

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК
ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ**

РЯБОКОНЕНКО СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 528.8.04:504.064.2](477)

**ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО
ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТА
КОСМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАВДАНЬ
КРИЗОВОГО МОНІТОРИНГУ**

Спеціальність 05.07.12 - Дистанційні аерокосмічні дослідження

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Центрі аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук
член-кореспондент НАН України, професор
Федоровський Олександр Дмитрович,
завідувач відділу системного аналізу
Центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАНУ

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бурачек Всеволод Германович,
завідувач кафедри геодезії та фотограмметрії Чернігівського
державного інституту економіки та управління

кандидат технічних наук
Марков Сергій Юрійович,
доцент, докторант кафедри інженерної геодезії Національного
університету будівництва та архітектури, факультет
геоінформаційних систем та управління територіями

Провідна установа: Національний авіаційний університет, м. Київ

Захист відбудеться “ 14 ” вересня 2004 р. об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.162.03 при Центрі аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України за адресою: 01601, м. Київ, вул. Олеся Гончара, 55-Б

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту геологічних наук НАН України за адресою: 01601, м. Київ, вул. Олеся Гончара, 55-Б

Автореферат розісланий “11” серпня 2004 р.

*Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д26.162.03
кандидат біологічних наук*

Левчик О.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Погіршення в останні роки екологічної обстановки, підвищення ступеня ризику виникнення техногенних аварій та надзвичайних ситуацій потребує розробки нових інформаційних технологій прогнозування розвитку екологічного стану та оцінки рівня ризику виникнення кризових ситуацій для вжиття заходів зі зниження наслідків техногенного впливу і вирішення завдань кризового моніторингу.

Актуальність цього питання підтверджена Указом Президента “Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 26 листопада 1998 р.: “Про нейтралізацію погроз, що обумовлені погіршенням екологічної і техногенної обстановки в країні”, законами України “Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру”, “Про об’єкти підвищеної небезпеки”, “Програмою запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру на 2000 - 2005 роки”. Рада національної безпеки і оборони України визнала досягнення екологічної безпеки населення за найважливішу задачу національної безпеки.

Серед існуючих сучасних методів контролю екологічної обстановки в масштабах регіону найбільш ефективними є методи, що засновані на використанні геоінформаційних систем (ГІС) та інформації дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Незважаючи на те, що за багато років експлуатації природоресурсних супутників Землі накопичений значний досвід застосування ГІС і космічної інформації ДЗЗ при рішенні природогосподарчих задач, роботи з удосконалення ГІС-технологій і методів дешифрування космічних знімків (КЗ) продовжуються і в даний час. Досліджуються різні інформативні ознаки ландшафтно-техногенних систем, розробляються нові методи дешифрування КЗ, формуються моделі потенційних кризових ситуацій і т.д.

Треба зазначити, що самі по собі методи ДЗЗ ефективні в основному для моніторингу поточного стану навколишнього природного середовища та визначення за різночасовими знімками змін, що сталися. І тільки інтегруючи інформацію ДЗЗ в ГІС, накопичуючи інформацію ДЗЗ в базі даних та доповнюючи її даними польових досліджень, атрибутивними даними можна проводити просторовий аналіз за великою кількістю космічних знімків, моделювати складні природні і техногенні процеси та зміни екологічного стану довкілля під впливом тих чи інших несприятливих факторів та подій, прогнозувати різні сценарії розвитку потенційних надзвичайних ситуацій (НС), оцінювати рівень техногенного навантаження на території, моделювати соціально-економічну ситуацію в регіоні, а також сприяти ефективному прийняттю управлінських рішень в області природоохорони та природокористування, запобіганню техногенних аварій і НС, ліквідації їх наслідків, соціальному захисту населення. Сьогодні ефективне управління екологічною безпекою

держави, прийняття ефективних управлінських рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища потребує застосування нових інформаційних технологій.

Методологія космічних досліджень і методи застосування ДЗЗ для моніторингу довкілля та прогнозування кризових ситуацій великою мірою розвинулись завдяки працям відомих вчених В.Кононова, Г. Коротаєва, В. Лялька, М. Мірошникова, Б. Нелепо, М. Попова, О. Федоровського, В. Цимбала. Теоретико-методичні основи застосування ГІС і матеріалів ДЗЗ в галузі природоохорони та землезнавства приведені в роботах С. Довгого, В. Лялька, В. Шестопалова, М. Якимчука та ін. Теоретичні засади та приклади імітаційного моделювання кризових ситуацій приведені в працях А. Прохорова, О. Додонова, О. Рогожина, А. Садівничого, О. Федоровича, О. Трофимчука, Л. Грекова, Г. Красовського, В. Ілюшко, М. Железняка. Можливість створення на основі засобів системної динаміки та методу адаптивного балансу впливів (прийнята назва АВС-метод) моделей для оцінки геоекологічного стану навколишнього природного середовища розглянуті І. Тимченком, О. Федоровським, В. Якимчуком.

Перспективним є комплексування існуючих методів досліджень та розробка нових методик, у том числі, для моделювання різних сценаріїв розвитку екологічної ситуації в регіоні, визначення ступеня техногенного навантаження з урахуванням геологічної обстановки, оцінки рівня ризику і прогнозування можливого виникнення техногенних аварій і НС. Таким чином, не зважаючи на великий обсяг досліджень в цій галузі, проблема створення науково обґрунтованих комплексних систем на основі інтеграції даних ДЗЗ і ГІС достатньо не опрацьована і вимагає створення спеціальних ГІС-технологій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних робіт, які проводились у Центрі аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України відповідно із Загальнодержавною (національною) космічною програмою України на 2003-2007 роки, а саме: “Розробка наукових основ моделювання процесу одержання інформації космічними системами дистанційного зондування Землі (КС ДЗЗ), визначення їх оптимальної структури, параметрів і ефективності використання” (№ держреєстрації 0103U000434), “Науково-методичний супровід з дистанційного зондування Землі” (№ держреєстрації 0100U004112),

Мета та задачі дослідження Метою дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування методики комплексного застосування ГІС та інформації ДЗЗ для контролю екологічного стану територій за рівнем техногенного навантаження та моделювання різних сценаріїв розвитку кризових ситуацій у регіоні.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання:

- зроблено огляд задач кризового моніторингу з оцінкою ризиків виникнення НС;

- на основі комплексного використання можливостей ГІС і космічної інформації ДЗЗ розроблені методики: моделювання різних сценаріїв розвитку екологічної ситуації в регіоні, визначення ступеня техногенного навантаження з урахуванням геологічної обстановки, оцінки рівня ризику і прогнозування можливого виникнення техногенних аварій і НС;
- удосконалено спосіб автоматичної інтеграції інформації ДЗЗ у ГІС на основі дешифрування космічних знімків з використанням просторово-частотного аналізу, марковських моделей зображень, фрактальної геометрії, даних наземних спостережень, статистичних даних, даних паспортизації об'єктів і територій.
- на основі розробленої методики виконане моделювання екологічного стану і рівня ризику виникнення техногенних аварій і НС у регіонах розташування підприємства “Лукор”, ділянки нафтопроводу “Дружба” і в місті Одеса.

Об'єкт дослідження: екологічний стан територій і вплив потенційних НС на довкілля.

Предмет дослідження: комплексне застосування ГІС і космічної інформації для оцінки екологічного стану і ризику виникнення НС.

Методи дослідження:

- метод системної динаміки - адаптивного балансу впливів (для моделювання різних сценаріїв розвитку екологічної ситуації і НС у регіоні, який досліджується);
- метод нечітких множин і вибору компромісного варіанта (для класифікації екологічного стану територій і оцінки рівня ризику виникнення техногенних аварій і НС);
- метод просторово-частотного аналізу, марковських моделей зображень, фрактальної геометрії (для дешифрування космічних знімків і автоматичної інтеграції інформації ДЗЗ у ГІС).

Наукова новизна отриманих результатів. У результаті виконання дисертаційної роботи отримані нові результати, що виносяться на захист:

1. Розроблена концептуальна модель ГІС-технології для вирішення задач кризового моніторингу у вигляді формалізованого структурного графа, яка орієнтована на використання космічної інформації ДЗЗ і включає базу еколого-технічної і соціально-економічної інформації та моделі надзвичайних ситуацій.
2. Удосконалено спосіб автоматичної інтеграції інформації ДЗЗ у ГІС на основі дешифрування космічних знімків з використанням просторово-частотного аналізу, марковських моделей зображень, методів фрактальної геометрії, а також атрибутивних даних ГІС;
3. Розроблено моделі впливу та методику моделювання потенційних НС на навколишнє природне середовище в регіоні, які забезпечують можливість діагностування визначення поточного екологічного стану і прогнозування його розвитку для контролю динаміки кризових процесів.
4. Удосконалено методику оцінки рівня техногенного навантаження з урахуванням геологічних умов в регіоні дослідження.

Обґрунтованість і вірогідність наукових результатів підтверджується використанням відомих методів досліджень, перевіркою методики комплексного використання ГІС і космічної інформації при оцінці екологічного стану і ризиків виникнення техногенних аварій і НС на конкретних територіях, збігом одержаних при цьому результатів з експертними оцінками, отриманими на основі традиційних багаторічних спостережень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що на основі розробленого способу автоматичної інтеграції інформації ДЗЗ у ГІС запропоновано методику створення комплексної інформаційної системи для моделювання НС і оцінки екологічного стану територій, яка стала складовою частиною інформаційної системи для підтримки прийняття управлінських рішень щодо потенційно небезпечних об'єктів і екологічного стану території м. Одеси. Запропоновані моделі НС для випадку виліву забруднюючих речовин в річку та випадку викиду в атмосферу шкідливих хімічних речовин з можливістю інтеграції результатів моделювання в ГІС.

Особистий внесок здобувача. Виконаний автором аналіз способів дешифрування космічних знімків для інтеграції їх у ГІС розглянуто в роботі [2]. Автором обґрунтовано методику і розроблено імітаційні моделі оцінки екологічного стану і прогнозування можливого виникнення техногенних аварій і НС, а також їх наслідків на територіях, що досліджуються [8, 9]; удосконалено методику оцінки ступеня ризику виникнення техногенних аварій і НС, яка відрізняється тим, що для оцінки кризових ситуацій за рівнем техногенного навантаження і геологічних умов враховується масштаб і розмірність екологічних характеристик досліджуваного регіону [6]; удосконалено методику автоматичної інтеграції даних ДЗЗ [3] із використанням просторово-частотного аналізу [6], марковських процесів [1, 4, 5, 11, 12], фрактальних залежностей [7], а також атрибутивних даних у ГІС.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційних досліджень апробовані на наукових конференціях і семінарах: Fifth International Conference “Remote Sensing Marine and Coastal Environments” (Каліфорнія, США, 2001); “ГІС-форум 2001” (Київ, 2001); Молодіжна наукова конференція “Довкілля – XXI” (Дніпропетровськ, 2002); “Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою регіонів, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях” (Рибаче, 2003); V Міжнародна конференція “ГІС-технології в управлінні територіальним розвитком” (Ялта, 2003).

Публікації. Основні результати досліджень опубліковані у 15 друкованих роботах, що включають 5 статей у фахових виданнях та публікації в періодичних наукових виданнях, збірниках і працях конференцій та семінарів.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та додатків. Робота містить 205 сторінок в тому числі

51 рисунок, 29 таблиць та 1 додаток на 7 сторінках. Список використаних джерел літератури нараховує 124 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі “Аналіз потенційних надзвичайних ситуацій і формування складу ГІС для створення комплексної інформаційної системи” проводиться аналіз сучасних ГІС-технологій, розглядаються алгоритми збереження і маніпуляції просторово орієнтованими даними, описується системний підхід до аналізу взаємозв'язків різних складових частин ГІС. Також розглядаються ризики виникнення НС техногенного характеру на потенційно небезпечних промислових об'єктах.

Дається визначення ГІС як комплексної системи для роботи з просторово-орієнтованими даними, що містять графічну, географічну і тематичну (атрибутивну) інформацію, а також утиліти для обробки цієї інформації. ГІС виконує функції збору, збереження, маніпуляцій з даними, моделювання, аналізу, підтримки прийняття рішень. Розглядаються складові частини структури ГІС, дається їх опис. Розглянуто критерії формування ГІС для моделювання та оцінки наслідків НС із використанням космічної інформації.

У розділі докладно розглянута база даних для збереження атрибутивної інформації ГІС, пропонується класифікація способів представлення атрибутивних даних, інтегрованих у ГІС. Зроблено огляд застосування ГІС для моделювання геосистем, оптимізації природокористування та керування надзвичайними ситуаціями.

Розроблено концептуальну модель ГІС, яка інтегрує в собі дані ДЗЗ, картографічну та статистичну інформацію, дані наземних спостережень та засоби обробки інформації, просторового аналізу та моделювання.

У другому розділі “Способи інтеграції даних дистанційного зондування землі в ГІС” розглядаються способи інтеграції даних ДЗЗ у ГІС.

Використання космічних знімків для побудови ГІС включає дешифрування цих знімків, тобто розпізнавання природних утворень або їх індикаторів за тоном, кольором, текстурою зображення, його розмірами, спектральними характеристиками. У залежності від типу інформації, яку бажано одержати з вихідних даних, класи можуть бути зв'язані з відомими характеристиками земної поверхні. Прикладом класифікованого зображення є карта земельного покриття, що відображає рослинність, пустирі, пасовища, міські території і т.п.

Звичайно алгоритм класифікації при виконанні має у своєму розпорядженні набір набуваючих значення класів. Такий набір називається схемою класифікації (або системою класифікації). Мета такої схеми - забезпечення рамкової інтегрованої системи організації і категоризації інформації, що отримується з даних. Відповідна схема класифікації включає класи, які, з одного боку, важливі для

дослідження, а з іншого, помітно відрізняються від наявних у розпорядженні даних. У даній роботі використовуються наступні класи ландшафтів: 1) ділянки земної поверхні, вкриті лісонасадженнями; 2) землі сільськогосподарського призначення; 3) міська забудова; 4) водна поверхня. Розглядається кілька методів дешифрування космічних знімків для подальшої інтеграції у ГІС:

Марковські моделі зображень. Були проведені дослідження використання ланцюгів Маркова для аналізу зображень. Космічне зображення, отримане у виді цифрового знімка, описується масивом чисел, значення яких відповідають

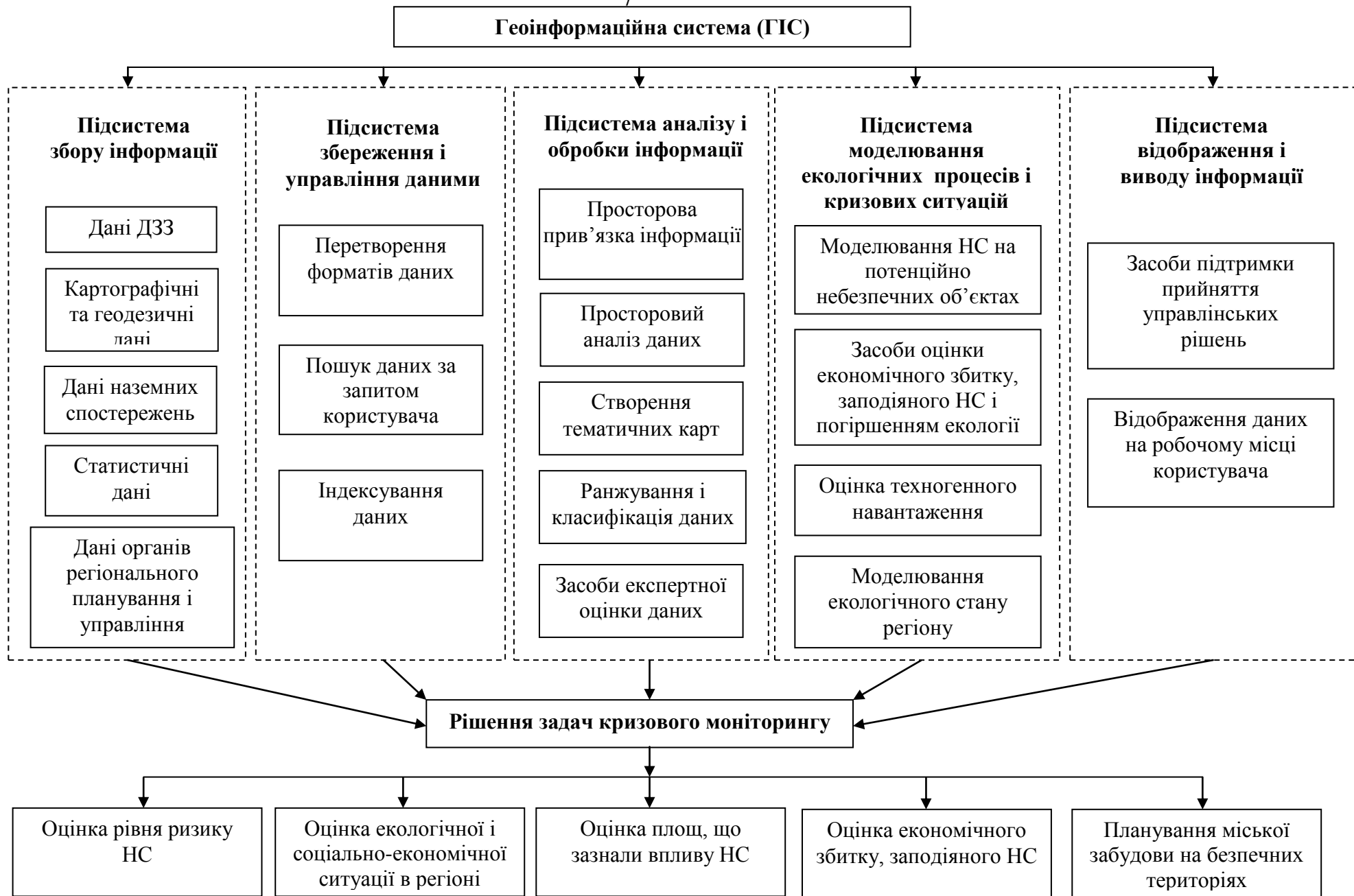


Рис.1. Концептуальна модель ГІС для вирішення задач кризового моніторингу

яскравості елементів зображення $L(x, y)$ з координатами x і y у площині зображення, причому функції автокореляції значень яскравості зображення уздовж координатних осей досить точно апроксимуються експонентними функціями.

Відповідно до визначення марковських процесів, щільність імовірності значень яскравості елемента зображення $L(x, y)$ залежить тільки від яскравості тих елементів дискретизованого зображення $L(x', y')$, відстань до яких від елемента (x, y) не перевищує відстані, рівної m , тобто $\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2} \leq m$.

Для оточення m математичною формою опису двовимірної марковської моделі зображення є матриця перехідних імовірностей сусідніх пікселів знімка, що одержала назву - матриця суміжних імовірностей (МСІ).

МСІ має розмір $2^N \times 2^N$ елементів, де N - розрядність цифрового знімка. З метою скорочення обчислювальних операцій після аналізу МСІ зображень об'єктів земної поверхні була виконана заміна імовірностей значень яскравості суміжних пікселів на імовірності абсолютних значень різниці їх яскравості (контрастів), що позначені - Δ . У підсумку були отримані для простого ланцюга Маркова матриці суміжних імовірностей контрастів (СМІК) яскравості

$$P(\Delta), \forall \Delta \in \overline{0, 2^N - 1}, \quad (1)$$

де $2N \times 1$ - розмірність цих матриць. Елемент СМІК $P(\Delta)$ є оцінкою імовірності наявності в зображенні суміжних пікселів, контраст яскравості яких Δ . Величина $P(\Delta)$ визначається як відношення кількості пар суміжних пікселів, що мають яскравості $L1$ і $L1 \pm \Delta$ до загального числа різноманітних контрастів значень яскравості в зображенні об'єктів земної поверхні, що аналізується.

Відбивна здатність різних елементів ландшафтних комплексів (ЛК) у різних спектральних діапазонах (каналах) космічного знімка не однакова і залежить від ряду факторів.

Дешифрування космічних знімків методом фрактальної геометрії. На основі поняття фракталу (зламаний об'єкт із дробовою розмірністю) і його доповнення до опису різних об'єктів розглянуто можливість побудови моделей класів випадкових структур ЛК. Як об'єкт фрактального опису розглядається квадратна ділянка знімка $a \times a$ пікселів, що перетворюється у двовимірний масив яскравостей. Для цього масиву будується фрактальний образ об'єкта відповідно з виразами (2) у вигляді параметрів фрактального перетворення (ПФП) F_{ij} , $\forall i \in \overline{0, m} \quad \forall j \in \overline{1, N_1}$, де i - порядковий номер ПФП, j - номер значення параметра, $a_{ij}^p, d_{ij}^p, k_{ij}^p, l_{ij}^p, m_{ij}^p, e_{ij}^p, f_{ij}^p, g_{ij}^p$ - коефіцієнти фрактального перетворення, x_n, y_m - визначають геометричне розташування пікселя в ділянці, що аналізується. Значення ПФП використовувалися як модель зображень ЛК:

$$\begin{aligned}
a_{ij}^u &= \frac{x_{i+1} - x_i}{x_n - x_0}, \quad d_{ij}^u = \frac{y_{j+1} - y_j}{y_m - y_0}, \quad k_{ij}^u = \frac{F_{i+1j} - F_{ij}}{x_n - x_0} - m_{ij}^u \frac{F_{n0} - F_{00}}{x_n - x_0}, \quad l_{ij}^u = \frac{F_{ij+1} - F_{ij}}{y_m - y_0} - m_{ij}^u \frac{F_{0n} - F_{00}}{y_m - y_0}, \\
m_{ij}^u &= \left[F_{ij} + x_0 \frac{F_{n0} - F_{00}}{x_n - x_0} + y_0 \frac{F_{0n} - F_{00}}{y_m - y_0} \right], \quad e_{ij}^u = x_i \frac{x_n}{x_n - x_0} - x_{i+1} \frac{x_n}{x_n - x_0}, \quad f_{ij}^u = y_j \frac{y_m}{y_m - y_0} - y_{j+1} \frac{y_m}{y_m - y_0}, \\
g_{ij}^u &= F_{ij} - y_0 \frac{F_{ij+1} - F_{ij}}{y_m - y_0} - x_0 \frac{F_{i+1j} - F_{ij}}{x_n - x_0}.
\end{aligned} \tag{2}$$

Якість моделі ЛК для задачі дешифрування залежить від розміру ділянки аналізу в межах досліджуваного ЛК, але зі збільшенням ділянки зростають вимоги до обчислювальних ресурсів. Визначення оптимального значення a проводилось шляхом послідовного збільшення ділянки аналізу. На космічному знімку вибиралися квадратні ділянки аналізу розміром 4×4 , 6×6 і 8×8 пікселів в межах аналізованих ЛК. По ділянках визначалися еталонні усереднені ПФП $\overline{T_{ij}^l}$. Окремі ділянки використовувалися для створення контрольних ПФП T_{ij}^k ($\forall l, k \in 1, 2, \dots$, i є номерами ЛК). Оцінка параметрів фрактальних моделей проводилася на основі різниць значень параметрів окремих контрольних ділянок і усереднених еталонних значень відповідно до виразу:

$$\Sigma_i^{kl} = \sum_{j=0}^{m-1} \left(T_{ij}^k - \overline{T_{ij}^l} \right)^2. \tag{3}$$

$$\text{і фрактальної моделі в цілому: } \Sigma^{kl} = \sum_{i=1}^{N_l} \Sigma_i^{kl}. \tag{4}$$

Як критерій оцінки фрактальної моделі для дешифрування ЛК використовувалося відношення значень (4), обчислених для контрольної ділянки, що не належить еталонному ЛК Σ^{kl} , але приналежного - Σ^{ll}

$$\mu^{kl} = \frac{\Sigma^{kl}}{\Sigma^{ll}}. \tag{5}$$

Якщо $\mu^{kl} \geq M^{kl} \cdot \mu^{ll}$ для $\forall l, k \in 1, 2, \dots$, (M^{kl} - граничні значення, обумовлені в процесі набору статистики по КЗ), то ПФП можуть бути використані для дешифрування ЛК, а якщо $\mu^{kl} < M^{kl} \cdot \mu^{ll}$, то дешифрування ЛК неможливе. У результаті проведеного експерименту з використанням критерію (5) було обране оптимальне (в рамках оброблених КЗ) значення сторони ковзного квадрата, в межах якого аналізується зображення $a = 8$.

Дешифрування КЗ на основі просторово-частотного аналізу. Зміні яскравості і координат точок у площині предмета або його зображення в термінах спектрального аналізу відповідають зміни амплітуди і фази по просторових частотах. Таким чином, зображенню ЛК, що має визначену структуру, відповідає просторово-частотний спектр (ПЧС), що характеризується сумою

просторових складових (гармонік) з відповідними амплітудами і фазовими зсувами між цими складовими. Значення амплітуд визначають внесок відповідних просторових частот у формування зображення, а значення фазових зсувів визначають зміни координат окремих точок у зображенні відносно їх положення в об'єкті.

Неспотвореному зображенню відповідає область просторових частот, у межах якої характеристика фазового ПЧС дорівнює нулю, тобто в зображенні зберігаються первинні координати різних точок об'єкта. Як ПЧС найчастіше використовуються двовірні спектри Фур'є. Складові ПЧС - $C(n,m)$, обчислюються за методом дискретного двовірного перетворення Фур'є відповідно до виразу (6):

$$C(n,m) = \frac{1}{A \cdot B} \sum_{x=0}^{A-1} \sum_{y=0}^{B-1} L(x,y) \exp\left[-j2\pi \left(\frac{nx}{A} + \frac{my}{B}\right)\right] \quad (6)$$

де: n, m - номери просторових гармонік по осях X, Y ; x, y - номери пікселів у межах виділеного фрагмента по осях X, Y ; $L(x,y)$ - розподіл яскравості в зображенні;

A, B - кількість вимірів по осях X, Y .

Необхідність використання просторових спектрів виникає при дослідженні за космічними знімками рельєфу місцевості, виділенні лінеаментів, визначенні переважного напрямку водних потоків, розташування лісопосадок і т.ін. Так, якщо у вихідному зображенні є протяжні структури різного напрямку, то буде спостерігатися розширення ПЧС у напрямку, перпендикулярному до найбільшої їх довжини. Ефективність просторового спектрального аналізу зростає при наявності в аналізованому зображенні періодично розташованих структур.

Запропоновано та розглянуто схему ГІС, яка покладена в основу комплексної інформаційної системи для моделювання та оцінки екологічного стану територій та підтримки прийняття управлінських рішень щодо потенційно небезпечних об'єктів і охорони навколишнього природного середовища. Схема такої ГІС включає в себе космічну інформацію, дані наземних служб, статистичну інформацію та інше. В основу запропонованої інформаційної системи включені результати дешифрування космічних знімків, що дозволяє визначати межі міської забудови, території лісонасаджень, сільгоспугіддя, водні об'єкти, геологічні аномалії (розломи, лінеаменти, зсуви), дані, що одержуються з гідрометеорологічних станцій, статистична інформація про населення, що проживає на територіях досліджень, дані про потенційно небезпечні об'єкти – такі як хімічне виробництво, відстійники, нафтотермінали і нафтоховища, теплоелектростанції і т.д.

У третьому розділі “Моделювання екологічних процесів за допомогою ГІС” розглядаються методики моделювання потенційних НС техногенного характеру.

Модель НС із викидом забруднюючих речовин у водні об'єкти має на увазі розрахунок максимальних концентрацій забруднюючих речовин у вигляді водотоку в створах річок для

відповідних пунктів і інгредієнтів. Схема розрахунків містить у собі гідрологічну частину і розрахунок якості води вздовж водотоків. Гідрологічна частина базується на витратах скидів підприємства, а також середньорічних витратах і швидкостях течій основних водотоків та середньорічних витрат їх приток на розрахункових ділянках.

Для формування моделі водного об'єкта водотік розбивається на секції з постійною витратою, у межах яких усі параметри моделі можна прийняти постійними. Границі секцій сполучаються місцями скидання стічних вод, водозаборами, гирлами приток, створами, в яких контролюється якість води, і місцями різкої зміни гідрометричних характеристик водотоку. При співпаданні місця водозабору з місцем скидання стічних вод і гирлом притоки для цього водозабору вводиться окрема секція нульової довжини. Для кожної притоки та основної ріки крім створів контролю якості води необхідно вказати розрахунковий створ в гирлі, початковий створ і якість води в верхів'ї річки. Усі створи нумеруються послідовно від верхів'я до гирла для кожної притоки і основної річки. Аналогічно нумеруються розрахункові секції.

Модель водного об'єкта:

$$Y_k = A_{k,k-1} \cdot Y_{k-1} + \sum_{v \in V_k} A_{kv} \cdot Y_v + \sum_{i \in I_k} B_{ki} \frac{q_i}{Q_\alpha} C_i, \quad \alpha = \alpha \in \mathbb{N}, \quad k \in K, \quad (7)$$

де:

K – множина номерів розрахункових створів, у яких моделюється якість води;

Y_k - вектор показників (концентрацій речовин), що характеризують якість води в створі k , мг/л;

Y_{k-1} - теж саме для попереднього за течією створу $k-1$ якщо $\alpha-1 \in \mathbb{N}$, то створ $k-1$ є початковим створом (верхів'ям) ріки і $Y_{k-1} = \mathbb{N}_{\phi, \alpha-1}$, де $\mathbb{N}_{\phi, \alpha-1}$ - вектор фонових концентрацій речовин у воді водотоку в створі $k-1$, мг/л; Y_v - теж саме для створу v , розташованого в гирлі притоки, що впадає на ділянці $\mathbb{N}, k-1$; C_i - вектор максимальних середньочасових концентрацій речовин у стічних водах випуску i , мг/л; q_i - витрата стічних вод випуску i , м³/с; Q_α - витрата води в річці в розрахунковій секції α , м³/с; $\alpha \in \mathbb{N}$ - номер розрахункової секції, на початку якої розташований випуск стічних вод водокористувача i ; V_k - множина номерів створів, розташованих в гирлах приток, що впадають на ділянці $\mathbb{N}, k-1$; I_k - множина номерів випусків стічних вод, що надходять у водний об'єкт на ділянці $\mathbb{N}, k-1$; $A_{k,k-1}, A_{kv}, B_{ki}$ - матриці, що характеризують розбавлення і трансформацію якості річкових вод.

$A_{km} = \prod_{j \in J_{km}} \mathbb{N}_j S_j$, $m \in K$ $B_{ki} = \prod_{j \in J_{ki}^0} \xi_j S_j$, $\alpha = \alpha \in \mathbb{N}$, $i \in I_k$, (8)

де:

J_{km} - множина номерів розрахункових секцій з постійними характеристиками потоку, що з'єднують створ m зі створом k ; $J_{k\alpha}^0$ - теж для скидання i ; ξ_j - розбавлення річкових вод при переході від секції j до наступної за течією даної ріки секції $j+1$

$$\xi_j = \begin{cases} 1, \text{ якщо } _ \text{секция } _ j _ \text{остання } _ \text{або } _ Q_{j+1} \leq Q_j \\ \frac{Q_j}{Q_{j+1}}, \text{ якщо } _ Q_{j+1} > Q_j \end{cases} \quad (9)$$

$S_j^\zeta = e^{-k_\zeta t_j}$ - коефіцієнт, що характеризує самоочищення і трансформацію речовин у водотоку протягом секції j , ζ - індекс речовини, k_ζ - коефіцієнт неконсервативності речовини ζ , t_j - час переміщення води у водотоку протягом секції j , діб.

При переході до однієї секції приймаємо наступне допущення: протягом секції можливе тільки одне скидання стічних вод, або впадання тільки однієї притоки на початку секції:

1. Скидання підприємства:

$$Y_k = A_{k,k-1} \cdot Y_{k-1} + B_{ki} \frac{q_i}{Q_\alpha} C_i = \frac{Q_{k-1}}{Q_k} \cdot Y_{k-1} \cdot e^{-k_\zeta t_l} + \frac{q_i}{Q_\alpha} C_i \cdot e^{-k_\zeta t_l} = \left(\frac{Q_{k-1}}{Q_k} \cdot Y_{k-1} + \frac{q}{Q_k} C_\zeta \right) \cdot e^{-k_\zeta t_l} \quad (10)$$

2. Впадання притоки:

$$Y_k = A_{k,k-1} \cdot Y_{k-1} + A_{kv} \cdot Y = \frac{Q_{k-1}}{Q_k} \cdot Y_{k-1} \cdot e^{-k_\zeta t_l} + \frac{Q_v}{Q_k} \cdot Y_v \cdot e^{-k_\zeta t_l} = \left(\frac{Q_{k-1}}{Q_k} \cdot Y_{k-1} + \frac{Q_v}{Q_k} \cdot Y_v \right) \cdot e^{-k_\zeta t_l} \quad (11)$$

Для формування моделі водного об'єкту водотік розбивається на секції довжиною 1 км. У межах секції всі параметри моделі можна прийняти постійними, границі секції сполучаються з місцями скидання стічних вод, гірлами приток. У моделі враховуються:

- самоочищення, розбавлення і трансформація речовин у водотоку протягом секції;
- розбавлення води водотоку за рахунок поверхневого стоку;

Вираз моделі водного об'єкта для однієї секції має вигляд:

$$C_i = C_{i-1} * e^{-kt_j} * \frac{Q_{i-1}}{Q_i} + C_i^{np} * e^{-kt_j} * \frac{q_i}{Q_i}, \quad (12)$$

де: C_i, C_{i-1} - концентрації речовини у водотоку наприкінці попередньої і поточної секцій; C_i^{np} - концентрації речовини в поверхневому стоці, притоці, аварійному скиданні (у залежності від номера секції); q_i - витрата води в поверхневому стоці (ΔQ_j), притоці (q_{np}), аварійному скиданні ($q_{сб}$); k - коефіцієнт неконсервативності речовини; t_j - час переміщення води у водотоку

протягом секції в річці j , діб, дорівнює:

$$t_j = \frac{0.011574}{v_j} .$$

(13)

Q_{i-1}, Q_i - витрати води у водотоку наприкінці попередньої і поточної секцій. З урахуванням витрати аварійного скидання, що відбувається на початку поточної секції: $Q_i = Q_{i-1} + q_{cб}$. Для наступних секцій з урахуванням зменшення частки витрати аварійного скидання по довжині розрахункових річок:

$$Q_k = Q_{k-1} - q_{cб} * (1 - e^{-\frac{0.005}{v_j}}) + q_k . \quad (14)$$

З урахуванням витрати притоки, що впадає в основну річку на початку поточної секції:

$$Q_i = Q_{i-1} + q_{np} . \text{ З урахуванням витрати поверхневих вод: } Q_i = Q_{i-1} + \Delta Q_j .$$

Метод системної динаміки при моделюванні соціально-екологічного стану регіону.

Розглядається створення імітаційної еколого-економічної моделі для підвищення ефективності прийняття рішень в області екологічного контролю за діяльністю виробництва і соціального захисту населення при НС техногенного характеру.

Для моделювання були використані методи системної динаміки, призначеної для кількісного аналізу складних систем, які мають множинні зворотні зв'язки, що описують причинно-наслідкові відносини між елементами системи. Відповідно до концепції декомпозиції і синтезу будь-яка складна система може бути розкладена на основні елементи, що мають визначене значення для досягнення тієї мети, заради якої вводиться поняття про цю систему. У методі системної динаміки основними елементами є потоки інформації, а також рівні - накопичувачі потоків. Кожний потік проходить через деякий рівень, змінюючи при цьому свою швидкість. Тому як основний елемент системи можна розглядати рівень із вхідним у нього і вихідним з нього потоками.

У методі системної динаміки відсутні алгоритми визначення функцій, що встановлюють зв'язки між елементами системи, а також немає адаптації моделей до статистики відхилень модельних сценаріїв від фактичних. Використання можливостей методу системної динаміки з адаптацією сценаріїв функціонування до спостережень дає метод адаптивного балансу впливів.

Відповідно до АВС-методу система складається з універсальних модулів, що знаходяться в стані рівноваги. Рівновага підтримується функціями впливу. У середині системи зберігається режим балансу впливів під управлінням зовнішнього впливу на систему. Запропонована у роботі система складається із наступних блоків:

1) біоресурс – розглядається для виробництв, зв'язаних з рибною, лісозаготівельною, тваринницькою промисловістю. Крім того, стан біоресурсу – фітопланктону, лісонасаджень, впливає на стан екології в цілому – $Y1$; 2) стан екології – $Y2$;
 3) штрафи за забруднення, що стягнуті з підприємств-порушників Міністерством охорони навколишнього природного середовища – $Y3$; 4) імовірність виникнення НС техногенного характеру – $Y4$; 5) рівень забруднень навколишнього середовища промисловими підприємствами – $Y5$; 6) обсяг інформації ДЗЗ – $Y6$; 7) витрати на соціальну сферу, зокрема, на оздоровлення людей, медичну реабілітацію потерпілих у результаті НС, засоби на евакуацію населення в разі потреби, витрати на компенсаційні виплати постраждалому населенню – $Y7$; 8) зростання захворювання населення – $Y8$; 9) обсяг виробництва – $Y9$; 10) відрахування на екологію – $Y10$; 11) продуктивність праці – $Y11$; 12) прибуток, що одержується від виробництва – $Y12$.

Через кожний рівень Y_i проходить потік відповідного компонента. Вхідний рівень і вихідний з нього потоки регулюються ланцюгами зворотних зв'язків через темпи потоків, що знаходяться під впливом функцій внутрисистемних зв'язків - α_i і зворотних зв'язків позитивних з коефіцієнтами $\eta_i(\Delta Y_i)$ і негативних $\gamma_i(\Delta Y_i)$.

На основі концептуальної моделі, була побудована системна діаграма, у якій для рівнів введені потоки і ланцюги зворотних зв'язків. Причинно-наслідкові зв'язки в діаграмі, що виражені за допомогою функцій впливу через відповідні потоки, забезпечують взаємний вплив компонентів вектора стану природно-господарського комплексу (ПГК) (рівнів Y_i) і динамічну рівновагу системи. Функція впливу рівня Y_n на рівень Y_m , відповідно до виду їх взаємозв'язку записується як $\alpha_m(Y_n)$ або $\alpha_m(\Delta Y_n)$, де Y_n значення n-го рівня, ΔY_n - його прирощення. Вибір і уточнення функцій впливу відбувається в імітаційних експериментах, виходячи зі збіжності модельних оцінок параметрів системи до спостережень.

$$\begin{aligned}
 Y_{1k} &= Y_{1l} + Y_{1l} \tau [\eta_1(\Delta Y_{1j}) + \alpha_1(\Delta Y_{2j}) + \alpha_1(\Delta Y_{5j}) - \gamma_1(\Delta Y_{1j})], \\
 Y_{2k} &= Y_{2l} + Y_{2l} \tau [\eta_2(\Delta Y_{2j}) - \alpha_2(\Delta Y_{4j}) - \alpha_2(\Delta Y_{5j})], \\
 Y_{3k} &= Y_{3l} + Y_{3l} \tau [\eta_3(\Delta Y_{3j}) + \alpha_3(\Delta Y_{6j}) + \alpha_3(\Delta Y_{4j}) - \gamma_3(\Delta Y_{3j})], \\
 Y_{4k} &= Y_{4l} + Y_{4l} \tau [\eta_4(\Delta Y_{4j}) - \alpha_4(\Delta Y_{10j}) - \gamma_4(\Delta Y_{4j})], \\
 Y_{5k} &= Y_{5l} + Y_{5l} \tau [\alpha_5(\Delta Y_{9l}) - \gamma_5(\Delta Y_{5l})], \\
 Y_{6k} &= Y_{6l} + Y_{6l} \tau [\alpha_6(\Delta Y_{10l})], \\
 Y_{7k} &= Y_{7l} + Y_{7l} \tau [\eta_7(\Delta Y_{7l}) + \alpha_7(\Delta Y_{4l}) + \alpha_7(\Delta Y_{12l}) - \gamma_7(\Delta Y_{7l})], \\
 Y_{8k} &= Y_{8l} + Y_{8l} \tau [\eta_8(\Delta Y_{8l}) + \alpha_8(\Delta Y_{4l}) + \alpha_5(\Delta Y_{12l}) - \gamma_8(\Delta Y_{8l})], \\
 Y_{9k} &= Y_{9l} + Y_{9l} \tau [\eta_9(\Delta Y_{9l}) + \alpha_9(\Delta Y_{11l}) - \gamma_9(\Delta Y_{9l})], \\
 Y_{10k} &= Y_{10l} + Y_{10l} \tau [\eta_{10}(\Delta Y_{10l}) + \alpha_{10}(Y_{9l}) + \alpha_{10}(Y_{3l}) - \gamma_{10}(\Delta Y_{10l})], \\
 Y_{11k} &= Y_{11l} + Y_{11l} \tau [\eta_9(\Delta Y_{11l}) - \alpha_{11}(\Delta Y_{8l})],
 \end{aligned} \tag{15}$$

$$Y_{12k} = Y_{12l} + Y_{12l} \tau [\eta_{12}(\Delta Y_{12l}) + \alpha_{12}(\Delta Y_{11l}) + \alpha_{12}(\Delta Y_{9l}) - \gamma_{12}(\Delta Y_{12l})],$$

де: Y_{sk} , Y_{sl} - k -й і l -й відліки s -го рівня Y_s ; $s=1, 2, \dots, 14$; $k=0, 1, \dots$; $l=0, 1, \dots$; $k > l$; $\tau = t_k - t_l$.

На основі отриманої системи рівнянь було зроблено імітаційне моделювання еколого-економічної ситуації в регіоні і розглянуто вплив на еколого-економічну ситуацію можливої НС техногенного характеру. У ході імітаційного моделювання надзвичайної ситуації було визначено, що через час τ погіршився екологічний стан території, що зазнала впливу НС, збільшився рівень захворювання, зменшилась продуктивність праці. У той же час збільшилися відрахування на екологію та ліквідацію наслідків надзвичайної ситуації. Відмічено вплив обсягів виробництва в регіоні на рівень забруднення навколишнього природного середовища і ризик виникнення НС. Завдяки запропонованій методиці моделювання стало можливим визначення балансу між зростанням виробництва, економічного потенціалу регіону і екологічним станом.

Оцінка рівня техногенного навантаження з урахуванням геологічної обстановки в регіоні, що досліджується. Для оперативних автоматизованих методів оцінки екологічної обстановки в регіоні важлива ефективна оцінка рівня техногенного навантаження, що впливає на імовірність виникнення кризових ситуацій і екологічного лиха. Така оцінка дозволить проводити класифікацію регіонів за рівнем екологічної небезпеки, що дає можливість здійснювати цілеспрямований моніторинг навколишнього середовища, раціонально виділяти кошти на поліпшення екології і заходи, пов'язані з підвищенням безпеки населення, що проживає на несприятливих територіях.

У залежності від поставлених задач існує кілька підходів до оцінки техногенного навантаження і екологічного стану природно-технічних систем (ПТС): за обсягами виробництва, за виділенням ділянок безпечного проживання населення, за статистикою виникнення НС за деякий період часу.

При комплексному підході до дослідження і класифікації екологічного стану ПТС природне середовище розглядається як система в цілому, коли найбільше значення мають не окремі характеристики-індикатори, а їх сукупність. Використання системного підходу полягає в аналізі за допомогою ГІС соціально-економічних і екологічних умов регіону як складної системи, з урахуванням атрибутивних даних промислових підприємств, ландшафтних структур, геологічних аномалій, соціальних факторів, кліматичних даних. Розглядаючи ПТС як систему в цілому, можна одержати якісні і кількісні уявлення про характер ймовірних кризових ситуацій і ризики їх виникнення.

Загальні методичні положення системного підходу можна застосовувати для аналізу більшості складних систем, однак їх реалізація в кожному конкретному випадку має свою специфіку і вимагає формування відповідних критеріїв вирішення задачі, а також процедури прийняття рішень.

Використання ГІС для задач оцінки рівня техногенного навантаження дозволяє враховувати зони геологічних розломів, зони підтоплень, гідрографічну і гідротехнічну мережу, джерела

забруднення водних об'єктів і атмосфери, сучасні екзогенні процеси, статистичні дані про населення, географічне розташування населених пунктів і промислових підприємств, дані соціальних служб, метеорологічні дані, дозволяє оцінювати площі територій, що підпадають під вплив можливих кризових ситуацій. Застосування запропонованої методики дає фахівцям інструмент для проведення класифікації регіонів за тими ознаками, які важливі для вирішення конкретної задачі, і, в той же час, створює основу комплексної інформаційної системи, яка необхідна для підтримки прийняття управлінських рішень.

Рівень техногенного навантаження визначається екологічною небезпекою виробництва, поточним станом навколишнього природного середовища на територіях, що досліджуються, обсягами виробництва, наявністю розгалуженої інфраструктури (шляхи евакуації населення, служби ліквідації наслідків НС і т.ін.), типами ландшафтів на досліджуваних територіях, кількістю населення. У залежності від перерахованих факторів можна виділити m груп територій. До ділянок з підвищеним рівнем техногенного навантаження і ризику НС відносяться території з такими геологічними процесами як ерозія, карст, зсуви, підтоплення, а також ландшафти, які відповідають лінеаментним зонам та місцям їх перетину, ландшафти з високим рівнем промислового виробництва (яке характеризується підвищеною кількістю викидів шкідливих речовин в атмосферу і рівнем енергоспоживання), високою екологічною небезпекою виробництва, з великою кількістю населення, що проживає на території, яка попадає в зону впливу потенційної НС.

Процедура оцінки рівня техногенного навантаження і зв'язаного з ним ступеня ризику виникнення кризових ситуацій полягає в аналізі несприятливих факторів, що впливають на екологію, обчисленні відносних площ, що підпадають під вплив потенційної кризової ситуації, визначенні кількості населення, що може постраждати в результаті НС.

Відповідно до системного підходу як узагальнений критерій використовувалася “функція належності”, що визначає імовірність належності досліджуваної ділянки до групи територій з визначеним рівнем ризику кризової ситуації. Множиною окремих критеріїв були “функції відповідності” - оцінки відповідності характеристик території, рівня виробництва еталонному рангу. При цьому належність ділянки, яка досліджується, до конкретного класу, що відповідає деякому рівню ризику НС, визначалася за максимальним значенням функції належності.

У четвертому розділі **“Апробація розробленої ГІС-технології для оцінки екологічного стану територій”** розглядається використання запропонованих способів інтеграції даних ДЗЗ в ГІС та методики моделювання в ГІС потенційних надзвичайних ситуацій, що були використані при створенні інформаційної системи м. Одеси, яка зорієнтована на підтримку прийняття управлінських рішень щодо покращення екологічного стану довкілля. Були визначені зони підвищеного геоecологічного ризику. За результатами моделювання побудовані ГІС шари територій, що можуть зазнати впливу в наслідок НС на потенційно небезпечних об'єктах.

Для відпрацювання застосування ГІС-технологій для моделювання і аналізу нафтових забруднень було взято за тестову надзвичайну ситуацію вилив нафти в р. Латориця під час аварії на нафтопроводі “Дружба” (поблизу с. Голубине Свалявського району Закарпатської області). Метою було визначення часу підходу нафти до населених пунктів. За результатами моделювання та ГІС-аналізу визначені населені пункти, що можуть постраждати при НС та час підходу забруднення. Результати моделювання були співставлені з реальними даними НС, що сталася на нафтопроводі “Дружба” 8 листопада 1995 року. Співставлення показало високу достовірність результатів моделювання. На різних ділянках похибка складала 12-20%.

За результатами дешифрування космічного знімка TERRA (ASTER) від 23.09.2003 р. було актуалізовано базу даних цифрової карти на територію досліджень. Також за космічним знімком визначено стан територій вздовж річки в напрямку переміщення плями нафти (русло річки в певних місцях сильно меандрує, тому швидкість течії в таких точках менша. Такі меандрові злами можна рекомендувати для встановлення бонових загороджень для уловлення нафти.

Були промодельовані за допомогою ГІС наслідки можливої надзвичайно ситуації на ЗАТ “Лукоп”. За результатами моделювання були визначені площі територій, що можуть зазнати впливу НС і кількість населення, що може постраждати. При аварії з викидом 300 т хлору в зону ураження потрапляють населені пункти Калуш, Студінка, Бабин-Зарічний, Бабин-Західний, Середній Бабин, Бринь, Вістова із загальною кількістю жителів 77650 осіб. До 20% з них (відповідно до даних МНС) може постраждати.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу потенційних кризових ситуацій та вимог щодо їх прогнозування та оцінки наслідків, розроблено концептуальну модель ГІС для рішення задач кризового моніторингу, яка включає: методику автоматичної інтеграції інформації ДЗЗ у ГІС на основі дешифрування космічних знімків, базу даних еколого-технічної та соціально-економічної інформації, моделі НС, відомі і спеціально розроблені методики і комп'ютерні програми для рішення задач кризового моніторингу.
2. Удосконалено спосіб інтеграції космічної інформації в ГІС на основі дешифрування космічних знімків за допомогою просторово-частотного аналізу, марковських моделей зображень, фрактальної геометрії.
3. Удосконалено методику оцінки ступеня ризику виникнення техногенних аварій і НС на основі дешифрування космічних знімків і класифікації територій за техногенним навантаженням і геологічними умовами;

4. Розроблено моделі впливу потенційних НС на навколишнє природне середовище в регіоні, які забезпечують можливість визначення поточного екологічного стану і прогнозування його розвитку для контролю динаміки кризових процесів. Проведено імітаційне моделювання соціально-економічного стану регіону, який зазнав впливу дії НС.
5. Запропоновано інтегровані в ГІС моделі НС для випадку виливу забруднюючих речовин у водні об'єкти та випадку викиду в атмосферу шкідливих хімічних речовин. Ця інтеграція забезпечує можливість отримання вхідних даних для моделювання з бази даних ГІС, збереження в базі даних результатів моделювання та їх візуалізацію, подальший просторовий аналіз та побудову результуючих тематичних карт.
6. Удосконалено методику оцінки рівня техногенного навантаження з урахуванням геологічних умов в регіоні, що досліджується.
7. Отримані наукові результати апробовано при експериментальних дослідженнях екологічного стану територій і оцінки впливу на довкілля техногенних аварій і НС у регіонах розташування підприємства "Луکور", ділянки нафтопроводу "Дружба" і в місті Одеса.
8. Розроблено компоненти геоінформаційної системи, яка стала складовою частиною системи підтримки прийняття управлінських рішень щодо потенційних-небезпечних об'єктів і екологічного стану території міста Одеси.

ОСНОВНІ ПРАЦІ ОПУБЛІКОВАНІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. А. Д. Федоровский, В. Г. Якимчук, С.А. Рябоконеко. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов с использованием марковской модели изображений. // Космічна наука і технологія. - 2001.- Т.7, № 5/6 - С.80-84
2. Федоровский А.Д., Якимчук В.Г., Рябоконеко С.А., Пахомов И.П., Суханов К.Ю. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов на основе структурно-текстурного анализа. // Космічна наука і технологія. - 2002. - Т 8, № 2/3. - С. 76-83.
3. Рябоконеко С.А. Системный подход при изучении ландшафтных комплексов дистанционными методами. // Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского. – Севастополь, 2003. - Том 16, № 2. - С. 167-170.
4. Федоровский А.Д., Якимчук В.Г., Никитенко О.В., Артюшенко М.В., Рябоконеко С.А. Метод фрактальной геометрии при дешифрировании космических снимков ландшафтных комплексов. // Доповіді Національної академії наук України. - 2002, № 9. - С. 119-124.

5. А.Д. Федоровский, С.А. Рябоконенко, З.В. Козлов Определение требований к параметрам космического аппаратного комплекса зондирования Земли. // Доповіді Національної академії наук України. - 2003, №7. - С. 118-122.
6. Лищенко Л.П. Рябоконенко С.А. Федоровский А.Д. Оценка геоэкологического состояния горнопромышленных территорий на основе ландшафтно-системного подхода и аэрокосмической информации. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2004. №2. - С.5-11
7. Федоровский А.Д., Якимчук В.Г., Пахомов И.П., Суханов К.Ю., Рябоконенко С.А. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов на основе структурного анализа. // Системы контроля окружающей среды. - 2002. - С. 235-243.
8. Федоровский А.Д., Якимчук В.Г., Рябоконенко С.А., Рябоконенко А.Д. Применение марковских методов для классификации ландшафтных комплексов по данным космической съемки. // Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского. - Т. 15, № 1. - 2002. - С. 83-88.
9. Федоровский А.Д., Рябоконенко С.А., Рябоконенко А.Д. Дистанційні дослідження міських агломерацій як виду ландшафтних комплексів. // Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского. - Т. 15, № 1. - 2002. - С. 76-83.
10. Рябоконенко С. О., Мазуркевич О. О., Серенко В.В., Використання дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій для вирішення водоресурсних і водоохоронних завдань. // Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского. - Т. 16, № 2. - 2002. - С. 101-106.
11. Рябоконенко С. А., Федоровский А.Д., и др. Автоматизация процесса дешифрирования ландшафтных комплексов по материалам космической съемки для задач моделирования экологических процессов. // Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского. - Т. 16, № 2. - 2002. - С. 196-201.
12. Рябоконенко С.А., Федоровский А.Д., Якимчук В.Г. Использование марковских свойств изображений при дешифрировании космических снимков ландшафтных комплексов. // ГІС-форум 2001. - Київ. - 2001. - С. 60-63.
13. Рябоконенко С.А. Методики построения ГИС ландшафтных комплексов по материалам дистанционного зондирования Земли //Матеріали виступів Школи-семінару для молодих науковців “Наукові космічні дослідження”. с. Жукін, (Київська область). - 2003. - С. 32-33.
14. С. А. Рябоконенко, А. Д. Федоровский, В. Г. Якимчук. Марковская модель изображений при дешифрировании космических снимков ландшафтных комплексов. // Сборник тезисов "Первой украинской конференции по перспективным космическим исследованиям". - 2001. - С. 102.

15. A.D. Fedorovsky, V.G. Yakimthuk, I.P. Pakhomov, K.Yu. Sukhanov, S.A. Rjabokononko. The Analysis of Space Images of Landscape Zones on a Basis of the Markov Models. // Fifth International Conferences Remote Sensing Marine and Castal Environments. California(USA) – 2001. - P. 18.

АНОТАЦІЯ

Рябоконеко С.О. Обґрунтування методики комплексного використання ГІС та космічної інформації при вирішенні завдань кризового моніторингу – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження – Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, Київ, 2004.

Пропонується методика комплексного використання ГІС і космічної інформації для рішення задач кризового моніторингу. Розроблено концептуальну модель ГІС, яка орієнтована на використання космічної інформації ДЗЗ, і яка включає: базу еколого-технічної та соціально-економічної інформації, моделі НС, програму формування цифрових карт ландшафтно-промислових комплексів, а також відомі і спеціально розроблені методики і комп'ютерні програми для рішення завдань кризового моніторингу.

Запропоновано методи дешифрування космічних знімків для інтеграції матеріалів аерокосмічної зйомки у ГІС з використанням просторово-частотного аналізу, марковських моделей зображень, фрактальної геометрії.

Розглянуто теоретичні засади для проведення оцінки рівня техногенного навантаження на досліджувані території. Надано методику моделювання і прогнозування різних сценаріїв розвитку екологічної обстановки в регіоні при виникненні кризових ситуацій і оцінки рівня ризику виникнення техногенних аварій і НС на основі методу адаптивного балансу впливів. Наводяться приклади апробації отриманих наукових результатів при експериментальних дослідженнях екологічного стану територій і оцінки впливу на довкілля можливих техногенних аварій і НС у регіонах розташування підприємства “Лукор”, ділянки нафтопроводу “Дружба” і в місті Одеса.

Ключові слова: Геоінформаційна система, надзвичайна ситуація, дешифрування космічних знімків, техногенне навантаження, матеріали аерокосмічної зйомки, адаптивний баланс впливів, екологічний стан.

АННОТАЦИЯ

Рябоконеко С.А. Обоснование методики комплексного использования ГИС и космической информации при решении задач кризисного мониторинга – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.12 – дистанционные аэрокосмические исследования. Центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины, Киев, 2004.

Предлагается методика комплексного использования ГИС и космической информации для решения задач кризисного мониторинга. Разработана концептуальная модель ГИС, которая ориентированна на использование космической информации ДЗЗ, и включает: базу эколого-технической и социально-экономической информации, модели чрезвычайных ситуаций, а также известные и специально разработанные методики для решения задач кризисного мониторинга.

Предложен способ интеграции материалов аэрокосмической съемки в ГИС на основе дешифрирования космических снимков с использованием пространственно-частотного анализа, марковских моделей изображений, фрактальной геометрии. Эти методы позволяют автоматизировать процесс обновления данных в ГИС, что позволяет увеличить оперативность и точность прогноза кризисных ситуаций, а также точность оценки их последствий.

Рассмотрены теоретические основы для проведения оценки уровня техногенной нагрузки на исследуемых территориях, такая оценка позволяет проводить классификацию регионов по уровню экологической опасности, что дает возможность осуществлять целенаправленный мониторинг окружающей и рационально выделять средства на улучшение экологической обстановки и меры по повышению безопасности населения, проживающего на неблагоприятных территориях.

Предоставлена методика моделирования и прогнозирования различных сценариев развития экологической обстановки в регионе при возникновении кризисных ситуаций и оценки уровня риска возникновения техногенных аварий и ЧС на основе метода адаптивного баланса влияний. Данная методика предназначена для повышения эффективности принятия решений в области экологического контроля за деятельностью производства и социальной защиты населения при чрезвычайных ситуациях техногенного характера.

Приводятся примеры апробации полученных научных результатов при экспериментальных исследованиях экологического состояния территорий и оценки влияния на окружающую среду техногенных аварий и ЧС в регионах расположения предприятия “Лукор”, участка нефтепровода “Дружба” и городе Одесса.

Ключевые слова: геоинформационная система, чрезвычайная ситуация, дешифрирование космических снимков, техногенная нагрузка, материалы аэрокосмической съемки, адаптивный баланс влияний, экологическое состояние.

SUMMARY

Ryabokonenko S.O. The substantiation of a technique of a complex use GIS and the space information at the solution of tasks of crisis monitoring.

The thesis for the scientific degree of candidate of technical sciences on speciality 05.07.12 –remote aerospace research – Centre for Aerospace Research of the Earth, Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, 2004.

The technique of GIS and space information comprehensive use for meeting the crisis monitoring objectives has been offered. The GIS conceptual model oriented on space information use has been developed; it covers: the basis of ecological and technical, as well as social and economic information, ES models, the program of forming of landscape-industrial complexes digital maps, as well as the known specially developed techniques and computer programs for meeting the crisis monitoring objectives.

Methods of decoding of space images for mastering aerospace shooting materials in GIS with the use of spatial and frequency analysis, markov models of images, as well as fractal geometry have been offered.

The fundamental theory for implementation of the man-caused load level assessment on the researched territories has been considered. The technique of modeling and prediction of various ways of environmental situation development in the region in case of emergency situations, as well as the assessment of the risk level of man-caused accidents and ES evidence on basis of effects adaptive balance method has been provided. There also have been provided the examples of the received scientific data approbation in the course of experimental researches of the territories environmental state, as well as the assessment of possible man-caused accidents environmental impact in the regions of “Lukor” enterprise and “Druzhba” oil pipeline location, and in the city of Odessa.

Keywords: geoinformation system, emergency situation, decoding of space images, man-caused load, aerospace shooting materials, effects adaptive balance, environmental state.