



Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.)

Handbook of the XXIII International Science Conference  
«Ecology. Human. Society» (December 7, 2023 Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.290382>

УДК 574.08:681.78:629.52.7

## НАУКОВІ НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ

Олег МАШКОВ<sup>1</sup>, Катерина МУХІНА<sup>2</sup>, Володимир ПРИСЯЖНИЙ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, м. Київ 03035, Україна

<sup>2</sup> Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського  
проспект Берестейській, 37, м. Київ 03056, Україна

<sup>3</sup> Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
вул. Князів Острозьких, 8, м. Київ 02000, Україна

e-mail: [maskhov\\_oleg\\_52@ukr.net](mailto:maskhov_oleg_52@ukr.net)

Розвиток ефективної системи управління екологічною безпекою відповідає європейським і світовим підходам до управління навколишнім середовищем, у тому числі вимогам і директивам Угоди про асоціацію України з Європейським Союзом. Створення такої системи значно розширить міжнародне співробітництво України у сфері охорони довкілля та сприятиме приведенню стану довкілля у відповідність до європейських та світових вимог. Незадовільний стан екологічного моніторингу визначено як загрозу національній безпеці в екологічній сфері. Нині в Україні відсутня цілісна система управління екологічною безпекою, певним чином функціонують лише відомчі мережі, які вирішують вузькопрофільні управлінські завдання. Система екологічного управління навколишнім середовищем як важлива складова системи державного управління національною безпекою та формуванням державної політики сталого розвитку, виконанням міжнародних зобов'язань України у сфері охорони навколишнього природного середовища потребує докорінного вдосконалення, особливо в частині впровадження сучасних технологій геоінформаційних систем і дистанційного зондування Землі.

Створення загальнодержавної системи управління навколишнім середовищем передбачає застосування ефективної системи управління екологічною безпекою. Управління екологічною безпекою передбачає збір, збереження та обробка достовірної та оперативної інформації, необхідної для розробки заходів щодо запобігання та зменшення негативних наслідків змін навколишнього середовища. При цьому управління екологічною безпекою навколишнього природного середовища та об'єктами критичної інфраструктури можна розглядати як комплекс взаємопов'язаних інформаційних процесів в екосистемах, що використовують певні методи та моделі та спрямовані на вирішення завдань планованої діяльності за допомогою інтегрованих автоматизованих систем. [1-3]. Процес прийняття управлінських екологічних рішень розглядається як сукупність взаємопов'язаних процедур перетворення екологічної інформації від моменту отримання вихідних даних до надання екологічної інформації особі, яка приймає управлінські екологічні рішення для досягнення певної мети [3-6]. Існуюча система управління екологічною безпекою базується на реалізації її суб'єктами розподілених функцій і складається з підпорядкованих підсистем. Кожна підсистема на рівні окремих суб'єктів системи управління

навколишнім середовищем має свої структурно-організаційні, науково-методичні та технічні основи.

Проблема інтеграції аерокосмічних технологій у систему управління екологічною безпекою розглядалася в роботах багатьох авторів [3-6]. Проведений аналіз показує, що на даний час залишаються невирішеними питання наукового обґрунтування технологій застосування аерокосмічних технологій в системах підтримки прийняття управлінських екологічних рішень. Порівняльний аналіз запропонованих нових рішень з відомими дозволяє визначити нові підходи до інтеграції аерокосмічних технологій у систему управління екологічною безпекою при оцінці ефективності системи підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень.

Мета дослідження – наукове обґрунтування ефективності впровадження аерокосмічних технологій у систему управління екологічною безпекою з використанням інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських екологічних рішень.

Система підтримки прийняття управлінських екологічних рішень з використанням аерокосмічних технологій передбачає виконання наступних процедур: просторове ув'язування об'єктів екологічного управління; моделювання динаміки надзвичайних екологічних ситуацій; аналіз екологічних загроз і ризиків для навколишнього природного середовища та об'єктів критичної інфраструктури; діагностика екологічної ситуації в районі спостереження на основі оцінки екологічних загроз і ризиків; підтримка прийняття управлінських екологічних рішень шляхом представлення та відображення оперативної екологічної ситуації засобами візуалізації та формування пропозицій щодо управлінських рішень.

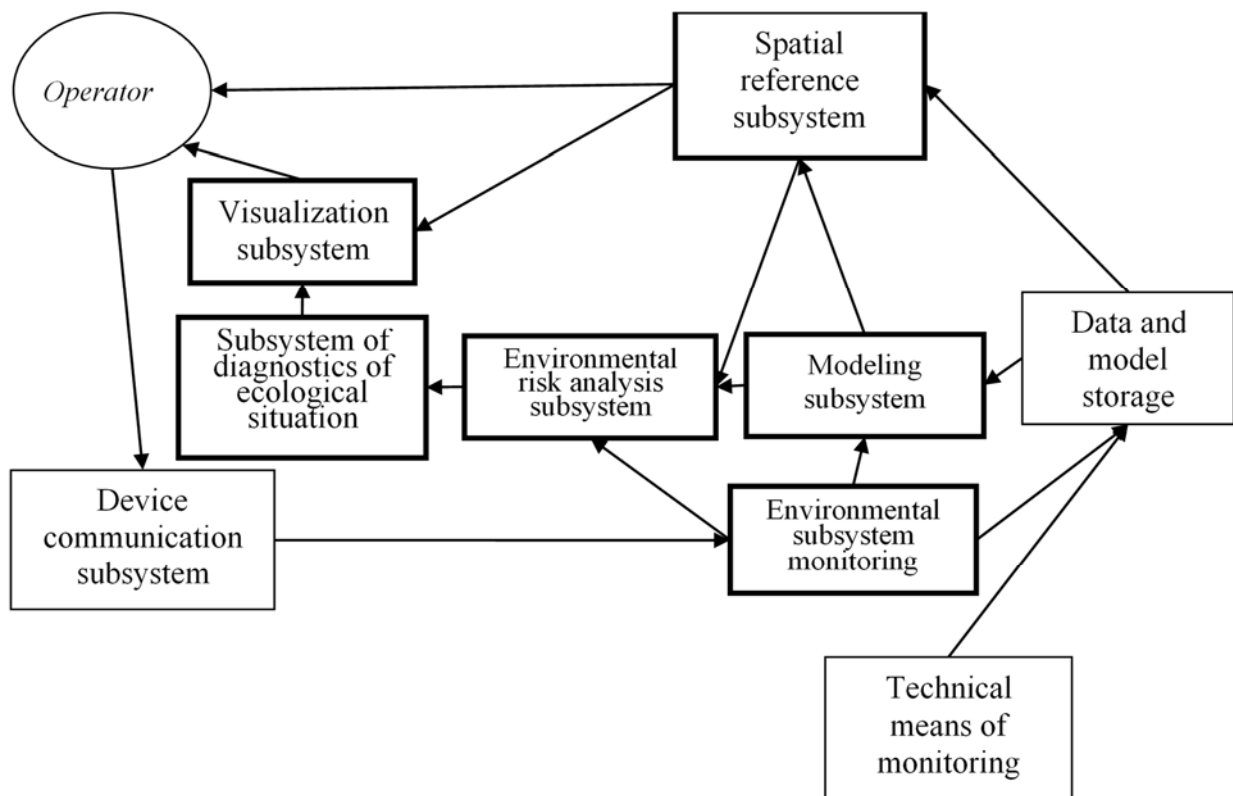
Технологія створення інтелектуальної системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень передбачає послідовне виконання наступних процедур:

- створення статичного шару просторової моделі об'єктів екологічного управління, що складається з геотаксонів, створення атрибутивної бази даних, що описує геотаксони, та прив'язка її до шару геотаксонів;
- створення шару комірок змінного розміру;
- прийом та обробка даних для моніторингу стану об'єктів екологічного спостереження в умовах можливих надзвичайних екологічних ситуацій;
- моделювання екологічних процесів у зоні діяльності об'єкта планованої діяльності та уточнення параметрів моделі відповідно до даних екологічного моніторингу;
- візуальне представлення динаміки поширення надзвичайних екологічних ситуацій, у вигляді відповідного шару просторової моделі району планованої діяльності;
- візуалізація геопросторової інформації, необхідної для підтримки прийняття управлінських рішень під час планової діяльності з метою підвищення ефективності її сприйняття особою, що приймає рішення;
- діагностика ситуації в районі управління екологічною безпекою в умовах можливих надзвичайних екологічних ситуацій шляхом розрахунку екологічних загроз і ризиків та візуального відображення цих оцінок у просторовій моделі у вигляді динамічних зон на відповідних шар просторової моделі району планованої діяльності.

Технологічно схему системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень можна створити шляхом модернізації класичного шаблону MVC («Model-View-Controller»), а саме: користувач взаємодіє з графічним інтерфейсом, контролер обробляє запит і формує модель і представлення запитів моделі для відображення результатів. У MVT URL-запит передається в представлення. Для відображення картографічної інформації використовувався Google Maps. Картографічна інформація зберігається в базі даних PostgreSQL.

Концепція програмної частини системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень базується на блочно-модульній архітектурі з можливістю ефективною заміни функціональних блоків без зміни загального дизайну. Окремі функціональні блоки системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень запропоновано об'єднати в підсистеми за схожими функціональними характеристиками (рис. 1).

Структура системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень складається з таких підсистем: зберігання даних; підсистема зв'язку з пристроями; підсистема просторової прив'язки об'єкта планованої діяльності; підсистема моделювання та прогнозування; підсистема екологічного моніторингу; підсистема аналізу екологічних ризиків; підсистема діагностики екологічної ситуації; підсистема подання інформації (візуалізації).



**Рис. 1** – Концептуальна модель програмної системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень.

Вхідною інформацією для програмного продукту системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень є: сканована копія ділянки території, на якій здійснюється планована діяльність; значення атрибутів статичних даних картографічних об'єктів; значення параметрів середовища (метеорологічних умов); фото- та відеозображення, отримані за допомогою аерокосмічних технологій. Далі за допомогою інструментів Google Maps створюється електронна карта, на якій об'єкти нанесені у вигляді багатокутників. На основі атрибутивних параметрів картографічних об'єктів розроблено базу даних у форматі PostgreSQL.

Електронна карта містить полігони, які є наборами об'єктів просторової моделі та відображаються на карті відповідними кольорами. Вихідними даними ГІС є розподіл оцінок ризику, що міститься в класі ризику. Для підтримки прийняття рішень інформація, отримана в результаті діагностики ситуації, подається у візуальному вигляді.

Результати експерименту підтвердили, що використання системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень дозволяє підвищити ступінь ефективності управлінських екологічних рішень за рахунок:

- скорочення часу на підготовку документів щодо стратегічної екологічної оцінки, оцінки впливу на довкілля, оцінки екологічних загроз та ризиків (зменшується час: до 1-2 годин при проведенні стратегічної екологічної оцінки, оцінки впливу на довкілля; 5-10 хв.) при обробці повідомлень про виникнення надзвичайних екологічних ситуацій, оцінці екологічних загроз і ризиків.);

- автоматизація доставки інформації, отриманої службами оперативного реагування;
- інформаційно-аналітичне забезпечення прийняття управлінських рішень при ліквідації надзвичайних екологічних ситуацій;

- зберігання інформації в базі даних з прив'язкою до об'єктів запланованої діяльності;

- можливості автоматизації створення звітів, ведення статистики, аналізу оперативної обстановки;

- єдиний інформаційний простір для підтримки прийняття управлінських екологічних рішень.

Запропонована система підтримки прийняття управлінських екологічних рішень може забезпечити прийнятні характеристики за точністю та швидкістю за умови дискретизації простору (локальності) з розмірами осередків від 10 до 20 м. Проведені експерименти також підтвердили, що використання GISForestProject дозволяє особі, яка приймає рішення, своєчасно приймати адекватні рішення. на основі оцінки екологічного ризику під час планової діяльності об'єктів критичної інфраструктури у разі виникнення надзвичайних екологічних ситуацій та відповідно зменшити реальні збитки в умовах надзвичайних екологічних ситуацій. Результати експерименту доводять, що використання системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень дозволяє скоротити тривалість оцінки ситуації та вибору рішення, що дає змогу зменшити залежність від її психофізіологічних та евристичних властивостей та знизити екологічні ризики від надзвичайні екологічні ситуації на об'єктах критичної інфраструктури.

Система підтримки прийняття управлінських екологічних рішень у GISForestProject апробована на вирішенні ряду завдань підтримки прийняття рішень зі стратегічної екологічної оцінки та оцінки впливу на навколишнє середовище. Таким чином, запропонована інтеграція аерокосмічних технологій у систему управління екологічною безпекою дозволяє ефективно використовувати системи підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень. Запропоновану технологію підтримки прийняття екологічних управлінських рішень доцільно використовувати як основу веб-орієнтованої геоінформаційної системи GISForestProject, яка створена на мові програмування Python з використанням фреймворку Django та його розширення GeoDjango. Для створення системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень використано бібліотеку OpenLayers (для створення карт) та систему управління базами даних PostgreSQL.

Система забезпечує виконання наступних функцій: прийом та обробка даних моніторингу стану об'єктів планової діяльності в умовах можливих надзвичайних екологічних ситуацій; моделювання екологічних процесів у зоні діяльності об'єкта планованої діяльності та уточнення параметрів моделі відповідно до даних екологічного моніторингу; наочне

відображення динаміки поширення надзвичайних екологічних ситуацій у вигляді відповідного шару просторової моделі району планованої діяльності; діагностика ситуації в районі планованої діяльності в умовах можливих надзвичайних екологічних ситуацій шляхом розрахунку екологічних загроз і ризиків для об'єктів планованої діяльності та візуального відображення цих оцінок у просторовій моделі у вигляді динамічних зон на відповідному шарі просторової моделі території планованої діяльності; візуалізація геопросторової інформації, необхідної для підтримки прийняття управлінських рішень під час планових заходів з метою підвищення ефективності її сприйняття особою, що приймає рішення.

**Література:**

1. Khodashahri N.G, Sarabi M.H. Decision support system (DSS) // Singaporean journal of business economics and management studies. 2013. № 6 – С 94-102.
2. Tripathi K.P. Decision support system is a tool for making better decisions in the organization // Indian Journal of Computer Science and Engineering. 2017. № 21– С 112-117.
3. Бондар О.І., Машков О.А., Міхєєв В.С. Системний підхід щодо створення системи підтримки екологічних рішень для забезпечення екологічної безпеки держави / Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2020.-№ 3(30), 2020, с. 30-38.
4. Машков О.А., Іващенко Т.Г. Проблеми управління екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою систем підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень / Науковий часопис Академії національної безпеки, №3-4 (27-28) 2020, с. 7-34.
5. Машков О.А., Іващенко Т.Г., Мухіна К.Є. Застосування аерокосмічних технологій при управлінні екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою інтегрованих автоматизованих систем. / Науковий часопис Академії національної безпеки, №1-2 (29-30) 2021, с. 4-27.
6. Офіційний сайт організації-розробника FuzzyGLIPS Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/projects/iit/fuzzy-reasoning.html>. – Загл. с екрана