

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Ткаченко Василь Володимирович



УДК 004.89:519.8(043.3)

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ
РІШЕНЬ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ТРАНСКОРДОННОГО ХАРАКТЕРУ**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у науково-дослідному відділі радіаційного, хімічного, біологічного захисту та екологічної безпеки Науково-дослідного центру Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса.

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Чередніченко Ольга Юріївна,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
доцент кафедри програмної інженерії та
інформаційних технологій управління.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Павленко Петро Миколайович,
Національний авіаційний університет (м. Київ),
заступник директора інституту
інформаційно-діагностичних систем;

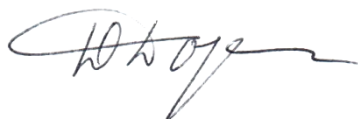
доктор технічних наук, професор
Удовенко Сергій Григорович,
Харківський національний економічний
університет ім. Семена Кузнеця,
завідувач кафедри інформатики
та комп'ютерної техніки.

Захист відбудеться «4» квітня 2019 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розісланий «4» березня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Ю. І. Дорофєєв

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Сучасне управління наслідками різного роду надзвичайних ситуацій (НС) базується на активному застосуванні інформаційних технологій, що передбачає: збір та обробку екологічної інформації, прогнозування розвитку НС та оцінку ризиків, інтеграцію та консолідацію даних екологічного моніторингу в режимі реального часу, створення експертних систем та баз знань з екологічної безпеки, координацію дій та інформаційну підтримку при організації взаємодії підрозділів. Діяльність, яка пов'язана з інформаційними технологіями в цьому процесі, полягає у створенні та розгортанні інформаційної інфраструктури для забезпечення штабу з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (ЛННС) оперативною інформацією та визначенням рекомендацій відповідно до динаміки змін стану екологічної системи. Проблема організації збору, обробки та аналізу екологічної інформації є в даний час однією з найбільш актуальних проблем, яка потребує вирішення.

Будь-яка територія вже має ряд мереж спостережень за станом навколишнього середовища, що належать різним службам, але вони роз'єднані, більш того, в багатьох випадках не скоординовані з такого роду службами на території сусідніх держав. Тому завдання підвищення ефективності інформаційно-аналітичного забезпечення центрів оперативної координації дій при виникненні та ЛННС транскордонного характеру, а саме: підготовка оцінок, прогнозів, альтернативних рішень на основі створення універсальної моделі НС та використання інтелектуальних методів обробки екологічної інформації, в загальному випадку, є невирішеним.

Дослідження в області створення методологічних засад інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень, зокрема при виникненні та ЛННС природного та техногенного характеру, представлені в роботах таких вітчизняних та зарубіжних вчених як: Д.А. Поспєлов, А.Д. Цвиркун, В.А. Вітїх, В.Н. Вагин, М.Ф. Бондаренко, Е.Г. Петров, В.Є. Ходаков, Н.Ф. Реймерс, М.М. Мойсеєв, В.О. Боков, Р.М. Мей, Л.І. Нефьодов, Є.П. Бабенко, Н.Ю. Філь, Ю.Л. Губин, Ю.І. Грицюк, М.І. Васюхін, В.Д. Гулевець, О.Л. Бойко, Н.М. Лобанчиков, Т.В. Козуля, Г.О. Сухоруков, Н.М. Чукарін, В.Ю. Тітов, Є.П. Буравльов, В.В. Гетьман, М.М. Биченко, О.М. Трофімчук, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев та ін. Аналіз стану досліджень показав, що питання, які пов'язані з вивченням особливостей та закономірностей організації процесів підтримки прийняття рішень при виникненні НС техногенного характеру на основі використання сучасних інформаційних технологій, все ще залишаються маловивченими.

Інформаційно-аналітична система, яка виконує завдання моніторингу стану навколишнього середовища та забезпечує інформаційну підтримку прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру, повинна мати відповідне програмне, апаратне та інформаційне забезпечення. Зібрана з різноманітних джерел інформація про НС та її поточний стан має бути швидко та безперебійно передана в штаби та командні центри для координації дій та

забезпечення спілкування між різними географічно відокремленими підрозділами. Існує глобальна проблема контролювання показників навколишнього середовища на трансграничних територіях, що підвищує невизначеність екологічної ситуації та ускладнює вирішення задач прийняття рішень щодо попередження та ЛННС.

Таким чином, створення інформаційної технології підтримки прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру шляхом розробки комплексу моделей збору та ідентифікації інформації для забезпечення командного центру в режимі реального часу є актуальною науково-практичною задачею що визначила напрям даного дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Виконання роботи здійснювалось за планами науково-дослідного відділу радіаційного, хімічного, біологічного захисту та екологічної безпеки Науково-дослідного центру Збройних Сил України «Державний океанаріум» відповідно до науково-дослідних робіт: «Дослідження шляхів підвищення ефективності заходів РХБ захисту за рахунок застосування перспективних роботизованих комплексів» (ДР №0301U000788); «Удосконалення системи екологічної безпеки морської акваторії у районах базування Військово-Морських Сил Збройних Сил України» (ДР №0301U000733), а також ініціативної теми кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» «Розробка інформаційного забезпечення управління ефективністю та якістю в складних системах за умови євроінтеграції України» (ДР №0117U004806), в яких здобувач брав участь у виконанні окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення ефективності інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття рішень під час виникнення надзвичайних ситуацій транскордонного характеру шляхом зниження часу обробки моніторингових даних та комунікації інформаційних підсистем і компонентів.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

- дослідити сучасні системи моніторингу навколишнього середовища та системи підтримки прийняття рішень при виникненні та ліквідації НС, визначити особливості планів реагування на НС транскордонного характеру, визначити можливості сучасних інформаційних технологій для автоматизації процесів моніторингу навколишнього середовища та оперативної координації і виявити їх недоліки та сформулювати актуальні задачі дисертаційної роботи ;

- розробити комплексний підхід до вирішення задачі підвищення ефективності інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру;

- розробити модель ідентифікації надзвичайної ситуації на основі введення ознак-предикатів, отриманих з гетерогенної мережі зовнішніх джерел та модель вимірювання рівня екологічної безпеки з урахуванням слабоструктурованих даних, отриманих реальному часі;

- розробити інформаційну технологію для автоматизації процесів інформаційної підтримки та надання рекомендацій щодо прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру;

- провести апробацію розроблених моделей та алгоритмів на основі моделювання сценарію виникнення надзвичайних ситуацій транскордонного характеру.

Об'єктом дослідження є процеси підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру

Предметом дослідження є моделі та засоби побудови інформаційної технології підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру.

Методи досліджень. Теорія та методи системного аналізу і розподілених систем управління використано для розробки комплексного підходу до вирішення задачі моніторингу та оперативної координації; методи теорії штучного інтелекту та теорії прийняття рішень – для побудови моделі управління системою прийняття рішень при виникненні надзвичайної ситуації; методи статистичного моделювання – для побудови моделі оцінки екологічної ситуації; уніфікована мова моделювання UML та методологія компонентно-орієнтованого програмування – для проектування та імплементації компонентів інформаційної технології прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру.

Наукова новизна одержаних результатів:

- *отримав подальший розвиток* метод збору та ідентифікації інформації для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності за рахунок формалізації інтелектуальних процесів сприйняття екологічної інформації на основі використання апарату алгебри скінченних предикатів та комплексу еталонних моделей для збору даних із зовнішніх джерел, що дозволило зменшити обсяги даних для передачі та обробки, а також урахувати динаміку процесу;

- *удосконалено* алгебро-логічну модель ідентифікації надзвичайної ситуації на основі введення ознак-предикатів для злиття даних, отриманих з гетерогенної мережі зовнішніх джерел, що дозволяє всі операції з ознаковою класифікації та визначення параметрів екологічного стану виконувати автоматично в реальному часі;

- *отримала подальший розвиток* одновимірна логістична модель вимірювання рівня екологічної безпеки за рахунок розробки математичної моделі ідентифікації ознак екологічного стану на основі слабоструктурованих даних, отриманих в реальному часі, що дозволило підвищити інформативність даних моніторингу та скоротити час на оперативне реагування;

- *удосконалено* інформаційну технологію збору та обробки слабоструктурованих даних для підтримки прийняття рішень в процесі організації взаємодії та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій за рахунок використання комплексу моделей моніторингу та ідентифікації екологічної інформації, що дозволило скоротити час на формування рішень та підвищити повноту інформаційної підтримки.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблені моделі та алгоритми реалізовано у вигляді компонент програмного забезпечення для визначення зміни стану екологічної безпеки в режимі реального часу на основі логістичної моделі оцінки. Розроблено компоненти інформаційної системи для побудови онтологічного подання та створення бази правил інтелектуальної системи. Реалізовано базу даних пристроїв, які використовуються для моніторингу екологічних параметрів, на основі XML-схеми метамоделі пристрою. Розроблені моделі збору та ідентифікації інформації використано при створенні прототипу інформаційно-аналітичної системи оцінки стану екологічної безпеки.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені у роботу Розрахунково-аналітичного центру Головного управління оперативного забезпечення Збройних Сил України (м. Київ) та у роботу Головного управління державної служби України з надзвичайних ситуацій в Одеській області (м. Одеса), а також використано у роботі ТОВ «ОПТИМА» (м. Харків). Результати дисертаційного дослідження впроваджені у навчальний процес кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління НТУ «ХП» у дисциплінах «Моделі та методи підтримки прийняття рішень», «Моделювання складних систем», «Теорія прийняття рішень» та у навчальний процес кафедри хімії та бойових токсичних хімічних речовин Військового інституту танкових військ НТУ «ХП» під час викладання дисципліни «Екологічна безпека військ».

Особистий внесок здобувача. Усі основні результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані здобувачем особисто, серед них: метод збору та ідентифікації інформації на основі використання апарату алгебри скінченних предикатів та комплексу еталонних моделей для збору даних із зовнішніх джерел; алгебро-логічна модель ідентифікації надзвичайної ситуації на основі введення ознак-предикатів для злиття даних, отриманих з гетерогенної мережі зовнішніх джерел; одновимірна логістична модель вимірювання рівня екологічної безпеки на основі обробки слабоструктурованих даних, отриманих в реальному часі; прикладна інформаційна технологія збору та обробки слабоструктурованих даних для підтримки прийняття рішень в процесі організації взаємодії та ЛННС.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних науково-практичних конференціях: «Людина та навколишнє середовище – проблеми безперервної екологічної освіти в ВУЗах» (Одеса, 2007); «Геоінформаційні системи у військових задачах» (Львів, 2011); «Новітні технології – для захисту повітряного простору» (Харків, 2016); «Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії» (Харків, 2016, 2017, 2018); «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2017, 2018); «Інформаційні системи і технології» (Коблево, 2018); «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (Харків, 2018); «Aviation in the XXI Century – Safety in Aviation and Space Technology» (Київ, 2018).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано у 21 науковій праці, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях України (4 – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз), 9 статей у матеріалах міжнародних конференцій (1 індексована у Scopus), 5 – тези доповідей наукових конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотації двома мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 188 сторінки, з них 23 рисунка по тексту, 5 таблиць по тексту, 183 найменування використаних джерел на 20 сторінках, 5 додатків на 23 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовані мета та задачі дослідження, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про впровадження результатів роботи, їх апробацію та публікації.

У **першому розділі** проведено аналіз сучасного стану наукових досліджень в області екологічного моніторингу та технологій оцінки ризику виникнення НС. Число та якість існуючих моделей та методів визначення основних параметрів ризику, а також програмних засобів, що дозволяють проводити оцінку цих параметрів, росте, як і кількість організацій, які працюють в галузі екологічної безпеки. Представлені в науковій літературі методи містять в основному окремі методики, часто базуються на недостатньо апробованих даних та не розглядають узагальнену постановку завдання.

Система, яка здатна виконувати завдання моніторингу стану навколишнього середовища, повинна мати відповідне програмне, апаратне та інформаційне забезпечення. Існує глобальна проблема контролювання показників навколишнього середовища на трансграничних територіях, адже забезпечення повної інформації та чіткого плану координації дій у разі виникнення надзвичайної ситуації є неможливим. Для оцінки викидів та ідентифікації найбільш шкідливих речовин зроблено акцент на зборі даних з використанням електронних вимірювальних пристроїв дистанційного спостереження в режимі реального часу. На місцях роботи служб з ЛННС використовуються різноманітні персональні пристрої, які збирають актуальну інформацію про поточний стан навколишнього середовища (рис. 1). Зібрана інформація повинна бути швидко та безперебійно передана в командні центри для координації діяльності та забезпечення комунікації між різними географічно відокремленими підрозділами.

Другий розділ присвячено теоретичній основі ідентифікації виникнення НС транскордонного характеру та аналізу типових задач прийняття рішень в умовах виникнення НС. Введено необхідні поняття алгебри предикатів, яка є перевіреним математичним інструментарієм для запису відношень, виявлених на просторі ознак. Розроблено метод збору та ідентифікації інформації для

підтримки прийняття рішень шляхом формалізації інтелектуальних процесів сприйняття екологічної інформації.

Завдання прийняття рішень, що виникають під час НС, класифікуються наступним чином: перший тип – завдання, пов’язані із попередженням НС (вони зазвичай вирішуються у штатних режимах роботи, тобто до виникнення НС); другий тип – завдання, пов’язані із оперативною координацією дій при виникненні НС; третій тип – завдання, пов’язані із подоланням наслідків НС. Оскільки завдання першого типу передбачають профілактичні дії, то вони повинні вирішуватися заздалегідь, для цього розробляються відповідні плани та програми.

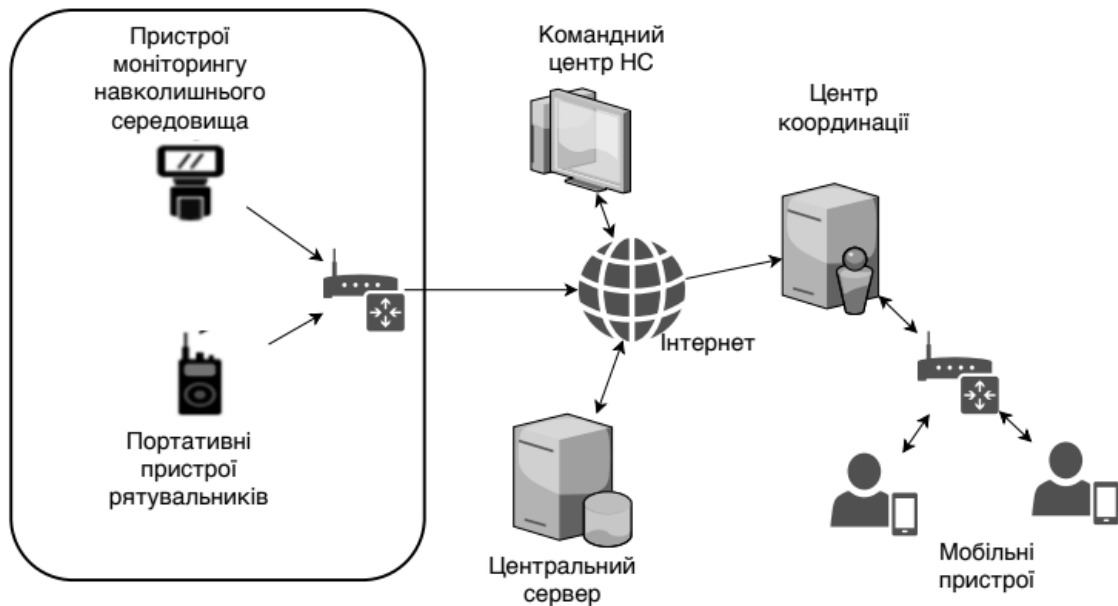


Рисунок 1 – Схема інформаційного обміну в системі підтримки прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру

Завдання другого та третього типів, навпаки, виникають раптово та вимагають негайної реакції в реальному часі з урахуванням всіх часових та ресурсних обмежень. Крім того, треба враховувати, що для вирішення завдань другого типу використовуються наявні ресурси, що зменшує час на їх залучення, на відміну від завдань третього типу, які часто вимагають залучення додаткових ресурсів, на підготовку яких потрібен певний додатковий час. Постановка типової задачі прийняття рішень при виникненні НС розглянута для другого і третього типу завдань.

Поточний стан екологічної ситуації в умовах виникнення НС транскордонного характеру формалізовано у вигляді множини виконаних умов P_τ , і множини заходів T_τ , що виконуються в момент τ реального часу. Процеси управління екологічною системою в умовах виникнення НС на інтервалі часу Δ_η формалізовано у вигляді

$$\{P_\eta^{(n)}, \{P_\tau, T_\tau | \tau \in \Delta_\eta\}, P_\eta^{(M)}\}, \quad (1)$$

де $P_\eta^{(n)}$ – множина умов, виконаних в початковий момент τ_0 , виникнення НС $\tau_0 \notin \Delta_\eta$; P_τ, T_τ – множина виконаних умов і множина заходів, які виконуються в поточний момент часу τ , відповідно; $P_\eta^{(M)}$ – множина умов, які визначають мету управління під час НС, та виконання яких забезпечує подолання наслідків НС; η – індекс конкретної реалізації процесів управління в НС, яка виникла в конкретних умовах навколишнього середовища.

Відповідно до прийнятих рішень та наявності ресурсів, які можливо використати, для кожної пари $(P_\eta^{(n)}, P_\eta^{(M)})$, що визначає початкову і цільову ситуації, можливі різні альтернативні процеси управління з метою подолання наслідків НС. Множина T_τ заходів, що виконуються в поточному часі τ визначається прийнятими рішеннями, які, в свою чергу, залежать від множини умов P_τ .

Процес управління подоланням наслідків НС на інтервалі Δ_η описано у вигляді послідовності множин

$$U_\eta = \{T_\eta | \eta \in \Delta_\eta\}. \quad (2)$$

Очевидно, що для заданої пари множин $(P_\eta^{(n)}, P_\eta^{(M)})$ на інтервалі Δ_η , і обмежень на необхідні ресурси $R_s, s \in S_\eta$ значення критерію ефективності управління $\varphi(U_p)$ однозначно залежить від послідовності U_p виду (2) прийнятих і здійснених рішень з метою ЛННС. Таким чином, завдання ефективного управління в умовах НС можна сформулювати як пошук послідовності

$$U_\eta^0 = \arg \left\{ \text{opt}_{U_p \in U_\eta^*} \varphi(U_p) \right\} \quad (3)$$

при обмеженнях:

$$P_\eta^n = P_\eta^{(n)}; \quad (4)$$

$$P^{(M)} = P_\eta^{(M)}; \quad (5)$$

$$R_s \leq R_{s\eta}, s \in S_\eta; \quad (6)$$

$$\hat{R}_q \leq \hat{R}_{q\eta}, q \in Q_\eta; \quad (7)$$

$$\tau_q \leq \tau_{q\eta}, q \in Q_\eta, \quad (8)$$

де U_η^* – сімейство послідовностей виду (2), які можливі для даного об'єкта і конкретних негативних впливів навколишнього середовища на інтервалі часу Δ_η ; $R_{s\eta}$ – найбільший обсяг ресурсів типу s , які можуть бути використані для боротьби з НС і не потребують часу на підготовку; $\hat{R}_{q\eta}$ – найбільший обсяг ресурсів q -типу, які можуть бути використані для боротьби з НС після підготовки протягом часу, не менше ніж $\tau_{q\eta}$; S_η – множина порядкових індексів типів ресурсів, які можуть бути використані для боротьби з НС без витрат часу на підготовку; Q_η – множина порядкових індексів типів ресурсів, які можуть

бути використані для боротьби з НС після підготовки протягом часу, не менше ніж $\tau_{q\eta}$.

В реальних випадках виникнення НС визначається виконанням умов (1) на основі даних моніторингу. Тому рівняння (4) визначає окреме завдання другого типу, яке записується в такий спосіб

$$P_{\tau_0} = P_{\eta}^{(n)}, \eta \in H, \quad (9)$$

де H – множина типів НС.

Нижній індекс $P_{\eta}^{(n)}$ в (9) розглядається як ідентифікатор конкретної НС. Таким чином, проблему боротьби з НС \mathcal{E} можна записати у вигляді трьох типів завдань: 1) завдання попередження НС ξ_1 ; 2) завдання негайного реагування ξ_2 в момент виникнення НС; 3) завдання подолання наслідків НС ξ_3

$$\mathcal{E} = \{\xi_1, \xi_2, \xi_3\}. \quad (10)$$

Завдання ξ_1 пов'язані з плануванням заходів попередження НС і якісно відрізняються від завдань прийняття рішень безпосередньо під час НС. Вони були коротко розглянуті вище. Завдання ξ_2 передбачають: своєчасне виявлення НС на основі рівняння (9); ідентифікацію НС, тобто визначення типу η НС, що відповідає умовам рівняння (9); визначення мети подолання НС у вигляді множини $P_{\eta}^{(M)}$; визначення обсягів необхідних і наявних ресурсів $\{R_{s\eta} | s \in S_{\eta}\}$, $\{\hat{R}_{q\eta} | q \in Q_{\eta}\}$ здійснення невідкладних заходів для захисту і попередження розвитку НС, а також для підготовки необхідних ресурсів R_s , $s \in S_{\eta}$.

Завдання ξ_3 передбачають пошук і реалізацію сукупності послідовностей заходів (1), найкращої для заданих початкової ситуації $P_{\eta}^{(n)}$ і критерію ефективності в певній НС з урахуванням обмежень на ресурси, які забезпечують досягнення цільової ситуації $P_{\eta}^{(M)}$, тобто вирішення задачі (3)–(8). Це дає можливість розглядати задачу (3)–(8) як типову для широкого застосування.

Проведено аналіз типової задачі прийняття рішень в НС транскордонного характеру. Завдання ξ_2 відрізняються одноразовим формуванням рішень. Вирішення задач цієї групи здійснюється спочатку шляхом постійного моніторингу поточного стану екологічної ситуації до моменту виявлення та ідентифікації НС (на основі рівняння (9)), що відповідає нормальному режиму типової моделі НС (1). Завдання ξ_3 повинні вирішуватися на основі рішень задач ξ_2 . Таким чином, завдання ξ_3 відповідають постановці (3)–(8), де вихідні дані η , $P_{\eta}^{(n)}$, $P_{\eta}^{(M)}$, $\{R_{s\eta} | s \in S_{\eta}\}$, $\{\hat{R}_{q\eta} | q \in Q_{\eta}\}$ визначаються як рішення задач ξ_2 .

Головною вимогою моделювання процесів, пов'язаних з НС, є інтеграція використаних методів і моделей з метою комплексної оцінки наслідків прийнятих рішень і розвитку НС в майбутньому. Основою інтеграції різноманітних моделей процесів в НС визначено математичний апарат теорії інтелекту та алгебри скінченних предикатів. Результатом формального опису будь-якого об'єкта мовою алгебри предикатів завжди є предикат

$P(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Він має виражати деяке цілком визначене відношення P , яке є множиною всіх наборів x_1, x_2, \dots, x_n , що задовольняють рівнянню $P(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$. Саме це відношення виражає структуру об'єкта, який описується. Якщо для опису деякого предметного простору Z мають одночасно виконуватися декілька відношень, то це приводить до кон'юнкції відповідних предикатів. Класична задача ідентифікації полягає у тому, що необхідно по вхідному x і вихідному y сигналам об'єкта визначити функцію $y = F(x)$ перетворення сигналу цим об'єктом.

На вхід системи подається множина сигналів x_1, x_2, \dots, x_n . Вхідні сигнали отримуються зі скінченних множин X_1, X_2, \dots, X_n , де $x_1 \in X_1, x_2 \in X_2, \dots, x_n \in X_n$. У результаті роботи системи, яка здійснює обробку інформації, отримується визначена множина елементів y_1, y_2, \dots, y_m , де $y_1 \in Y_1, y_2 \in Y_2, \dots, y_m \in Y_m$. Елементи y_1, y_2, \dots, y_m однозначно залежать від сигналів x_1, x_2, \dots, x_n . Це означає, що існують функції $y_i = f_i(x_j)$, які ставлять у відповідність кожному $x_j \in X_j, j = \overline{(1, n)}$ елемент $y_i \in Y_i, i = \overline{(1, m)}$. Таким чином, кожна з функцій f_i є сюр'єкцією, яка відображає множину X_j на множину Y_i . Функції f_i характеризують здатність системи співвідносити інформацію, яка передається, з елементом, який відображає його зміст та відповідає тій чи іншій класифікації.

В сучасних умовах збільшується ризик виникнення НС, які характеризуються значною екологічною та економічною шкодою. В ході ЛННС виникає необхідність у повній, достовірній та своєчасній інформації. Збір даних здійснюється за допомогою датчиків та приладів або за допомогою введення даних через інтерфейс користувача. Джерелами вихідної інформації є прилади, програмні системи та дозори, дані яких мають різний формат та канали передачі. У зв'язку з цим, особливістю їхньої обробки є необхідність узгодження неоднорідних даних та їхня візуалізація в режимі реального часу. В роботі розроблено метод збору та ідентифікації інформації для підтримки прийняття рішень в умовах виникнення НС за рахунок формалізації інтелектуальних процесів сприйняття екологічної інформації на основі використання апарату алгебри скінченних предикатів (рис. 2). Визначено, що для забезпечення оперативного центру з ЛННС необхідною інформацією треба побудувати моделі зовнішніх джерел даних (інформаційні підсистеми, пристрої, спеціальне обладнання), які є основою розгортання інформаційної інфраструктури екологічного моніторингу. У загальному випадку зовнішнє джерело задається кортежем $\langle K, Q, \Psi \rangle$, де K – множина об'єктів, які визначають функціонал джерела даних, Q – множина відношень між об'єктами, Ψ – правила обробки даних.

Третій розділ присвячено створенню інформаційної технології підтримки прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру. Проведено дослідження джерел та потоків екологічної інформації, яка використовується в процесі прийняття рішень при організації взаємодії та ЛННС. Розроблено модель оцінки екологічної ситуації на основі обробки моніторингових даних системи екологічної безпеки.

Базою для вирішення задачі моніторингу стану навколишнього середовища є концептуальна модель, яка формалізує відношення між джерелами даних, методами та засобами збору даних та показниками стану навколишнього середовища. Оцінка загального стану екологічної безпеки визначається на основі певних показників, які входять до складу моделі оцінювання.

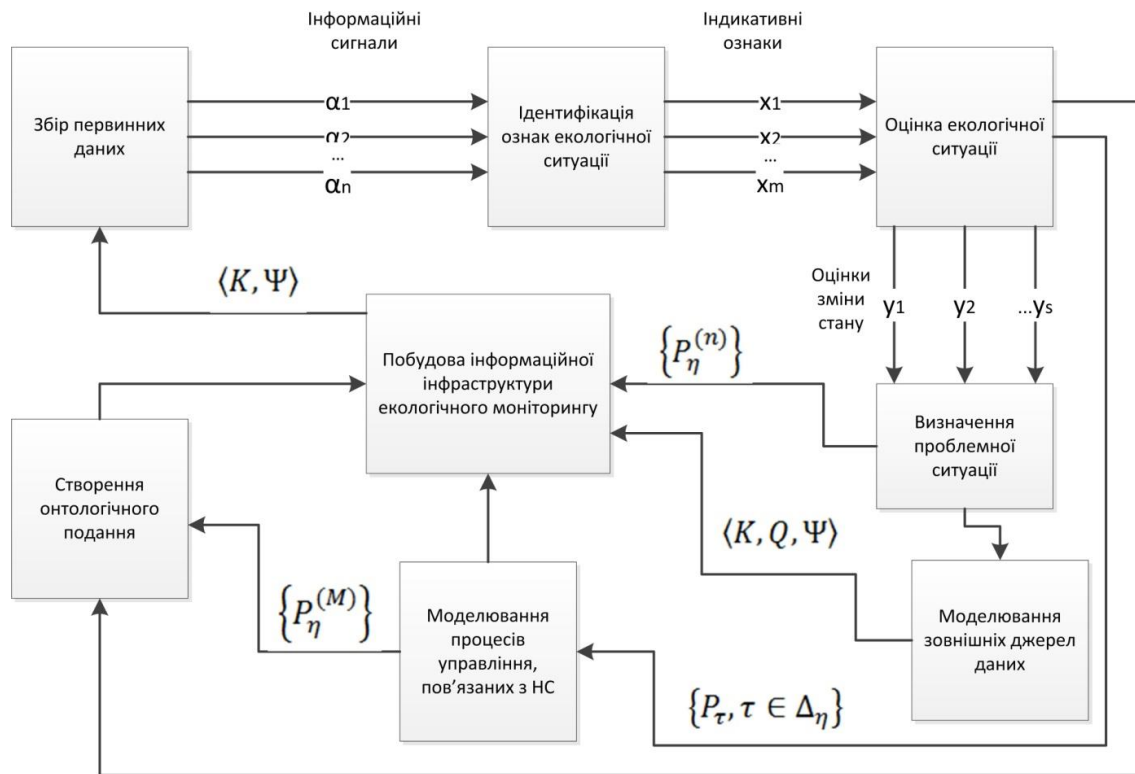


Рисунок 2 – Структурна схема методу збору та ідентифікації інформації для підтримки прийняття рішень в умовах виникнення НС

На практиці, при виникненні НС створюється штаб з ліквідації наслідків як координаційний центр, якому підпорядковуються різні структурні підрозділи, які приймають участь у ЛННС. Це, перш за все, підрозділи ДСНС, ЗСУ, МВС, ДПС, Державної спеціальної служби транспорту, лікувальні установи та ін. Водночас виникає необхідність у побудові нової інформаційної інфраструктури для забезпечення збору оперативних даних. В процесі прийняття рішень при виникненні НС виділено наступні етапи: моніторинг стану навколишнього середовища; оперативне розгортання інформаційної інфраструктури; збір та обробка даних для прийняття оперативних рішень. В роботі проведено аналіз потоків даних інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень (рис. 3). Виділено основні функції обробки екологічної інформації, зокрема ідентифікація проблемної ситуації та розгортання оперативної інформаційної інфраструктури. Вирішення поставлених завдань ґрунтується на моделі онтологічного подання знань.

Організація процесу інформаційної підтримки прийняття рішень при виникненні НС передбачає реалізацію ряду специфічних завдань, не властивих традиційним експертним системам. Це завдання обліку в реальному часі

поведінки екологічної системи в умовах НС, формування та реалізації рішень відповідно до динаміки змін її стану. Одне з найважливіших завдань – відображення поточного стану об'єкта і навколишнього середовища як результату перебування в умовах НС. При формуванні рішень логічного виведення на знаннях необхідно, щоб змінні в предикатах антецедентів відповідних метаправил відповідали значенням останніх вимірювань системи моніторингу.

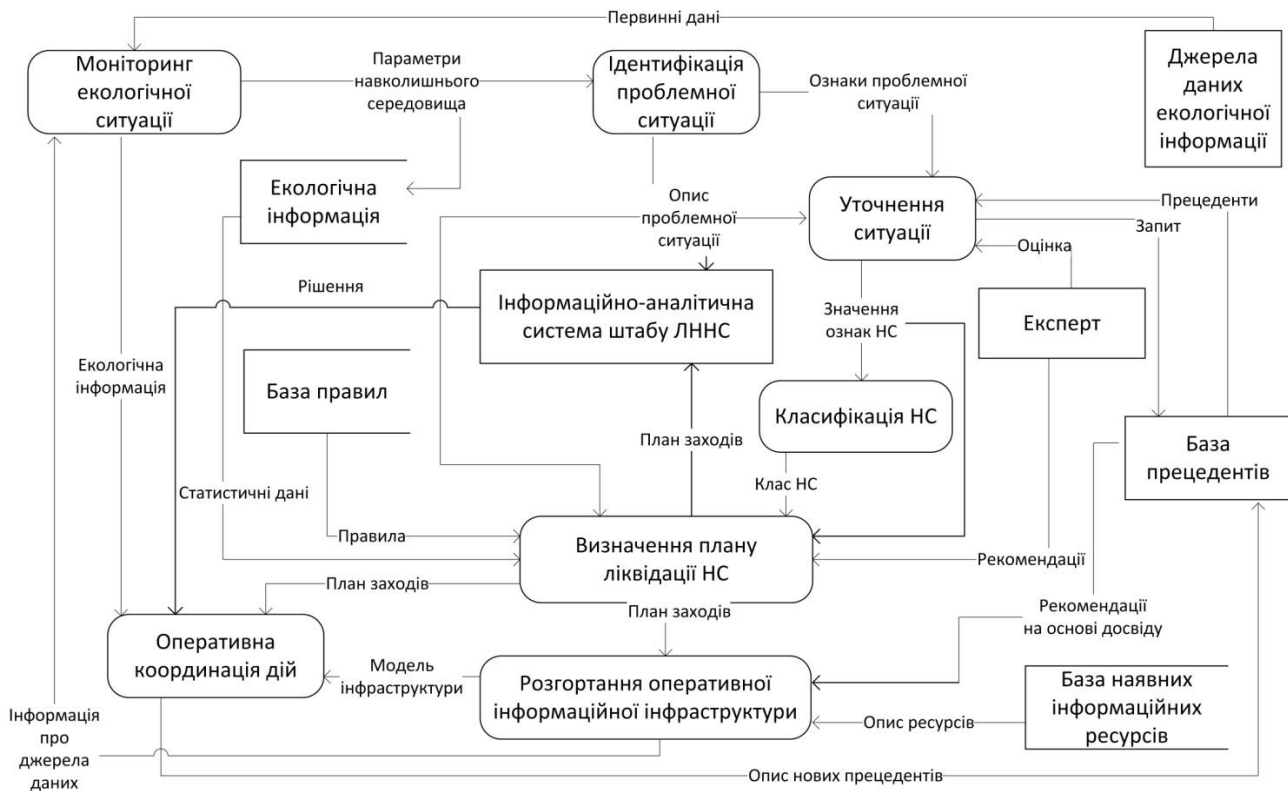


Рисунок 3 – Діаграма потоків даних в системі підтримки прийняття рішень

До наступного вимірювання в системі моніторингу повинне бути завершеними формування рішень на основі висновку на знаннях. В цьому випадку в момент наступного вимірювання результати попереднього виміру вже є врахованими в сформованому рішенні та відповідні дії мають бути здійснені. Таким чином, в інтервал часу між сусідніми вимірами системою моніторингу повинні бути здійснені: відображення результатів попереднього вимірювання, формування послідовності рекомендацій (з урахуванням результатів попереднього вимірювання) шляхом виведення на знаннях. В межах цього інтервалу має розпочатися виконання сформованої послідовності дій. На наступному інтервалі, після чергового вимірювання, описані дії повторюються.

При використанні продукційного подання інтерфейс між базою даних (БД) системи моніторингу і онтологією доцільно будувати на основі сукупності метаправил, які відображають, з одного боку, склад БД, яка наповнюється системою моніторингу, а з іншого – структуру бази метаправил (БМ), яка визначається змінними, що входять до складу предикатів антецедентів

метаправил. Введено наступні позначення: Ω – множина всіх метаправил, $\Omega = \{\omega_r\}$, $r = \overline{[1, v]}$, де v – кількість правил; Y^* – множина змінних, які входять до складу предикатів антецедентів правил продукції $Y^* = Y$; P – множина предикатів, які входять в антецеденти і консеквенти метаправил з множини Ω ; P_r – множина всіх предикатів, які входять до складу антецеденту $\{P_{rs}^{(a)}\}$, $s \in V_r^{(a)}$ та консеквенту $\{P_{rh}^{(k)}\}$, $h \in V_r^{(k)}$ правила ω_r . $V_r^{(a)}$, $V_r^{(k)}$ – множини індексів предикатів антецедента і консеквента, відповідно, правила ω_r .

Правило $\omega_i^{(1)}$, $i = \overline{[v+1, m]}$ названо метаправилом першого роду (МПР), антецедент цього правила складається з предиката

$$P_{rs}^{(a)}(|\tilde{y}_i(t_n) - \tilde{y}_i(t_{n-1})| \geq \delta_i), \quad (11)$$

де $\tilde{y}_i(t_n)$ – значення змінної y_i , $y_i \in Y^*$ в поточний момент виміру t_n ; δ_i – порогова оцінка приросту y_i на інтервалі часу $[t_n - t_{n-1}]$, а консеквент МПР $\omega_i^{(1)}$ містить предикат

$$P_{ih}^{(k)}(y_i = \tilde{y}_i(t_n)) = 1, \quad (12)$$

що свідчить про занесення нового значення $\tilde{y}_i(t_n)$ в БД в момент часу t_n .

Значення порогової оцінки δ_i відносно кожної змінної y_i визначається згідно допустимої похибки вимірювального каналу, а також значенням даного параметра, і заноситься в предикати антецедентів відповідного МПР. Для конкретного онтологічного подання кількість МПР відповідає кількості змінних Y^* , які входять в предикати антецедентів метаправил

$$|\Omega^{(1)}| = |Y^*|, \Omega^{(1)} \subset \Omega. \quad (13)$$

МПР $\omega_i^{(1)}$ визначає факт істотної для БМ зміни значення y_i , яке контролюється системою моніторингу.

Відображення вмісту БД моніторингу в базу знань – це процес обчислення значень предикатів антецедентів $\{P_{rs}^{(a)}\}$, $s \in V_r^{(a)}$ для кожного з метаправил $\omega_r \in \Omega$, які залежать від значення змінної $\tilde{y}_i(t_n)$, $i = \overline{[1, m]}$. Продукційне правило $\omega_i^{(2)}$ названо метаправилом другого роду (МДР), якщо антецедент цього правила $P_j^{(a)}(y_i = \tilde{y}_i(t_n)) = 1$ та збігається з консеквентом відповідного МПР $\omega_i^{(1)}$, а консеквент МДР $\omega_i^{(2)}$ визначається умовою виду

$$\forall P_g^{(k)}(y_i = \tilde{y}_i(t_n)) = 1, \quad (14)$$

де кожен предикат $P_g^{(k)}$ відповідає певному предикату антецедентів метаправил, що залежать від y_i , $g \in G_i$.

Для даної бази правил будь-якому МПР $\omega_i^{(1)} \in \Omega^1$ повинно відповідати власне МДР $\omega_i^{(2)} \in \Omega^2$. Метаправила $\omega_i^{(1)}$, $\omega_i^{(2)}$ можуть бути об'єднані в одному узагальненому метаправилі (УМП) ω_i^u , якщо його антецедент збігається з антецедентом МПР $\omega_i^{(1)}$, а консеквент – з консеквентом МДР $\omega_i^{(2)}$. Таким

чином, запропонований підхід до організації взаємодії між БД і БМ дає можливість безперервно відображати поточний стан екологічної системи з метою забезпечення підтримки прийняття рішень в реальному часі.

Запропонована в роботі модель оцінювання стану навколишнього середовища дозволяє визначити рівень екологічної безпеки на основі отриманих значень індикаторів за результатами моніторингу. Екологічна система розглядається як складний об'єкт, стан якого неможливо оцінити в явному вигляді, тому оцінку її стану запропоновано формувати на основі параметрів, що спостерігаються. У даній роботі пропонується вимірювати значення показників екологічної безпеки на основі однопараметричної логістичної моделі, що має наступний вигляд

$$P(x_{ij} = 1 | \alpha_i, \sigma_j) = \frac{\exp(\alpha_i - \sigma_j)}{1 + \exp(\alpha_i - \sigma_j)}, \quad (15)$$

де x_{ij} – значення j -ої ознаки, яке отримано за результатами i -го спостереження; α_i – значення показника рівня екологічної безпеки відповідно до i -го спостереження; σ_j – складність визначення j -ї ознаки.

Для ознак з двома і більше градаціями доцільно застосовувати наступну модель

$$P_i = P(u_j = x \in \{1, \dots, m_j\} | \alpha_i, \sigma_{jk}) = \frac{\exp \sum_{k=0}^x (\alpha_i - \sigma_{jk})}{\sum_{h=0}^{m_j} \exp \sum_{k=0}^h (\alpha_i - \sigma_{jk})}. \quad (16)$$

Згідно з моделлю (16) з упорядкованих категорій ознаки $0 < 1 < 2 \dots < m$ умовна ймовірність отримання оцінки в категорії x , а не $x - 1$ повинна монотонно зростати на області визначення латентної змінної. Таким чином, запропонована модель оцінювання стану навколишнього середовища дозволяє визначити зміни рівня екологічної безпеки за рахунок застосування інтервальної шкали логітів, що є основою для аналізу проблемної ситуації та подальшого визначення типу НС. Моніторинг навколишнього середовища в умовах виникнення НС надає екологічну інформацію для прийняття рішень щодо організації взаємодії підрозділів та ЛННС.

Четвертий розділ присвячено вирішенню задачі розробки компонентів інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру. Розглянуто питання забезпечення інтеперабельності компонентів за рахунок створення концептуальних моделей приладів та зовнішніх підсистем.

Технологія організації взаємодії при виникненні НС складається з наступних етапів: визначення класифікаційних ознак НС, формування організаційної структури штабу з ЛННС, організація інформаційної інфраструктури та підготовка оперативних звітів. Загальна схема інформаційної технології підтримки прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру представлена на рис. 4. Вона включає такі основні процеси: збір даних для оцінювання стану екологічної безпеки, побудова структури системи збору та передачі інформації, розгортання інформаційної структури, оцінка

параметрів стану навколишнього середовища та координацію взаємодії функціональних підрозділів.

Мережу моніторингу складають рознесені в просторі прилади, які працюють в одному і тому ж частотному діапазоні, і комутуюче устаткування, що дозволяє визначати поточне місце розташування рухомих абонентів і забезпечувати безперервність зв'язку при переміщенні із зони дії одного приймача в зону дії іншого. Визначено, що стандарт зв'язку, який використовується, повинен надавати користувачам широкий діапазон послуг і можливість застосовувати різноманітне устаткування для передачі мовних повідомлень і даних, сигналів виклику і аварійних сигналів; підключатися до телефонних мереж загального користування, мереж передачі даних і цифрових мереж. Шляхом виявлення загальних елементів на всіх пристроях збору параметрів навколишнього середовища запропоновано мову для опису пристроїв, яка є необхідною умовою для підтримки функціональних можливостей пристрою та комунікації з системою прийняття рішень в НС.

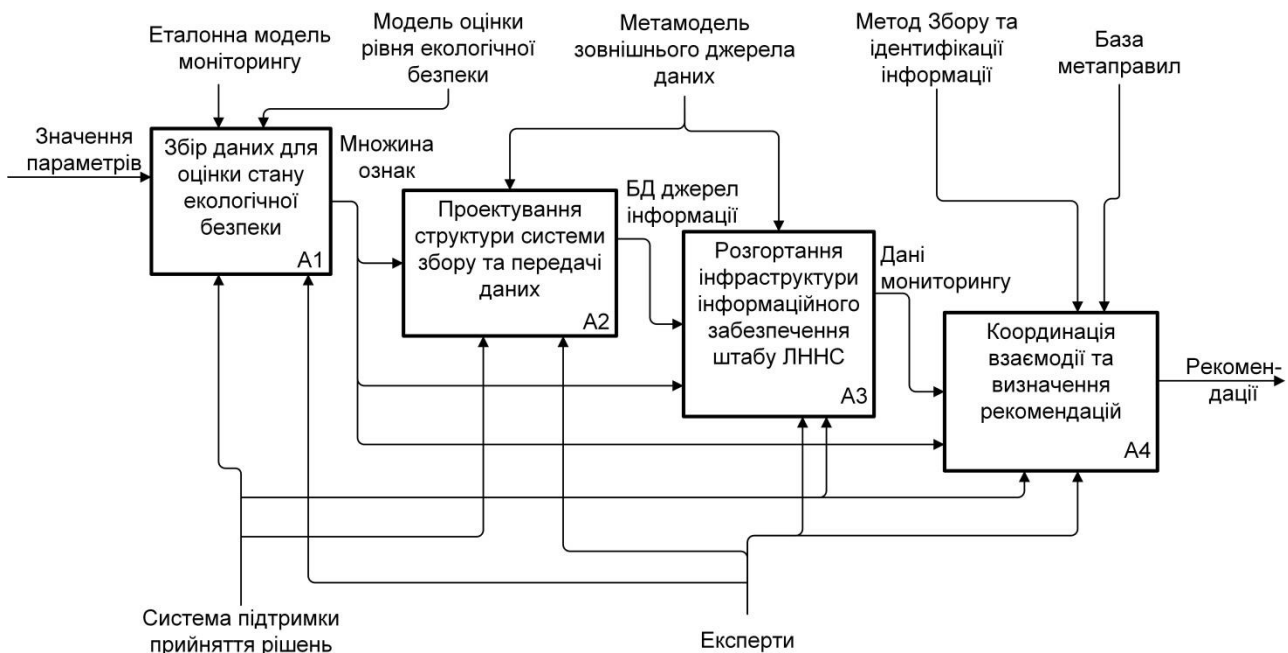


Рисунок 4 – Загальна схема інформаційної технології

Розроблено еталонну модель інтеперабельності компонентів інформаційних систем в умовах виникнення НС (рис. 5). Інтеперабельність – здатність геоінформаційних ресурсів, технічних та програмних засобів інформаційної системи до функціональної та інформаційної взаємодії. Інтеперабельність компонентів інформаційної технології забезпечує здатність до обміну даними без додаткових шарів обробки даних, що дозволяє знизити час на розгортання інформаційної системи, що особливо важливо в умовах виникнення НС транскордонного характеру.

Інтеперабельність забезпечується при проектуванні на трьох рівнях: організаційному, семантичному та технічному. Основну увагу в роботі зосереджено на семантичному рівні. Запропоновано концептуальну модель зовнішнього компоненту інформаційної системи. Виділено два типи зовнішніх

компонентів, які забезпечують моніторинг екологічної ситуації та координацію дій при виникненні та ЛННС, для яких розроблено онтологічне представлення у вигляді метамоделі пристрою та узагальненої моделі програмного компоненту.

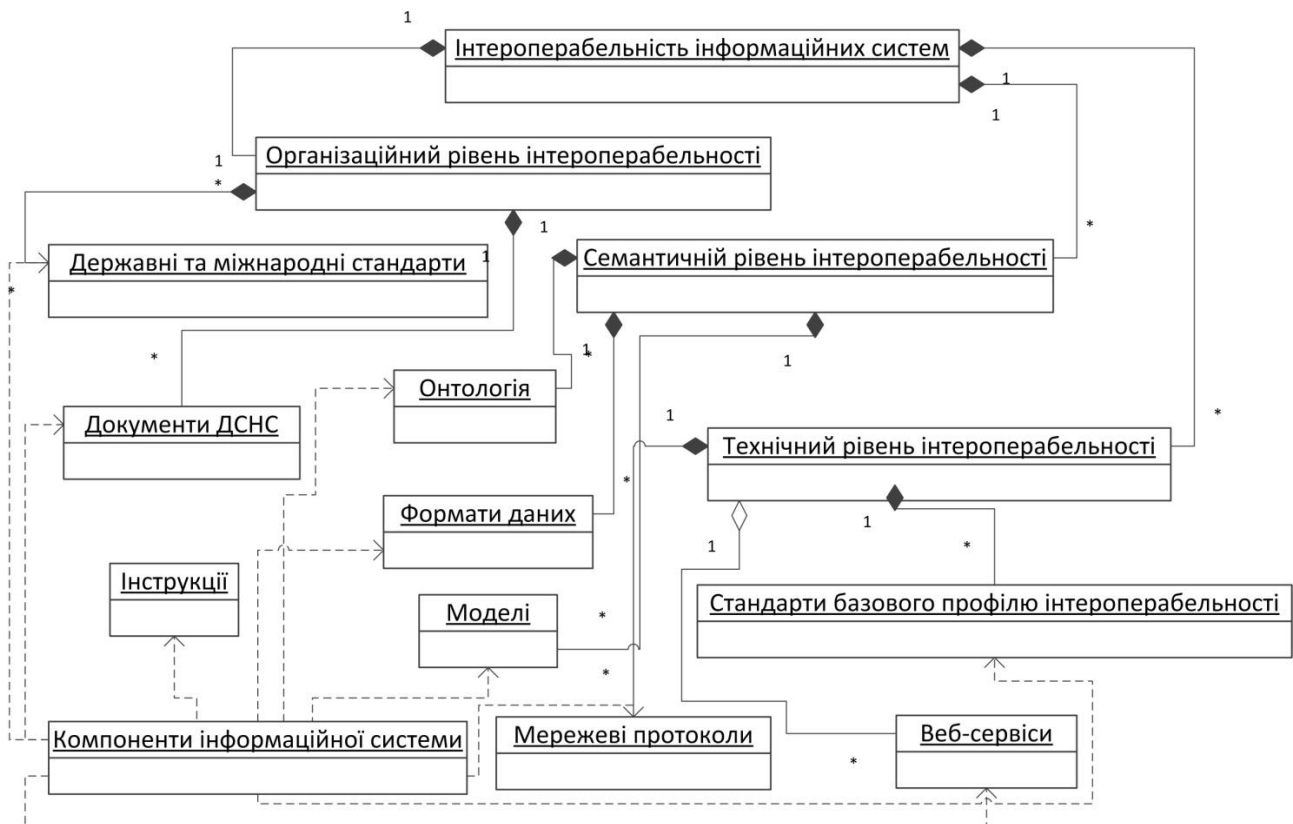


Рисунок 5 – Метамодель інтероперабельності інформаційних систем

Метамодель пристрою є адаптованою формою інформаційної об'єктно-орієнтованої моделі предметної області. Об'єкти в моделі містять атрибути і методи, які описують властивості та функціональні можливості компоненту пристрою, що моделюється. Коли набір об'єктів обрано і організовано для опису конкретного пристрою, ці об'єкти формують інформаційну базу даних цього пристрою. Подібно до інформаційної моделі, метамодель пристрою організована у вигляді ієрархії функціональних можливостей пристрою. На рис. 6 наведено представлення на високому рівні об'єктної моделі, яку на практиці реалізовано як XML-схему, що дозволяє записати моделі пристроїв у вигляді XML-документів.

Прості прилади реєстрації параметрів навколишнього середовища матимуть тільки один об'єкт «Пристрій» в моделі. Більш складні пристрої, такі як монітор керованого літального апарату, можуть бути підключені до інших пристроїв в ієрархічному порядку. Це дозволяє за допомогою моделі описувати різні топології пристроїв.

Узагальнена модель зовнішнього джерела даних (рис. 7) відображає основні характеристики програмних компонентів, які взаємодіють між собою в процесі підтримки прийняття рішень при ЛННС транскордонного характеру. В роботі запропоновано використовувати мікросервісну архітектуру для

організації розподіленої обробки даних взаємодії функціональних підрозділів в мережі.

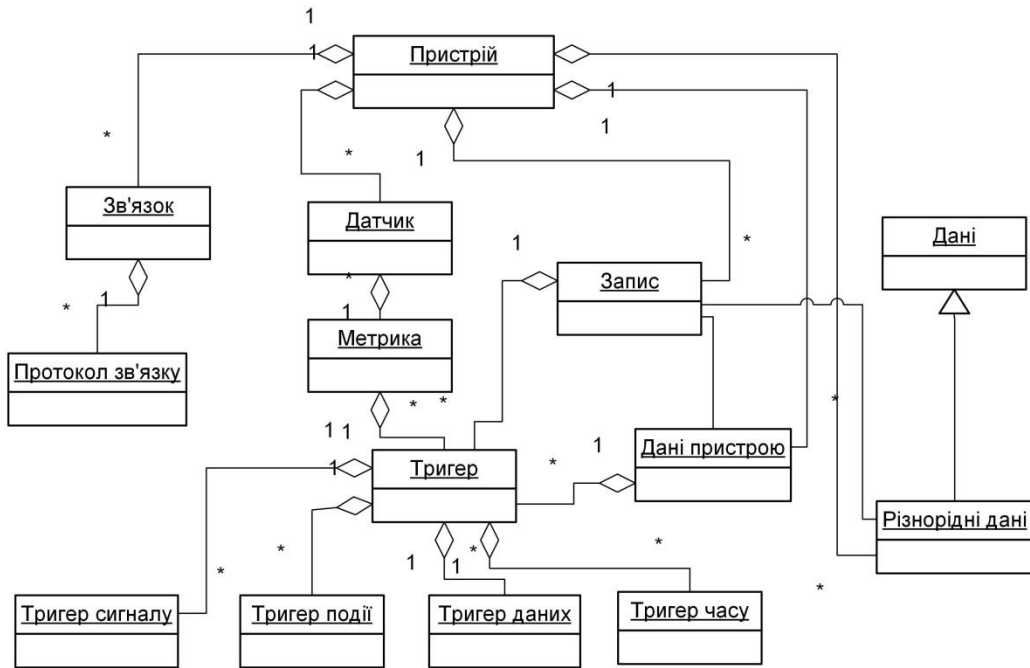


Рисунок 6 – Структура метамоделі пристрою

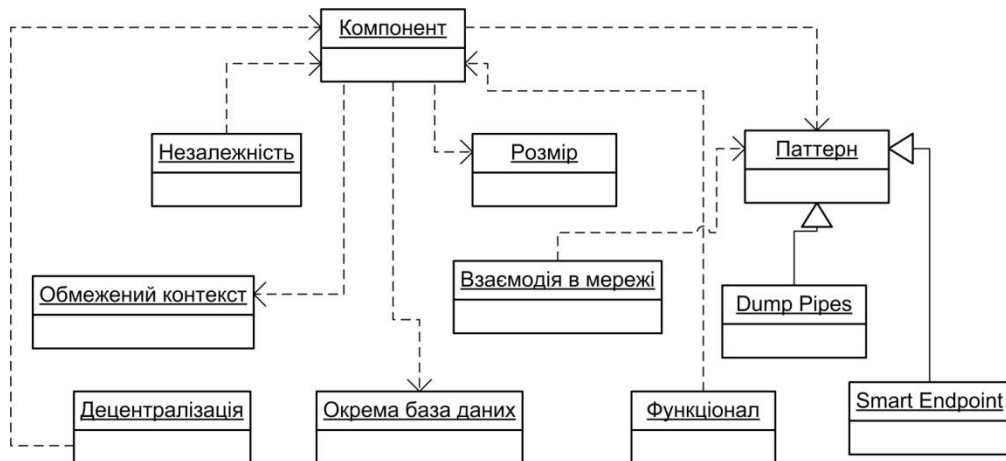


Рисунок 7 – Узагальнена модель зовнішнього джерела даних

В розділі наведено аналіз запропонованого підходу до обробки даних в системі підтримки прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру. Розглянуто переваги розробленого методу обробки екологічної інформації на основі створення системи ознак та підвищення їх інформаційного змісту з точки зору обсягу та часу обробки даних моніторингу. Представлені в трьох форматах дані (у вигляді тексту, сукупності ознак і бінарному) були поміщені в базу даних MS SQL, XLS-файл і текстовий файл. Для трьох форматів були проведені експерименти зі зберіганням 10, 100, 1000 та 10000 записів. Інший важливий критерій – швидкість обробки інформації у різних форматах. Для оцінки швидкості був проведений експеримент, у ході якого

робилися запити на зчитування усіх записів та вибірки з фільтрацією даних з файлів БД, xls та txt.

На підставі розробленого методу збору та обробки моніторингових даних був розроблений експеримент, який дозволив оцінити ефективність моделей збору і обробки даних. З метою отримання експериментальних результатів були розглянуті 50 випадково обраних відхилень значень індикаторів від допустимих діапазонів, вимірювання яких впливає на визначення ознак-предикатів та ідентифікується як проблемна ситуація (ПС). В цих випадках необхідно визначити управляючі дії, доставити дані та надіслати повідомлення до виконання. В цілому за результатами експерименту зроблено висновок, що управляючі дії виробляються за допустимий час. Мінімальний запас за часом склав 13,15%.

Таким чином, розроблені моделі та методи було апробовано в змодельованих ситуаціях виникнення НС транскордонного характеру, що дозволило провести апробацію компонентів інформаційної технології.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язана актуальна науково-прикладна задача підвищення ефективності інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття рішень під час виникнення надзвичайних ситуацій транскордонного характеру шляхом зниження часу обробки моніторингових даних та комунікації інформаційних підсистем і компонентів.

Проведені дослідження надали можливість отримати наступні наукові та практичні результати.

1. Проведений аналіз сучасних систем моніторингу навколишнього середовища та екологічної безпеки дозволив визначити особливості автоматизації процесів моніторингу навколишнього середовища та оперативної координації при виникненні НС, виявити їх недоліки та сформулювати актуальні задачі дисертаційної роботи.

2. Розроблено комплексний підхід до вирішення задачі координації для забезпечення процесу прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру з урахуванням часу актуальності вихідних даних. Запропоновано метод збору та ідентифікації інформації для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності на основі використання апарату алгебри скінченних предикатів та комплексу еталонних моделей для збору даних із зовнішніх джерел, що дозволило зменшити обсяги даних для передачі та обробки, а також урахувати динаміку процесу.

3. Розроблено принципи побудови системи реєстрації та обробки даних на основі моделей оцінки стану екологічної безпеки. Запропоновано одновимірну логістичну модель вимірювання рівня екологічної безпеки на основі формальної моделі ідентифікації ознак екологічного стану при обробці слабоструктурованих даних, отриманих в реальному часі, що дозволило підвищити інформативність даних моніторингу та скоротити час на оперативне реагування.

Запропонована у роботі модель оцінювання стану навколишнього середовища дозволяє визначити рівень екологічної безпеки на основі отриманих значень індикаторів за результатами моніторингу.

Розроблено модель побудови адаптивної інфраструктури гнучкої системи підтримки прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру. Розроблено алгебро-логічну модель ідентифікації НС на основі введення ознак-предикатів для інтеграції даних, отриманих з гетерогенної мережі зовнішніх джерел, що дозволяє всі операції з ознакової класифікації та визначення параметрів екологічного стану виконувати автоматично в реальному часі.

4. Розроблено інформаційну технологію автоматизації процесу прийняття рішень при виникненні НС транскордонного характеру. Запропоновано технологію збору та обробки слабоструктурованих даних в процесі організації взаємодії та ЛННС на основі використання комплексу моделей моніторингу та ідентифікації екологічної інформації, що дозволило скоротити час на формування рішень та підвищити повноту та своєчасність інформаційної підтримки.

5. Проведено апробацію розроблених моделей та алгоритмів на основі моделювання сценарію виникнення надзвичайних ситуацій транскордонного характеру та процесу організації взаємодії та прийняття рішень щодо ЛННС.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ткаченко В. В. Оцінка впливу техногенних аварій та катастроф у транскордонному контексті / В. В. Ткаченко, А. Л. Цикало // Холодильна техніка і технологія. – Одеса : ОДАХ, 2007. – № 6 (110). – С. 22–25.

Здобувачу належить постановка завдання прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій транскордонного характеру.

2. Ткаченко В. В. Моделювання розсіювання небезпечних домішок в атмосфері при аварійних ситуаціях / В. В. Ткаченко, А. Л. Цикало // Холодильна техніка і технологія. – Одеса : ОДАХ, 2009. – № 2 (118). – С. 51–54.

Здобувачу належить методика розрахунку прогнозованих параметрів розповсюдження небезпечних субстанцій.

3. Ткаченко В. В. Підвищення ефективності ведення радіаційної, хімічної, біологічної розвідки за рахунок застосування безпілотних літальних апаратів / В. П. Коробка, О. М. Журавський, В. В. Ткаченко // Наука і оборона. – Київ : Національний університет оборони України ім. І. Черняховського, 2013. – № 2. – С. 29–34.

Здобувачем досліджено переваги використання безпілотних літальних апаратів для збору первинних даних в системі екологічного моніторингу.

4. Ткаченко В. В. Визначення математичного інструментарію для ідентифікації та оцінки ризику техногенних аварій / Ю. А. Гусак, В. В. Ткаченко // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2016. – Вип. 4 (141). – С. 152–159.

Здобувачем обґрунтовано використання математичного апарату для опису процесів прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності.

5. Ткаченко В. В. Характеристика екологічного ризику на основі узагальненої моделі процесних знань / В. В. Ткаченко // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2017. – Вип. 2 (148). – С. 200–205.

6. Ткаченко В. В. Дослідження профілів користувачів соціальних мереж / О. Ю. Чередніченко, В. В. Ткаченко, М. А. Вовк, О. О. Масихнович // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Харків : ХУПС, 2018. – № 2 (56). – С. 113–119.

Здобувачем розроблено метод збору даних та діаграми компонентів програмного забезпечення, що реалізує запропонований метод.

7. Ткаченко В. В. Підхід до збору інформації щодо екологічної обстановки при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного характеру / В. В. Ткаченко, О. Ю. Чередніченко, М. А. Вовк, С. І. Єршова // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон : ХНТУ, 2018. – № 1 (023). – С. 219–226.

Здобувачем розроблено алгоритм розрахунку параметрів збору даних на основі методу деформованих конфігурацій.

8. Ткаченко В. В. Застосування ГІС-технологій для прогнозування та оцінки наслідків хімічних аварій і катастроф / В. В. Ткаченко // Геоінформаційні системи у військових задачах. Другий науково-технічний семінар 21-22 січня 2011 року. – Львів : АСВ, 2011. – С. 18–22.

9. Ткаченко В. В. Інформаційна підтримка прийняття управлінських рішень в галузі забезпечення екологічної безпеки / В. В. Ткаченко, А. С. Парталян // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – Одеса : ВА, 2017. – Вип. 1 (7). – С. 92–98.

Здобувачу належить комплексна постановка задачі інформаційної підтримки процесу прийняття управлінських рішень.

10. Ткаченко В. В. Методичні основи побудови системи підтримки прийняття рішень у надзвичайних ситуаціях / В. В. Ткаченко, О. Ю. Чередніченко // Інформаційні технології: сучасний стан та перспективи / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Харків : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2018. – С. 149–163.

Здобувачем запропоновано концептуальну модель системи підтримки прийняття рішень у надзвичайних ситуаціях.

11. Ткаченко В. В. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру / В. В. Ткаченко, О. Ю. Чередніченко // Інформаційні системи та технології : матеріали 7-ї Міжнародн. наук.-техн. конф. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – С. 309–312.

Здобувачем розроблено комплексну інформаційну технологію на основі комплексу моделей збору та обробки слабоструктурованих даних.

12. Tkachenko V. The Concept of Device Meta-Model for Real-Time Communication in the Transboundary Environment Monitoring System / V. Tkachenko, O. Cherednichenko, M. Godlevskiy // Problems of

Infocommunications. Science and Technology : Proceeding of the International Scientific and Practical Conference. – Kharkiv : NURE, 2018. – P. 64–71.

Здобувачем запропоновано еталонну модель пристрою для збору та передачі моніторингових даних як джерела даних.

13. Tkachenko V. Information Technologies of Decision Support in Transboundary Emergencies [Electronic resource] / O. Cherednichenko, V. Tkachenko // Aviation in the XXI century – Safety in Aviation and Space Technology : Proceeding of the Eighth World Congress – Kyiv: NAU, 2018. – P. 94–98. – URL: <http://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2018/schedConf/presentations>.

Здобувачем розроблено функціональну схему інформаційної технології на основі використання комплексу еталонних моделей для збору даних.

14. Ткаченко В. В. Проблема транскордонного впливу техногенних аварій та катастроф / В. В. Ткаченко, А. Л. Цикало // Energy Challenges of the 21st Century: Science, Technology, Economy, Society : Book of Abstracts Humboldt-Kolleg. – Odessa : Odessa State Academy of Refrigeration, 2007. – P. 87–89.

Здобувачем досліджено особливості транскордонних аварій, що дозволило ввести систему ознак для класифікації надзвичайних ситуацій.

15. Ткаченко В. В. Проблема екологічної безпеки України у випадках техногенних аварій та катастроф за її межами / В. В. Ткаченко, А. Л. Цикало // Людина та навколишнє середовище – проблеми безперервної екологічної освіти в ВУЗах : зб. наук. пр. XII наук.-метод. конф. – Одеса : ОДАХ, 2007. – С. 131–134.

Здобувачем досліджено задачу підтримки прийняття рішень у випадках техногенних аварій за умов неповноти та невизначеності інформації.

16. Ткаченко В. В. Мобільні робототехнічні системи військового призначення. Проблеми та перспективи / В. В. Ткаченко, А. А. Нікітін // Новітні технології – для захисту повітряного простору : матеріали XII наук. конференції. – Харків : ХУПС, 2016. – С. 326–327.

Здобувачем запропоновано використання мобільних робототехнічних комплексів для збору оперативних даних для підвищення повноти інформації.

17. Ткаченко В. В. Ідентифікація та оцінка ризику техногенних аварій у транскордонному аспекті / Ю. А. Гусак, В. В. Ткаченко // Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків : ХНЕУ, 2016. – С. 88.

Здобувачем розроблено алгебро-логічну модель ідентифікації екологічної інформації для визначення стану надзвичайної ситуації.

18. Ткаченко В. В. Переваги процесної моделі представлення неявних знань / В. В. Ткаченко // Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків : ХНЕУ, 2017. – С. 83.

19. Ткаченко В. В. Підходи до ідентифікації факторів в системах екологічної безпеки / В. В. Ткаченко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доп. XXV Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – Ч. 1. – С. 44.

20. Ткаченко В. В. Використання системи підтримки прийняття рішень для попередження виникнення надзвичайних ситуацій / В. В. Ткаченко, О. Ю. Чередніченко // Проблеми та перспективи розвитку ІТ-індустрії : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків : ХНЕУ, 2018. – С. 54.

Здобувачем розроблено одновимірну логістичну модель вимірювання рівня екологічної безпеки на основі даних, отриманих в реальному часі.

21. Ткаченко В. В. Розробка системи підтримки рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру / В. В. Ткаченко // Інформаційні технології: наука, техніка, освіта, здоров'я : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – Ч. 1. – С. 35.

АНОТАЦІЇ

Ткаченко В. В. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2019.

В процесі прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій (НС) виділяють наступні етапи: моніторинг стану навколишнього середовища; організація взаємодії підсистем як оперативного розгортання інформаційної інфраструктури; збір та обробка даних для прийняття оперативних рішень; ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій (ЛННС). Базою для вирішення задачі моніторингу стану навколишнього середовища є запропонована в роботі концептуальна модель, яка формалізує відношення між джерелами даних, методами та засобами збору даних та показниками стану навколишнього середовища. Екологічна система розглядається як складний об'єкт, стан якого неможливо оцінити у явному вигляді, тому оцінку її стану запропоновано формувати на основі параметрів, за якими ведеться спостереження. Для цього використовується одно- або багато параметричні моделі оцінки. Отримала подальший розвиток одновимірна логістична модель вимірювання рівня екологічної безпеки, що дозволило визначити виникнення надзвичайної ситуації в режимі реального часу та скоротити час на оперативне реагування.

В дисертаційній роботі розроблено методичні основи створення інформаційно-аналітичного забезпечення підтримки прийняття рішень в умовах виникнення НС транскордонного характеру, розроблено типову модель задачі прийняття рішень в умовах НС та запропоновано онтологічне подання знань, що дозволило побудувати ядро інтелектуальної системи та забезпечити обробку даних в процесах пошуку та аналізу прецедентів. Технологія організації взаємодії при виникненні НС складається з наступних етапів: визначення класифікаційних ознак НС, формування організаційної структури штабу з ЛННС, організація інформаційної інфраструктури та підготовка оперативних звітів. Модель багатоознакової класифікації запропоновано на основі застосування алгебро-предикатного підходу формалізації процесів сприйняття

екологічної інформації. Для підтримки прийняття рішень при виникненні надзвичайних ситуацій транскордонного характеру розроблено метод побудови гнучкої інформаційної інфраструктури шляхом застосування концепції «інформації як сервіс» та мета-моделі пристрою. Це дозволило скоротити час розгортання інформаційної системи та підвищити ефективність інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття рішень при виникненні НС та ЛННС.

Ключові слова: інформаційна технологія, інтеперабельність, онтологія, модель оцінки екологічної ситуації, система підтримки прийняття рішень, моніторинг навколишнього середовища.

Ткаченко В. В. Информационная технология поддержки принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций трансграничного характера. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2019.

В процессе принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС) выделяют следующие этапы: мониторинг состояния окружающей среды; организация взаимодействия подсистем в виде оперативного развертывания информационной инфраструктуры; сбор и обработка данных для принятия оперативных решений; ликвидация последствий ЧС. Базой для решения задачи мониторинга состояния окружающей среды является предложенная в работе концептуальная модель, которая формализует отношения между источниками данных, методами и средствами сбора данных и показателями состояния окружающей среды. Экологическая система рассматривается как сложный объект, состояние которого невозможно оценить в явном виде, поэтому оценку ее состояния предложено формировать на основе параметров, по которым ведется наблюдение. Для этого используются одно- или многопараметрические модели оценки. Предложена однопараметрическая логистическая модель измерения уровня экологической безопасности, что позволило определять возникновения ЧС в режиме реального времени и сократить время на оперативное реагирование. Одной из задач, возникающих при организации устранения последствий ЧС, связанных с выбросом опасных химических веществ, является определение координат с наибольшей их концентрацией.

В диссертационной работе разработаны методические основы создания информационно-аналитического обеспечения поддержки принятия решений в условиях возникновения ЧС трансграничного характера, разработана типовая модель задачи принятия решений в условиях ЧС и предложено онтологическое представление знаний, что позволило построить ядро интеллектуальной системы и обеспечить обработку данных в процессах поиска и анализа прецедентов. Технология организации взаимодействия при возникновении ЧС состоит из следующих этапов: определение классификационных признаков ЧС,

формирование организационной структуры штаба по ликвидации последствий ЧС, организация информационной инфраструктуры и подготовка оперативных отчетов. Модель многопризнаковой классификации предложена на основе применения алгебро-предикатного подхода формализации процессов восприятия экологической информации. Для поддержки принятия решений при возникновении ЧС трансграничного характера разработан метод построения гибкой информационной инфраструктуры путем применения концепции «информация как сервис» и метамоделей устройства. Это позволило сократить время развертывания информационной системы и повысить эффективность информационно-аналитических систем поддержки принятия решений при возникновении ЧС и ликвидации их последствий.

Результаты исследований внедрены в практику функционирования Главного управления Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям в Одесской области, Центрального управления радиационной, химической и биологической защиты Главного управления оперативного обеспечения Генерального штаба ВС Украины, Центра имитационного моделирования Национального университета обороны Украины, учебного процесса НТУ ХПИ.

Ключевые слова: информационная технология, интероперабельность, онтология, модель оценки экологической ситуации, система поддержки принятия решений, мониторинг окружающей среды.

Tkachenko V. V. Information technology of decision-making support in case of transboundary emergencies. – Manuscript.

The dissertation for a candidate degree in technical sciences, specialty 05.13.06 – Information Technologies. – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, 2019.

In the process of decision-making in case of emergencies, the following stages are distinguished: monitoring of the environment state; organizing of subsystems interaction as the operational deployment of information infrastructure; collection and processing of data for making operational decisions; liquidation of emergency consequences. The conceptual model is proposed as a basis for solving the environmental monitoring problem. The conceptual model formalizes the interaction between data sources, methods and means of data collection and environmental indicators. The ecological system is considered as a complex object, the state of which cannot be estimated explicitly. Therefore, it is proposed to estimate of ecological system state based on the observed parameters. One-parametric or many-parametric estimation models are used for ecological system state estimation. One dimensional logistic model for measuring the level of ecological safety has been developed. It has allowed determining the emergency case in real time and reducing the time for operational response. The application of the deformed configurations method reduces the time of obtaining data to clarify the state of environmental safety.

In the thesis, the methodical bases of creating information and analytical maintenance for decision support in the conditions of transboundary emergencies are developed. The typical model of the decision-making problem in the emergencies is

developed, and the ontological specification of knowledge representation has been developed. It allowed constructing the intellectual system core and provide data processing in the search processes and analysis of precedents. The technology of cooperation in case of emergencies consists of the following steps: the definition of emergency classification features, the organizational structure formation of the emergency response staff, the information infrastructure organizing and the preparation of operational reports. The model of multi-sign classification is proposed by the application of the algebra-predicate approach to the formalization of environmental information processes. The method of constructing a flexible information infrastructure is developed to support decision-making in case of transboundary emergencies. The method of constructing a flexible information infrastructure applies the concept of "information as a service" and the device meta-model. This allowed reducing the deployment time of the information system and increasing the efficiency of information and analytical decision support systems in case of emergencies and the elimination of the emergency consequences.

Keywords: information technology, interoperability, ontology, model of environmental assessment, decision support system, environmental monitoring.



Підп. до друку 04.03.2019 р. Формат 60x90/16.
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний.
Друк – цифровий. Ум. друк. аркушів 0,9
Наклад 100 прим. Зам. №

Надруковано у ФЛ-П Черняк Л.О.
61002, м. Харків, вул. Багалія, 16
Свідоцтво № 2480000000079553, від 16.05.2007 р.

