF, PNG та LZW [13];

- ERDAS Imagine - формат файлу, який використовується для зберігання та обробки растрових геопросторових даних, ERDAS Imagine пропонує широкий спектр функцій для роботи з растровими даними, включаючи калібрування, мозаїку, аналіз та візуалізацію [14];

- GRiD - формат файлу, який використовується для зберігання растрових даних з геокоординатною інформацією, GRiD є простим та легким форматом, який часто використовується для обміну даними [15];

- NetCDF - формат файлу, який використовується для зберігання багатовимірних растрових даних, NetCDF часто використовується для наукових даних, таких як дані про клімат та океан [16].

Прикладом застосування растрових баз даних можна послугоуватись:

- супутникова зйомка (растрові дані використовуються для зберігання супутникових зображень земної поверхні);

- дані про рельєф (растрові дані використовуються для зберігання даних про висоту та рельєф земної поверхні);

- дані про ґрунти (растрові дані використовуються для зберігання інформації про типи ґрунтів та їх характеристики);

- дані про рослинність (растрові дані використовуються для зберігання інформації про типи рослинності та їх покриття);

- метеорологічні дані (растрові дані використовуються для зберігання метеорологічних даних, таких як температура, опади та тиск).

Крім цих типів, існують й інші спеціалізовані бази даних, які можуть використовуватися в ГІС для певних цілей, наприклад, для зберігання тимчасових даних або для виконання складних просторових аналізів.

Порівняльний аналіз застосувань векторної та растрової БД в екології та

процесах охорони навколишнього середовища представлено в таблиці 2.

Системи моніторингу та управління забрудненням: Ці системи включають сенсори, інформаційні технології та аналітичні інструменти для виявлення та моніторингу рівня забруднення повітря, води та ґрунту. Вони дозволяють оперативно реагувати на виникнення забруднень та приймати ефективні заходи для їх зменшення.

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика векторної та растрової БД

Характеристика	Векторна БД	Растрова БД
Представлення геопросторових об'єктів	точки, лінії та полігони з атрибутами	сітка пікселів, де кожному пікселю присвоєно значення, що представляє певну характеристику.
Формати даних	DXF, DWG, DGN, DX90, DLG, DWF, F1M, GEN, SHP, TAB, MIF/MID, HPGL, DMF, Shapefile, GeoJSON	PNG, LZW, NetCDF, BMP, TIFF, TIFF-LZW, GEOTIFF, JPEG, JFIF, PCX, GIF, ERDAS IMAGINE, IMG, ER Mapper, ESRI Grid, MrSID
Застосунок	- Кадастр та землевстрій - Інфраструктура, - Управління навколишнім середовищем. - Планування та управління, містами.	- Супутникова зйомка; - Дані про рельєф; - Дані про ґрунти; - Дані про рослинність; - Метеорологічні дані.
Переваги від застосування	- точність; - масштабованість; - гнучкість; - аналізуємість	- простоту в використанні; - швидкість обробки; - придатність для даних із плавними переходами; - економічність з позиції витрат на зберігання

Джерело: розроблено авторами

EcoSys: Це програмний продукт, який надає інструменти для моніторингу, аналізу та звітування про екологічні показники. Він дозволяє організаціям відстежувати викиди шкідливих речовин, спостерігати за рівнем забруднення повітря та води, а також вести контроль над відходами.

Eco Line: Це хмарний сервіс, який дозволяє компаніям вести облік та аналізувати свої викиди, відходи та інші аспекти діяльності, що впливають на навколишнє середовище. Він також надає інструменти для розробки стратегій зменшення негативного впливу.

Enablon: Цей продукт пропонує рішення для управління екологічною діяльністю підприємств, включаючи моніторинг викидів, управління відходами та впровадження стандартів сталого розвитку.

Emex: Ця платформа надає інструменти для автоматизації процесів моніторингу та звітування про екологічні показники. Вона дозволяє відстежувати та аналізувати різноманітні аспекти діяльності, які впливають на довкілля.

EcoIntense: Цей програмний продукт спрямований на забезпечення відповідності екологічним стандартам та нормативам. Він дозволяє ведення моніторингу забруднення та впровадження заходів з його зменшення.

Системи управління відходами: Ці системи допомагають в управлінні відходами на всіх етапах їхнього життєвого циклу, включаючи збір, переробку, використання та утилізацію. Вони можуть використовувати технології інтернет речей (IoT) для відстеження та оптимізації процесів управління відходами.

EcoControl: Цей програмний продукт надає рішення для моніторингу та управління відходами на підприємствах та в організаціях України. Він дозволяє вести облік відходів, контролювати їхній обсяг та впроваджувати заходи щодо їх утилізації та переробки.

EcoManager: Цей програмний продукт надає інструменти для автоматизації процесів управління відходами на підприємствах різних галузей в Україні. Він дозволяє вести моніторинг відходів, планувати оптимальні маршрути збирання відходів та виконувати звітність згідно з вимогами законодавства.

EcoWay: Цей продукт пропонує рішення для ефективного управління відходами на підприємствах та в організаціях України. Він дозволяє вести контроль над генерацією та обробкою відходів, оптимізувати процеси їхньої утилізації та створювати звіти про відходи для органів контролю.

EcoTech: Цей програмний продукт надає рішення для моніторингу та аналізу відходів на підприємствах та в організаціях України. Він дозволяє вести облік відходів, визначати їх склад та кількість, а також розробляти стратегії зменшення та утилізації відходів.

EcoSolutions: Цей програмний продукт пропонує інструменти для управління відходами в Україні. Він дозволяє вести моніторинг відходів, планувати їх утилізацію та виконувати звітність про відходи перед відповідними органами.

Ці програмні продукти спрямовані на покращення управління відходами, забезпечуючи компаніям та організаціям ефективні інструменти для моніторингу, аналізу та контролю за їхнім обсягом та утилізацією.

Системи управління водними ресурсами: Ці системи спрямовані на забезпечення ефективного використання та охорони водних ресурсів. Вони можуть включати в себе моніторинг якості води, прогнозування водних ресурсів та управління водними системами.

SCADA системи:

- **WaterCAD:** Ця система використовується для моделювання та аналізу гідравлічних мереж водопостачання та водовідведення. Вона надає можливість оптимізувати використання води, виявити витоки та покращити загальну ефективність вашої системи.

- **InfoWorks WS:** Це ще одна популярна система SCADA для управління водними ресурсами. Її можливості подібні до WaterCAD, але вона також пропонує деякі додаткові функції, такі як моделювання якості води та планування повеней

Програмне забезпечення для моніторингу:

- **ArcGIS Water Resources:** Ця платформа GIS пропонує широкий спектр інструментів для моніторингу та аналізу водних ресурсів. Наявна можливість для відстеження рівнів води, стоку, якості води та інших важливих параметрів.

- **HydroNET:** Це програмне забезпечення спеціально розроблено для моніторингу гідрологічних мереж. Воно може збирати дані з датчиків, таких як рівнеміри та витратоміри, а також візуалізувати ці дані на картах та графіках.

Програмне забезпечення для управління попитом на воду:

- **Smart Irrigation Manager:** Ця система допомагає фермерам оптимізувати використання зрошувальної води. Вона використовує датчики та прогнози погоди, щоб визначити, коли та скільки води потрібно рослинам.

- **WaterSmart:** Це програмне забезпечення допомагає домовласникам та підприємствам скоротити споживання води. Воно надає інформацію про використання води та поради щодо її економії.

Інші програмні продукти:

- **WATERSHED:** Ця модель використовується для моделювання гідрологічних процесів у водозборах. Її можна використовувати для прогнозування стоку, повеней та інших подій, пов'язаних з водою.

- SWAT: Soil and Water Assessment Tool - це ще одна модель, яка використовується для моделювання гідрологічних процесів у водозборах. Її можна використовувати для оцінки впливу землеволодіння та інших факторів на якість води.

Системи енергетичного управління: Ці системи допомагають в оптимізації використання енергії та зменшенні викидів шкідливих речовин шляхом впровадження енергоефективних технологій, моніторингу енергоспоживання та управління системами енергопостачання.

Enbala Power Analytics: Ця платформа хмарних обчислень допомагає підприємствам відстежувати та аналізувати їхнє енергоспоживання. Може допомогти підприємствам виявити можливості економії енергії та скоротити витрати. Вона використовується різними організаціями, включаючи виробничі підприємства, будівлі та комунальні підприємства.

Siemens Energy Manager: Ця система СЕМ пропонує широкий спектр функцій для моніторингу та управління енергоспоживанням. Може допомогти підприємствам оптимізувати їхнє енергоспоживання, зменшити викиди парникових газів та відповідати нормативним вимогам. Вона використовується промисловими підприємствами, комерційними будівлями та державними установами.

Johnson Controls Metasys: Ця платформа управління будівлями (BMS) включає модуль енергоменеджменту. Може допомогти власникам будівель відстежувати та контролювати їхнє енергоспоживання, а також оптимізувати роботу систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВКВ). Вона використовується в комерційних, житлових та промислових будівлях.

Schneider Electric EcoStruxure Power SCADA: Ця система SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) використовується для моніторингу та управління розподільними мережами електроенергії. Може допомогти комунальним підприємствам покращити надійність електропостачання, підвищити енергоефективність та скоротити витрати. Вона використовується комунальними підприємствами, промисловими підприємствами та комерційними будівлями.

Eaton Powerware Energy Manager: Ця система СЕМ розроблена спеціально для центрів обробки даних. Може допомогти власникам центрів обробки даних відстежувати та контролювати їхнє енергоспоживання, а також оптимізувати роботу систем охолодження та резервного живлення. Вона використовується центрами обробки даних, комерційними будівлями та промисловими підприємствами.

Висновки. В результаті аналізу наявних інформаційних технологій, що використовуються в екології та процесах охорони навколишнього середовища на даному рівні розвитку в державі можна виділити наступні напрямки застосування: автоматизація моніторингу стану довкілля його середовищ; імітаційне комп'ютерне моделювання та прогнозування стану довкілля; управління ресурсами та відходами; інформаційно-комунікаційні технології підтримки екологічної політики в суспільстві. Технології, що використовуються, можна поділити на: спеціалізовані технічні системи, що являють собою обладнання та його програмне забезпечення: безпосередньо програмне забезпечення направлене на вирішення конкретних розрахункових завдань пов'язаних з обробкою (перетворенням) інформації, програмним продуктом направленим на забезпечення діяльності організацій та установ: комунікаційні технології - загалом у всіх випадках передбачається використання обладнання загального призначення: комп'ютерів, мереж та спеціалізованого обладнання. Окремо виділимо ГІС з базами даних, як забезпечуючу складову всіх розглянутих технологій, яка на даний момент технічного розвитку вже починає конструктивно інтегруватися в саме технологічне обладнання в його структуру безпосередньо в якості підсистем або частково навіть до його елементної бази.

Список літератури

1. Донченко М. В., Коваленко І. І. Геоінформаційні системи: навч. посіб. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с.
2. Що таке геоінформаційні системи? : веб-сайт. URL: https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/Геоінформаційна_система.html (дата звернення 26.03.2024).
3. ЕОЛ? : веб-сайт. URL: <http://sfund.kyiv.ua/ukr/products/ecology.htm> (дата звернення 28.03.2024).
4. Можливості ArcGIS : веб-сайт. URL: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview> (дата звернення 29.03.2024).
5. Знайомство з QGIS : веб-сайт. URL: <https://qgis.org/uk/site/about/index.html> (дата звернення 30.03.2024).
6. Знайомство з GrassGIS : веб-сайт. URL: <https://grass.osgeo.org/> (дата звернення 30.03.2024).
7. ENVI можливості : веб-сайт. URL: https://esri.ua/article.php?name=envi_capab (дата звернення 01.04.2024)
8. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / Зацерковний В. І. та ін. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.
9. Що таке шейп-файл: веб-сайт. URL: <https://products.aspose.com/gis/uk/net/gis-formats/shapefile/> (дата звернення 02.04.2024).
10. Додавання та перегляд GeoJSON у QGIS та ArcGIS: веб-сайт. URL: <https://opengislab.com/blog/2018/11/8/adding-and-viewing-geojson-in-qgis-and-arcgis> (дата звернення 02.04.2024).
11. POST GIS для новачків: веб-сайт. URL: <https://www.crunchydata.com/blog/postgis-for-newbies> (дата звернення 03.04.2024).
12. Взаємодія даних ArcGIS: веб-сайт. URL: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-data-interoperability/overview> (дата звернення 03.04.2024).
13. Растрові формати в ГІС: веб-сайт. URL: <https://www.igismap.com/raster-data-file-format> (дата звернення 04.04.2024).
14. Stacy A.C. Nelson, Siamak Khorram. Image Processing and Data Analysis with ERDAS IMAGINE. Published by CRC Press. 2018. 350 p. URL:<https://www.routledge.com/Image-Processing-and-Data-Analysis-with-ERDAS-IMAGINEr/ACNelson-Khorram/p/book/9781138034983> (дата звернення 05.04.2024).
15. Просторовий аналіз ГІС: веб-сайт. URL: <https://eos.com/uk/blog/prostorovyi-analiz/> (дата звернення 05.04.2024).
16. Багатомірні дані: веб-сайт. URL: <https://www.igismap.com/multidimensional-data/> (дата звернення 05.04.2024).

References

1. Donchenko, M. V. & Kovalenko, I. I. (2021). *Heoinformatsijni systemy [Geoinformation systems]*. Mykolaiv: Vyd-vo ChNU im. Petra Mohyly [in Ukrainian].
2. Scho take heoinformatsijni systemy? veb-sajt [What are geographic information systems? website]. Retrieved from: https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/Геоінформаційна_система.html [in Ukrainian].
3. EOL: veb-sajt [EOL: website]. Retrieved from: <http://sfund.kyiv.ua/ukr/products/ecology.htm> [in Ukrainian].
4. Mozhlyvosti ArcGIS : veb-sajt [Opportunities: website]. Retrieved from: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview> [in Ukrainian].
5. Znajomstvo z QGIS : veb-sajt [Acquaintance with QGIS: website]. Retrieved from: <https://qgis.org/uk/site/about/index.html> [in Ukrainian].
6. Znajomstvo z GrassGIS : veb-sajt [Acquaintance with GrassGIS: website]. Retrieved from: <https://grass.osgeo.org/> [in English].
7. ENVI mozhlyvosti : veb-sajt [ENVI opportunities: website]. Retrieved from: https://esri.ua/article.php?name=envi_capab [in Ukrainian].
8. Zatserkovnyj, V. I. et al. (2014). *Heoinformatsijni systemy i bazy danykh [Geoinformation systems and databases]*. Nizhyn : NDU im. M. Hoholia
9. Scho take shejp-fajl: veb-sajt [What is a shapefile: website]. Retrieved from: <https://products.aspose.com/gis/uk/net/gis-formats/shapefile/> [in Ukrainian].
10. Dodavannia ta perehliad GeoJSON u QGIS ta ArcGIS: veb-sajt [Additions and revisions of GeoJSON in QGIS and ArcGIS: website]. Retrieved from: <https://opengislab.com/blog/2018/11/8/adding-and-viewing-geojson-in-qgis-and-arcgis> [in English].
11. POST GIS dlia novachkiv: veb-sajt [POST GIS for beginners: website]. Retrieved from: <https://www.crunchydata.com/blog/postgis-for-newbies> [in English].

12. Vzaiemodiia danykh ArcGIS: veb-sajt [ArcGIS data interaction: website]. Retrieved from: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-data-interoperability/overview> [in English].
13. Rastrovi formaty v HIS: veb-sajt [Raster formats in GIS: website]. Retrieved from: <https://www.igismap.com/raster-data-file-format> [in Ukrainian].
14. Stacy A.C. Nelson & Siamak, Khorram (2018). Image Processing and Data Analysis with ERDAS IMAGINE. Published by CRC Press. 2018. 350 p. Retrieved from: <https://www.routledge.com/Image-Processing-and-Data-Analysis-with-ERDAS-IMAGINEr/ACNelson-Khorram/p/book/9781138034983> [in English].
15. Prostorovyj analiz HIS: veb-sajt [Spatial analysis of GIS: website]. Retrieved from: <https://eos.com/uk/blog/prostorovyj-analiz/> [in Ukrainian].
16. Bahatovymirni dani: veb-sajt [Multidimensional data: website]. Retrieved from: <https://www.igismap.com/multidimensional-data/> [in Ukrainian].

Yuriy Parhomenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Olga Medvedeva** Assoc. Prof., PhD biol. sci., **Viktor Bosko** Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Dmitriy Bogatryyov** Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleh Kyslun**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Using of information technologies in ecology and processes of environmental protection

The article presents the results of a study of existing software products that are the most popular and in demand in the processes of ecology and environmental protection. An overview of automated design tools for the field of ecology in Ukraine is given. An overview of the market of automated design tools for the field of ecology was conducted, and their characteristics were given. An overview of integrated management systems in ecology and environmental protection is presented.

The application of information technologies in the processes of ecology and environmental protection is that natural resources are now under significant pressure due to industrialization, expansion of urban areas and other human activities. This leads to pollution of air, water and soil, destruction of ecosystems, loss of biodiversity and other negative consequences for the environment. The use of information technology can be a key tool in combating these problems.

In the field of the use of information technologies in ecology and environmental protection, the significant potential of these technologies for solving various environmental problems is confirmed. Many software products used in the field of ecology are associated with the use of GIS (geographic information systems) [1], the first period of their development began in the 1950s and 1970s with active topographic surveys [2], which in the later 1980s prompted the arrival of government customers to create commercial products using databases.

Some key aspects that stand out from these studies include:

1. Monitoring of the state of the environment: Application of modern information technologies: satellite imaging; collection of environmental parameters; registration sensors; the accumulation of observation data and their analysis allows to get an idea, mostly expressed in quantitative estimates, about the state of air, water and soil pollution, as well as about changes or their trends in landscapes and biocenosis. This allows you to effectively identify problem areas and respond to environmental threats in a timely manner.

2. Forecasting environmental events: The use of analytical methods and algorithms of artificial intelligence makes it possible to predict the development of environmental crises, such as natural disasters, climate change, and the destruction of ecosystems. It helps to develop strategies to prevent and minimize negative impact on the environment.

3. Resource and waste management: Information technology is used to optimize the use of natural resources, as well as for efficient waste management and renewable energy sources. This helps to conserve resources and reduce the negative impact on the environment.

4. Public participation and education: Information technologies allow raising public awareness of environmental problems, facilitating the dissemination of information and stimulating active public participation in environmental protection programs.

5. Innovative solutions: The latest technologies, such as blockchain, the Internet of Things (IoT), as well as developments in the field of bioinformatics and nanotechnology, open up new opportunities for solving complex environmental problems and ensuring sustainable development.

software, information technologies, geoinformation systems, integrated control systems, environmental protection

Одержано (Received) 26.01.2024

Прорецензовано (Reviewed) 13.03.2024

Прийнято до друку (Approved) 25.03.2024