

УДК 504.064

DOI 10.31471/1993-9981-2022-1(48)-97-102

ДІАГНОСТИКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ СЛУЖБ

М.В. Крихівський, В.І. Михайлів, Л.В. Саманів*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019 м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, mykhailo.krykhivskiy@nung.edu.ua*

Промислове виробництво, військові дії, життєдіяльність населення та тварин спричиняють суттєвий вплив на навколишнє середовище. Відбуваються зміни екосистем, які часто несуть небезпеку для людей, і можуть бути незворотними. Для сталого розвитку необхідне розумне коригування політики в системі екологічної безпеки. Тому екологічні служби мають застосовувати комп'ютерні технології, інформаційне моделювання, інтелектуальні інформаційні системи з елементами штучного інтелекту.

Об'єктивне розуміння ситуації та процесів в екосистемах передбачає великі обсяги інформації, різноманітність інформаційних і математичних моделей, міждержавні договори та законодавство. Сьогодні екологічні служби переважно зайняті обліком викидів в атмосферу. Важливим представляється аналіз, прогнозування та розумні впливи на процеси в екосистемах в контексті антропогенної діяльності. Різне сприйняття цієї проблеми призводять до різних підходів, які призводять до різних результатів.

Наукові дослідження в галузі екологічної безпеки для екологічних служб головно зосереджені на вивченні та документуванні забрудненості навколишнього середовища, викидах промислового та побутового характеру. Менше уваги приділяється змінам, що зазнають екосистеми, а ще менше – інформаційному моделюванню для забезпечення діяльності адміністративних органів з метою впливу на суспільство для покращення стану довкілля. Тому інформаційне та математичне моделювання, прогнозування змін екосистем є актуальним.

Дослідження направлене на розвиток методів діагностування інформаційного забезпечення, розроблення інструментів об'єктивізації служб екологічного контролю у контексті концепції інформаційного моделювання та прогнозування. Запропоновано математичні моделі для покращення інформаційного забезпечення діяльності в розрізі розумних змін існуючих ситуацій екологічних і соціальних систем.

Рекомендується використовувати інформаційні моделі в діяльності екологічних служб з використанням обчислювальної техніки як з метою професійної роботи, так і з метою діагностики стану. Як комплексний підхід запропоновано враховувати користь і ризики, що поєднує майбутні здобутки та можливі втрати від прийняття управлінського рішення. Дослідження базується на формалізації нечіткості, неточності, невизначеності стану та процесів екологічних і соціальних системах.

Процес прийняття рішення базується на нормуванні користі та ризиків за заданими альтернативами. Ці альтернативи враховують як загальноприйняті правила, міжнародні угоди та закони із законодавчими актами, так і закони природи. Це дає змогу врахувати багатогранність інформації екологічних служб та покращити ефективність їх діяльності для сталого розвитку і дозволить використовувати обчислювальну техніку для оброблення інформації, об'єктивності.

Математична модель може бути використана для створення інформаційної системи екологічних служб. Для її реалізації вистачить комп'ютера з посередніми обчислювальними можливостями для загального користування.

Ключові слова: діагностика інформаційного забезпечення; прийняття рішення екологічними службами, нечіткий стан екосистеми, нечіткий екологічний процес, інформаційна модель екологічної безпеки.

Industrial production, military operations, the vital activity of the population and animals have a significant impact on the environment. Ecosystem changes are occurring that often pose a danger to humans and may be irreversible. For sustainable development, a reasonable adjustment of policy in the system of environmental security is necessary. Therefore, environmental services should use computer technology, information modeling, intelligent information systems with elements of artificial intelligence.

An objective understanding of the situation and processes in ecosystems involves large amounts of information, a variety of information and mathematical models, interstate agreements and legislation. Today, environmental

services are mainly engaged in accounting for emissions into the atmosphere. It is important to analyze, predict and reasonably influence the processes in ecosystems in the context of anthropogenic activities. Different perceptions of this problem lead to different approaches leading to different results.

Scientific research in the field of environmental safety for environmental services is mainly focused on the study and documentation of environmental pollution, industrial and domestic emissions. Less attention is paid to the changes undergoing ecosystems, and even less attention is paid to information modeling to support the activities of administrative bodies with the aim of influencing society to improve the state of the environment. Therefore, information and mathematical modeling, forecasting changes in ecosystems is relevant.

The study is aimed at developing methods for diagnosing information support, developing tools for objectifying environmental control services in the context of the concept of information modeling and forecasting. Mathematical models are proposed to improve the information support of activities in the context of reasonable changes in the existing situations of ecological and social systems.

It is recommended to use information models in the activities of environmental services for the use of computer technology both for professional work and for diagnosing the condition. As an integrated approach, it is proposed to take into account the benefits and risks that combine future achievements and possible losses from making a management decision. The study is based on the formalization of fuzziness, inaccuracy, uncertainty of the state and processes in ecological and social systems.

The decision-making process is based on the normalization of benefits and risks for given alternatives. These alternatives take into account both accepted rules, international agreements and laws with legislative acts, as well as the laws of nature. This makes it possible to take into account the versatility of information from environmental services and improve the efficiency of their activities for sustainable development and will allow the use of computers for information processing, objectivity.

The mathematical model can be used to create an information system for environmental services. To implement it, a computer with mediocre computing capabilities for general use is enough.

Key words: diagnostics of information support; decision-making by environmental services, fuzzy state of the ecosystem, fuzzy ecological process, information model of ecological safety.

Вступ

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів здійснює керівництво службами екологічної безпеки на територіях та в населених пунктах України. Пріоритетами його діяльності є [1]:

- запобігання та контроль промислового забруднення;
- управління відходами;
- зміна клімату;
- лісове господарство;
- біорізноманіття та охорона земельних ресурсів;
- природоохоронні території;
- прісноводні ресурси та морські території;
- рибне господарство;
- надра;
- ядерна безпека та зона відчуження;
- моніторинг довкілля;
- цифрова трансформація;
- публічна адміністративна реформа.

Міністерство є головним органом у системі центральних органів виконавчої влади, відповідальним за формування та реалізацію державної політики у сфері охорони

навколишнього природного середовища, навколишнього середовища та біологічної, генетичної та радіаційної безпеки в межах своєї компетенції.

Контроль екологічного стану України здійснює Державна екологічна інспекція, до складу якої входять підрозділи, які відповідальні за екологічний та радіаційний контроль митної території України, екологічний контроль повітряних, водних і земельних ресурсів, поводження з відходами та небезпечними хімічними речовинами, фонди заповідників, флору та фауну, екологічне управління, аналіз, планування інспекційної діяльності та зв'язків з громадськістю, контрольно вимірювальний лабораторний контроль.

Основні показники якості довкілля визначаються стандартами та можуть бути розділені на три категорії:

- санітарія та гігієна (гранично допустимі концентрації небезпечних речовин – хімічні, біологічні, фізичні впливи). Вони акумулюють впливи на здоров'я людини;
- екологічні стандарти (норми викидів, норми скидів небезпечних речовин), які

визначають вимоги до джерел забруднення чи шкідливого впливу, а також технічні, будівельні та містобудівні правила, що містять вимоги щодо охорони навколишнього середовища;

– допоміжні.

Крім стандартів якості довкілля, існує норматив максимально допустимого екологічного навантаження – величина техногенного впливу на природні ресурси або природні комплекси, що не призводить до руйнування функцій навколишнього середовища.

Найефективнішим способом підвищення рівня екологічної безпеки є управління нею, тобто підвищення екологічної безпеки у встановленому масштабі та за встановлених умов. Проте зрозуміло, що для планування, контролю та сприяння покращенню екологічної безпеки (управління цим збільшенням), перш за все необхідно створити доцільне інформаційне забезпечення екологічних служб. Для цього має бути доступна повна і достовірна інформація про умови навколишнього середовища в кількісному вигляді, який найбільш зручно використовувати в сучасних системах прийняття рішень.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Про діагностику інформаційних моделей екологічної безпеки й екології в цілому можна прочитати здебільшого в розрізі політики або економіки. З точки зору техніки, а ще більш обчислювальної техніки, дослідження цього виміру забезпечення життєвих норм ще далекі від досконалості. Тому нам представляється важливим проблеми інформаційного забезпечення служб, що займаються екологічними проблемами.

Інформаційне забезпечення екологічних служб використовується для отримання достовірної інформації про фактичний стан компонентів екосистеми, процеси, що відбуваються на ньому, необхідні втручання для антропогенних процесів, кількісні та якісні характеристики навколишнього середовища [2]. Проте, інформація про екологічний стан є багаторівневою. На рівні підприємства джерелами інформації є засоби екологічного контролю підприємства, система моніторингу навколишнього середовища, комплекс

нормативно правових документів щодо лімітів забруднення: статистичні звіти, квартальні звіти; дозволи на водокористування; дозволи на землекористування; сертифікати та дозволи на виробничу діяльність; документи про допустимість шкідливих речовин у техногенних забрудненнях; екологічні паспорти промислових підприємств [3].

Контроль за виконанням вимог для сталого розвитку та забезпечення ефективного виконання комплексних екологічних заходів вимагає від різних екологічних служб уточнення операційної взаємодії та ефективності діагностики, оброблення відповідної інформації [4]. Глибоке розуміння тем і методів екологічної діагностики дозволяє розробити основні характеристики різних етапів діагностичної роботи [5]:

- проведення досліджень та попереднє оцінювання досягнутого рівня діагностики;
- вимірювання взаємозв'язків між показниками і факторами та на цій основі виявлення можливості зміни стану екосистем;
- остаточна діагностика розрахунків резервів ефективності відповідно до екологічної доцільності.

До екологічної технічної діагностики в автоматизованих умовах висуваються такі вимоги: системність, комплексність, ефективність, точність, прогресивність, динамічність. Аналітичний процес за допомогою комп'ютера можна описати в такому порядку: постановка проблеми та її формальний опис; накопичення інформації; оброблення даних; аналіз; використання отриманої інформації [6].

Формальний опис задачі діагностики базується на єдиному принципі побудови специфікації умови забезпечення необхідних умов [7]. Це полегшує подальшу алгоритмізацію та програмування; чітко визначає фактичну потребу в аналізі вхідних даних; усуває повторюваність завдання діагностики та полегшує групування їх у блоки для одночасного оброблення.

Діагностичні задачі екології у формальній формі є об'єктом математичного моделювання. Постановка проблеми та її формальний опис дають змогу визначити вихідні дані для відбору та аналізу інформаційної бази [8].

Висвітлення невіршених раніше частин загальної проблеми

Сучасний розвиток інформаційного забезпечення діячів діагностики екологічного стану довкілля не відповідає необхідним потребам, а прийняття управлінських рішень є ускладненим. У практику екологічного менеджменту впроваджуються лише окремі елементи інформаційного моделювання, які сприяють автоматизації процесу прийняття рішень, але не враховують цілісність. Відсутність спеціалізованих інформаційно пошукових, експертних та інформаційно обчислювальних систем не дозволяє інтелектуалізувати процес управління з метою оптимізації.

Діагностика екосистеми часто передбачає оцінку змін, особливо незворотних. Питання цього діагнозу є актуальним, оскільки належне функціонування підприємств і міст стає все більш важливим у зв'язку з посиленням антропогенного впливу на навколишнє середовище.

Тому важливим є розроблення інформаційних систем та окремих їх компонентів, які математично діагностують інформаційний рівень моделювання екології. Особливо це стосується процедур з інтелектуальними технологіями.

Формулювання цілей статті

Метою дослідження є розроблення нових математичних підходів з визначення оптимальної моделі діагностики рівня інформаційного забезпечення екологічних служб для прийняття ними оптимальних управлінських рішень. У ході теоретичного аналізу інформації щодо досягнення мети поставлені та розв'язані такі задачі:

- розроблення теоретичних основ математичного моделювання інтелектуальних частин інформаційних систем для формування комплексної екологічної діагностики навколишнього середовища;
- формування інтелектуальної системи діагностики з урахуванням специфіки функціонування інформаційних систем екологічних служб.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Важливими в роботі працівників екологічних служб є принципи побудови інформаційних систем з «ручним», механізованим або автоматизованим оброблення інформації. Ступінь автоматизації може бути найрізноманітнішим: всі розрахунки виконуються «вручну», окремі види робіт автоматизуються за допомогою автономного робочого місця (АРМ) експертів, АРМ фахівців інтегровані в локальну мережу; існує автоматична система управління (АСУ), яка об'єднує всі локальні мережі експертних робочих місць у єдиний інформаційний простір; діюча інформаційна система, що об'єднує всі інші інформаційні системи в єдиний інформаційний простір.

Коли наявна обчислювальна техніка та засоби зв'язку утворюють єдину комп'ютерну мережу для програмного забезпечення аналізу, найбільш ефективно використовувати в роботі аналітика АРМ. У цьому випадку фахівці можуть використовувати спеціальне програмне забезпечення для автоматизації аналітичних розрахунків та прийняття рішень.

Для інтелектуалізації розрахунків пропонується інформаційна аналітична система, яка може бути використана екологічними службами. Основна частина цієї системи використовує семантичну мережу, яка є орієнтованим зваженим графом з розміченими вершинами та ребрами. Вершини позначають об'єкти (сутності) екосистеми або їх деякий стан, а ребра – взаємозв'язки з вагами. На множинному рівні граф \tilde{G} визначений впорядкованою парою (кортежем) множин $\tilde{G} = (\tilde{V}, \tilde{D})$, де \tilde{V} – множина вершин, а \tilde{D} – множина впорядкованих пар (d_{ij}, m) , відповідно, d_{ij} – дуга, а m – вага. Скінченний орієнтований зважений граф \tilde{G} для реалізації математичних операцій за допомогою комп'ютера описано матрицею суміжності \tilde{S} і вектором ваг D .

Деякі об'єкти (стани об'єктів) екосистеми або деякі відношення можуть бути нечіткими або не визначеними, тому граф \tilde{G} є нечітким (розпливчастим). Множини \tilde{V} – нечітка множина, елементи якої визначені парою, (v, μ_v) , де v – елемент множини \tilde{V} , μ_v – значення функції належності цього елемента до множини \tilde{V} .

Рядки та стовпці матриці суміжності \tilde{S} визначені парою (v, μ_{vi}) , де i – номер рядка чи стовпця, а μ_{vi} – значення функції належності до множини \tilde{V} вершини з номером i . Значення функції μ_{vi} для всіх i обмежені відрізком $[0,1]$. Значення елементів матриці \tilde{S} , які є значеннями функції належності μ_A , також обмежені відрізком $[0,1]$, а значення елементів вектору D обмежені відрізком $[-1,1]$.

У випадку, коли потужність множини всіх станів екосистеми S обмежена, існує натуральне число $n \in \mathbb{N}$, для якого $|\tilde{S}| < n$. Якщо для \tilde{S} не існує такого числа $n \in \mathbb{N}$, що $|\tilde{S}| < n$ і $|\tilde{S}| = |\mathbb{N}|$, то \tilde{S} є зліченною, тому її елементи можна пронумерувати, тобто задати номери станам реальної системи, яка моделюється.

Інтелектуальний модуль інформаційної системи має враховувати всі можливі альтернативи. Елементи множини B фактично є виборами із альтернатив. Корисності альтернатив кожного стану реальних екосистем, які можна описати множинами, визначаються послідовностями:

- $[k_i]_1^m$ для кількості альтернатив, меншої від $m + 1$;
- $[k_i]_1^\infty$ для зліченної кількості альтернатив.

Об'єднання всіх альтернатив у множину A є множиною альтернатив прийняття рішення. Для зчисленної множини альтернатив корисності станів кожної альтернативи в реальних екосистемах можна задати послідовностями:

- $[k_j]_1^n$ для кількості альтернатив, меншої від $n + 1$;
- $[k_j]_1^\infty$ для необмеженої кількості альтернатив.

Прийняття рішення полягає у знаходженні номера найкориснішої альтернативи. У формальному описі проблеми задані множини виборів A й альтернатив B . Потужність множини виборів $|A| = n$, а потужність множини альтернатив $|B| = m$. Корисність кожної альтернативи задана дійсною послідовністю $[q_i]_1^n$.

Розв'язком задачі прийняття рішення є альтернатива із B . Задавши корисності матрицею кожній альтернативі буде відповідати номер рядка. Прийняття рішення визначається номером рядка, тобто натуральним числом, яке менше або рівне $m \in \mathbb{N}$.

При відображенні множини альтернатив у множину дійсних чисел кожна альтернатива

буде мати число, яке є нормою прийняття рішення. Норма корисності альтернатив ставить у відповідність кожній альтернативі число з відрізка $[0;1]$.

У випадку нескінченної кількості альтернатив модуль корисності можна визначити як $\|k\| = (k, k)^{1/2}$, де (k, k) – скалярний добуток, для якого справедливі властивості скалярного добутку евклідового простору. Для скінченної послідовності модуль $\|[k_j]_1^n\|$ визначається через скалярний добуток так: $\|[k_j]_1^n\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n k_j^2}$. Норма модуля корисності $\|[k_j]_1^n\|$ альтернативи m -кількості альтернатив є значення модуля n -вимірного простору, розділене на максимальне значення із цих модулів $\|a_i\| = \|[k_j]_1^n\| = [k_j]_1^n / \max_i [k_j]_1^n$, $i = 1, 2, \dots, m$.

Важливо врахувати ризики прийняття рішення, тому пропонується норма ризиків. Для цього необхідно знайти сумарне значення ризику альтернатив за допомогою формули: $ra_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}$, $i = 1, 2, \dots, m$ де r_{ij} – ризики, які визначаються формулою $\|r_{ij}\| = \|\max_i k_{ij} - k_{ij}\|$, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$. Норма ризику $\|ra_i\|$ ($i = 1, 2, \dots, m$) альтернативи є фактично її сумарним ризиком, розділеним на максимальне значення із сумарних ризиків всіх альтернатив $\|ra_i\| = ra_i / \max_i ra_i$, $i = 1, 2, \dots, m$.

Висновки

Для ефективної роботи екологічних служб необхідно використовувати комп'ютери та системи аналізу інформації з різним за інформаційним забезпеченням рівнем робочих місць. Найбільш продуктивною буде робота, коли буде наявною інформаційна мережа.

У результаті теоретичних досліджень розроблено математичне забезпечення комплексної діагностики інформаційного забезпечення екологічних служб, що є інтелектуальною основою для прийняття ефективного управлінського рішення. Запропоновані теоретичні та практичні результати основи формування математичного моделювання інформації у екосистемах.

Список використаних джерел

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: офіційний портал. Режим доступу <https://mepr.gov.ua> (дата доступу 08.05.2022)
2. Білобран О. Управління в сфері охорони довкілля та природокористування в Україні: проблеми та шляхи вирішення / О. Білобран. – К.: ВЕГО «Мама-86», 2003. – 160 с.
3. ГІС-технології оцінки екологічного ситуації для управління екологічною безпекою / О.М. Адаменко [та ін.] // Нафтогазова енергетика. – 2007. – № 1(2). – С.78-81.
4. Данилишин Б.М. Наукові основи прогнозування природно-техногенної (екологічної) безпеки України / Б.М. Данилишин, В.В. Ковтун, А.В. Степаненко. – К.: Лекс дім, 2004. – 552 с.
5. Мариняк Я.О. Основи моделювання стану довкілля / Я.О.Мариняк.– Тернопіль, 2000.– 132 с.
6. Волошин В.В. Проблеми поліпшення стану навколишнього середовища та їх програмне забезпечення / В.В.Волошин [та ін.] // Український географічний журнал. – 1993 .– № 1. – С.9-13.
7. Адаменко О.М. Стратегія створення системи екологічної безпеки Івано-Франківської області: матеріали науково-практичної конференції «Івано-Франківщина – поступ у майбутнє». – Івано-Франківськ, 2004. – С.11-12.
8. Даланы Л. Охрана окружающей среды населенных пунктов и ее концепция / Л.

Даланы; пер. с венгер. – М.: Прогресс, 1990. – 68 с.

References

1. Ministry of ecology and natural resources of Ukraine: official portal. Access by <https://mepr.gov.ua> (date of acquaintance 05/08/2022)
2. Bilobran O. Management in the field of environmental protection and nature management in Ukraine: problems and solutions / O. Bilobran. - K .: ВЕГО «Мама-86», 2003. - 160 p.
3. GIS-technologies for assessing the environmental situation for environmental safety management / O.M. Adamenko [etc.] // Oil and gas energy. - 2007. - № 1 (2). - P.78-81.
4. Danilishin BM Scientific bases of forecasting of natural-technogenic (ecological) safety of Ukraine / B.M. Danilishin, VV Kovtun, A.V. Stepanenko. - K .: Lex House, 2004. - 552 p.
5. Marinyak Ya.O. Fundamentals of environmental modeling / Ya.O. Maryniak. - Ternopil, 2000. - 132 p.
6. Voloshin VV Problems of improving the state of the environment and their software / VV Voloshin [etc.] // Ukrainian Geographical Journal. - 1993.– № 1. - P.9-13.
7. Adamenko OM Strategy of creation of the system of ecological safety of Ivano-Frankivsk region: materials of the scientific-practical conference "Ivano-Frankivsk region - progress into the future". - Ivano-Frankivsk, 2004. - P.11-12.
8. Dalanyi L. Environmental protection of settlements and its concept / L. Dalanyi; lane with Hungarian. - M .: Progress, 1990. - 68 p.