
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 519.6:004.8: 574.08:681.78: 378.147
DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.2-53.1>

ТИПОЛОГІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ЕКОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

Бондар О.І., Машков О.А., Івашченко Т.Г., Оводенко Т.С., Присяжний В.І.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
mashkov_oleg_52@ukr.net

Розглянуті особливості інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних управлінських рішень, а також запропоновані нові моделі наукового завдання, спрямованого на типології інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських екологічних рішень. Означено формалізацію метапроцедур в інтелектуальній системі екологічного управління, зокрема: процедури цілеспрямованого пошуку на основі відмінності-подібності; обґрунтованого вибору із множини альтернатив; аргументації; логічного висновку; каузальних залежностей; навчання класифікації на прикладах. Формалізовані дев'ять типів інтелектуальних систем для управління екологічною безпекою довкілля та природних ресурсів за допомогою автоматизованих систем управління природоохоронної діяльності, а саме: інформаційні; поповнення та формування баз знань; текстової обробки; підтримки прийняття рішень; навчальні; експертні; автоматизованої підтримки прийняття рішень; автоматизації наукових досліджень; інтелектуальних баз даних. Існуючі методи контролю параметрів довкілля не дозволяють повною мірою визначити характер антропогенного впливу. Використання космічних знімків, а також їх комплексна обробка дає змогу здійснити та повніше відобразити характер впливу шкідливих процесів на природне довкілля. Окрім цього, завдяки існуючим сучасним спеціальним програмним комплексам можливо визначити не тільки характер шкідливих речовин, а також рівні їх концентрації та різні зони впливу. Аналіз існуючого науково-методичного апарату створення систем підтримки прийняття управлінських екологічних рішень показав недосконалість його можливості використання для здійснення ефективного управління екологічною безпекою в реальному часі. Підвищення ефективності системи управління екологічною безпекою пропонується здійснювати завдяки використанню штучного інтелекту та застосування аерокосмічних систем екологічного моніторингу. *Ключові слова:* аерокосмічна система екологічного моніторингу, екологічні рішення, інтелектуальна система, метапроцедури, система підтримки прийняття управлінських рішень, система штучного інтелекту, управління екологічною безпекою.

Typology of intellectual environmental decision support systems. Bondar O., Mashkov O., Ivashchenko T., Ovodenko T., Prysiashny V.

The paper provides a description of intellectual support systems for environmental management decision making and offers a new solution to the scientific task, which consists in a typology of intellectual support systems for environmental management decision-making. The formalization of meta-procedures in the intelligent system of environmental management is considered: the procedure of purposeful search based on differences-similarities, the procedure of justified choice from a set of alternatives», the procedure of argumentation, the procedure of logical conclusion, the procedure of causal dependencies, the procedure of learning classification by examples. Nine types of intelligent systems are formalized in the management of ecological safety of the environment and natural resources with the help of automated management systems of environmental protection activities: intelligent information systems; intelligent databases; system of replenishment and formation of knowledge bases; text processing systems; intelligent decision support systems; intelligent educational systems; intelligent expert systems; intelligent systems of automated decision-making support; intelligent systems of automation of scientific research. The existing methods of monitoring environmental parameters cannot determine the nature of anthropogenic influence. The use of space images, as well as their complex processing, makes it possible to realize and more fully reflect the nature of the impact of harmful processes on the natural environment. In addition, thanks to existing modern special software complexes, it is possible to determine not only the nature of harmful substances, but also their concentration levels and various zones of influence. The analysis of the existing scientific and methodological apparatus for the creation of support systems for the adoption of managerial environmental decisions showed the imperfection of the possibility of its use for effective management of environmental safety in real time. It is proposed to increase the effectiveness of the environmental safety management system by using artificial intelligence with the use of aerospace environmental monitoring systems. *Key words:* aerospace environmental monitoring system, environmental solutions, intelligent system, metaprocedures, management decision support system, artificial intelligence system, environmental safety management.

Постановка проблеми. Одне із важливих завдань екологічного моніторингу – це оброблення даних екологічного спостереження, отриманих за допомогою наземних та мобільних комплексів, що

визначають екологічний стан відповідного району та об'єктів спостереження [3].

Сучасні штучні системи обробки інформації, що використовуються у різноманітних галузях інтелек-

туального аналізу даних та машинного навчання, здебільшого ґрунтуються на аналогії функціонування відповідних процесів у біологічних організмах. До таких процесів слід віднести функціонування генної мережі, імунні процеси, функціонування нейронних мереж тощо [1], [2], [4]. Особливістю таких систем є високий рівень складності, здатність навчатися, розпаралелювання процесу обробки інформації, високий рівень захисту, здатність розпізнавати та приймати адекватні рішення. У цьому контексті розробка сучасних штучних моделей обробки даних екологічного моніторингу можлива із застосуванням системного підходу, що передбачає комплексне застосування знань та методів з різних галузей, а саме: молекулярна біологія, математика, інформатика, фізика, хімія [5]-[7].

На сьогодні для обробки даних екологічного моніторингу існують й активно застосовуються моделі глибинного навчання, зокрема: глибинні нейронні мережі, згорткові нейронні мережі, штучні глибинні мережі, що дозволяють отримати задовільну точність діагностики екопроцесів на значних обсягах даних, але при цьому виникає проблема часу навчання, чутливості мережі та верифікації отриманих моделей на інших, аналогічних даних [8]-[10].

Такий підхід створює умови для підвищення об'єктивності обробки даних екологічного спостереження в реальному часі за рахунок застосування ансамблів методів, гібридних моделей та ефективних критеріїв якості оцінки результатів на відповідному етапі реалізації процесу обробки інформації [3].

Роз'язання вищезазначеної проблеми можливе шляхом розробки нових та удосконалення наявних методів, моделей та алгоритмів обробки даних екологічного моніторингу.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Тематика статті не суперечить загальнодержавним науково-технічним програмам, що сформульовані в Законах України «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про національну програму інформатизації», а також відповідають планам найважливіших науково-технічних програм Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Міністерства освіти та науки України, зокрема: 6 – Інформатика, автоматизація та приладобудування; 6.2.1 – Інтелектуалізація процесів прийняття рішень; 6.2.2 – Перспективні інформаційні технології і системи. Тому необхідна наукова розробка типології інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних управлінських рішень [3], [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми розроблення інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень розглядалися у працях багатьох авторів [1]-[10]. У дослідженнях [1], [2] наведені методи та засоби штучного інтелекту. Системи штучного інтелекту формалізовані в дослідженнях [7]-[10]. Концепція створення

інтелектуальної інформаційної системи для підтримки прийняття рішень у галузі екологічної безпеки запропонована в роботі [6]. Парадигма обробки інформації в інтелектуальній інформаційній системі для підтримки прийняття рішень у галузі екологічної безпеки розглянуто в роботі [3]. Проведений аналіз засвідчує, що на сьогодні залишаються невирішеними питання наукового обґрунтування типології інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних управлінських рішень.

На основі аналізу сучасних літературних джерел у напрямку створення систем підтримки прийняття управлінських екологічних рішень можна зробити висновок, що нині не існує цілісно-сформованої теорії визначення інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних управлінських рішень та формалізації метапроцедур в інтелектуальній системі екологічного управління, хоча дослідження у цій предметній галузі створюють передумови для її створення і подальшого удосконалення.

Невирішена раніше частина загальної проблеми. Пропонується визначення інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних управлінських рішень та формалізації метапроцедур в інтелектуальній системі екологічного управління, хоча дослідження у цій предметній галузі створюють передумови для її створення та подальшого удосконалення. Наступне актуальне завдання, що необхідно виконати під час створення систем підтримки прийняття управлінських екологічних рішень, – розроблення типології інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських екологічних рішень.

Об'єктом вивчення системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень є метапроцедури навчання, пошук методів відтворення їх програмно-технічними засобами. Таке визначення дозволяє вважати інтелектуальними будь-які програми, здатні моделювати фіксований вид людської діяльності.

Мета дослідження – наукове обґрунтування типології інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних управлінських рішень для забезпечення екологічної безпеки довкілля та природних ресурсів.

Результати досліджень.

1. Формалізація метапроцедур в інтелектуальній системі екологічного управління.

При визначенні інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних управлінських рішень береться до уваги, що фундаментальна риса природного інтелекту – його здатність до навчання, адаптації до середовища, набуття знань, здатність поводитися доцільно та цілеспрямовано відповідно до поставленої мети. Такі здібності природного інтелекту покладені в його «конструкцію» генетично і передаються у спадок. Ті дані людині від природи процедури, за допомогою яких вона опановує нові знання та нові види діяльності, мають назву метапроцедури [1].

Формалізація метапроцедур в інтелектуальній системі екологічного управління передбачає визначення наступних процедур: процедура цілеспрямованого пошуку на основі відмінності-подібності, процедура обґрунтованого вибору із множини альтернатив, процедура аргументації, процедура логічного висновку, процедура каузальних залежностей, процедура навчання класифікації на прикладах.

Процедура «цілеспрямований пошук на основі відмінності-подібності». Така метапроцедура (скорочене позначення – ЦПВП) застосовується за умови якщо особа відповідальна за прийняття рішення щодо віднесення чи не віднесення будь-якого об'єкта до певного класу об'єктів. Наприклад, можливо ототожнити два зображення, показані на рис. 1. У нашому розпорядженні є група перетворень, що передбачають повороти та переміщення за будь-якими напрямками. Таких перетворень цілком достатньо, щоб поєднати між собою обидва зображення.

На цьому прикладі можна продемонструвати метапроцедуру ЦПВП. Насамперед, простежуються відмінності у зображеннях. Єдина відмінність полягає в тому, що одне із зображень має вигляд повернутого щодо іншого. Знаходження цієї відмінності викликає необхідність застосувати таке перетворення, що його усуває, тобто. перетворення повороту. Для того, щоб остаточно переконатися в тотожності зображень, треба прибрати різницю в їх місцезнаходженні. Вона здійснюється процедурою переміщення на площині.

Метапроцедура ЦПВП полягає у повторенні низки однотипних кроків:

- виявити наявні відмінності в об'єктах;
- обрати одну з відмінностей;
- визначити процедуру, що усуває цю відмінність;
- якщо такої процедури немає, то відповідь негативна – об'єкти не однакові, кінець процедури;
- якщо така процедура є, то застосувати її;

– перевірити чи залишилися розбіжності у об'єктах;

– якщо відмінностей немає, то відповідь позитивна – об'єкти однакові, кінець процедури;

– якщо відмінності є, перейти до початку ЦПВП.

При цьому якщо на безлічі об'єктів якимось чином задана процедура встановлення подібності (схожості), то виникає можливість перенесення процедур, що були успішними для усунення відмінностей на одному об'єкті, на безліч об'єктів, подібних до раніше відомих.

Як правило, подібність на об'єктах формується зважаючи на подібності їхніх примарних структур. Аналіз засвідчує (рис. 2) що об'єкти 1, 3, 4, 5 подібні між собою, а об'єкти 2 та 6 утворюють інший клас подібних об'єктів.

Розгляд ЦПВП дозволяє зрозуміти відмінність метапроцедур від звичайних процедур, що втілюються в програмах вирішення конкретних завдань. У якості об'єктів можуть виступати як об'єкти фізичного світу, так і факти, події чи ситуації. У цьому випадку в ролі визнаних структур можуть виступати складніші об'єкти, що можуть мати свою внутрішню структуру.

Процедура «обґрунтований вибір із множини альтернатив (ОВМА)». При управлінні екологічною безпекою доводиться на певному етапі вибирати одне з альтернативних рішень. Наприклад, вирішувая питання забезпечення екологічної безпеки, ви можете розглянути безліч різних альтернативних планів. Серед них може значитися оцінка радіаційного забруднення, поводження з відходами, очищення повітря, ґрунтів, водного середовища тощо. Це безліч альтернатив передбачає для особи, яка приймає рішення, завдання вибору. Як воно здійснюється? Навряд чи можна теоретично врахувати всі нюанси прийняття рішення. На цей процес впливають різні чинники. Якщо не має відповідних ресурсів або обладнання, то деякі альтернативи, пов'язані

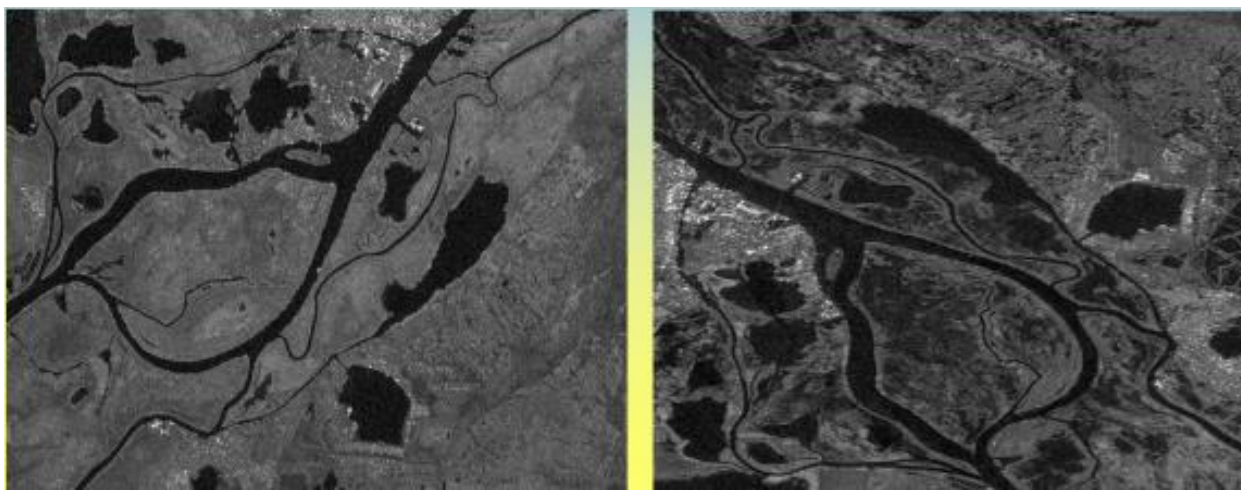


Рис. 1. Космічні зображення території спостереження

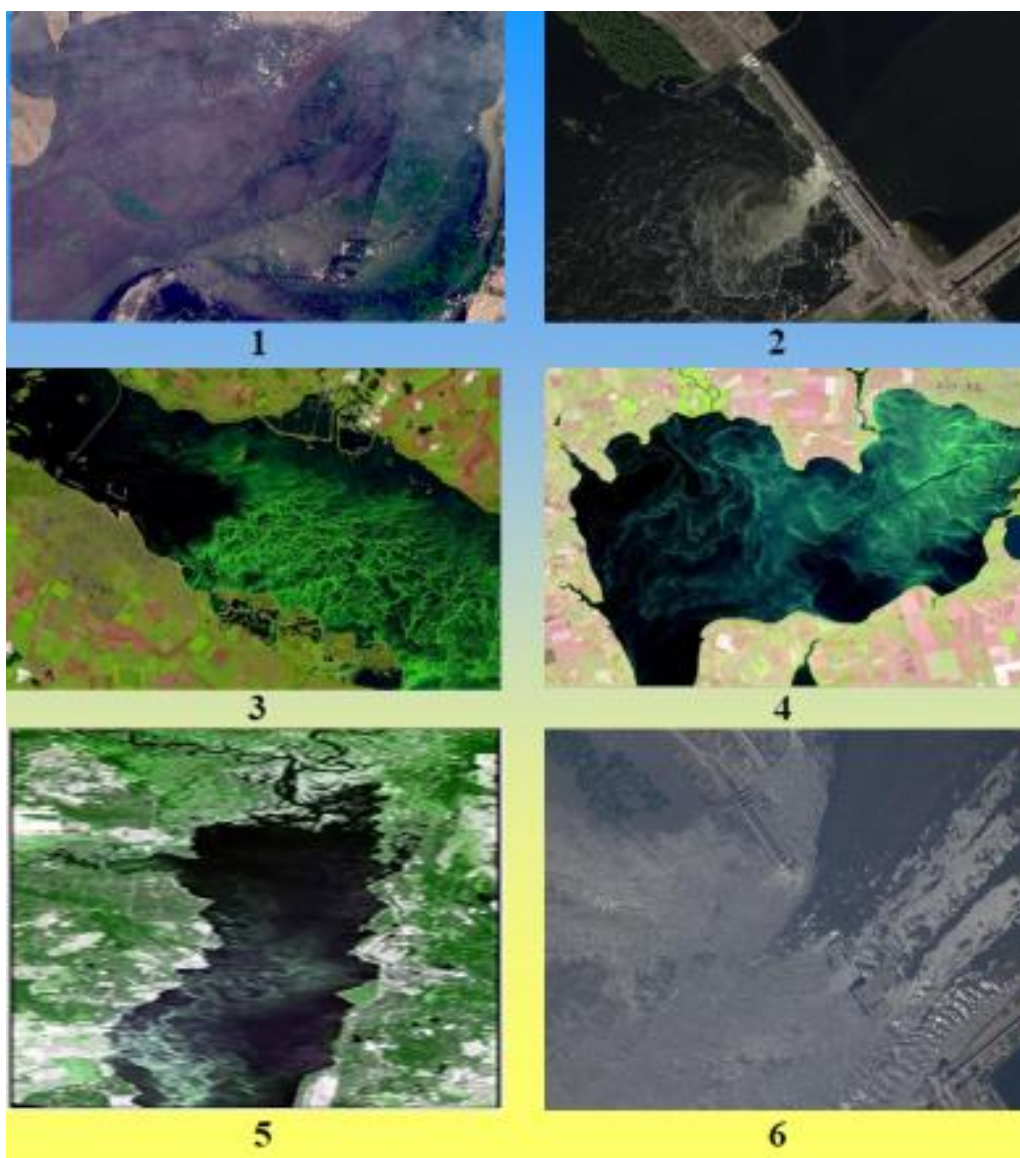


Рис. 2. Космічні зображення різних об'єктів спостереження

зі здійсненням екологічного моніторингу, відкидаються відразу. Таким чином, все залежить від того контексту, в рамках якого відбувається вибір.

Процедура аргументації (А). Процес аргументації у інтелектуальній системі спирається на аргумент. При цьому аргументи бувають двох типів: аргументи «за» та аргументи «проти» (або аргументи та контраргументи). Якщо є деяке положення H , яке треба аргументувати, вибирається безліч аргументів, релевантне H . Термін «релевантне» широко вживається в психології, лінгвістиці. Але в різних науках цей термін інтерпретується по-різному. Для фахівців у галузі штучного інтелекту найбільше підходить тлумачення терміна «релевантний», яке прийнято в лінгвістиці: « X називається релевантним Y , якщо X пов'язано з Y і збільшує наші знання про Y або його значення в деякій ситуації». Саме так в інтелектуальній системі підтримки прийняття екологіч-

них управлінських рішень ми розумітимемо термін «релевантний».

Припускаємо, що аргументи та контраргументи зважені деякими вагами важливості. Як і у випадку ЦПВП у метапроцедурі A призначення значень ваги важливості справа суб'єктивна. Одній особі, яка приймає рішення даний аргумент або контраргумент може здатися дуже важливим, а інша навіть не прийме його до уваги, або вважає, що він не є релевантним H . Але якщо такі ваги q призначені, метапроцедура A може бути описана наступною послідовністю кроків:

- вибрати множину M_1 аргументів, релевантних H ;
- підрахувати $\sum q_i$ відібраних аргументів; $i \in M_1$;
- відібрати множину контраргументів M_2 , релевантних H ;
- підрахувати $\sum q_i$ відібраних контраргументів, $i \in M_2$;

– знайти $h = \sum q_i - \sum q_i, i \in M_1, i \in M_2$;

– порівняти h с априорно заданим m , якщо $h \geq m$, то прийняти H (вважати його підтвердженням), якщо $h < m$, то відкинути H (вважати його непідтвердженням);

– процедура A закінчена.

Значення m таке ж суб'єктивне, як і значення ваги важливості. У системах штучного інтелекту m , як і h призначаються априорно, а потім коригуються у процесі роботи системи.

Навчання (або адаптація) у метапроцедурі A відбувається за рахунок коригування значень ваг важливості та порога прийняття рішення H .

З урахуванням метапроцедури A можливо визначити наступні кроки формування ОБМА:

– сформулювати безліч альтернатив $N1$;

– провести процедуру A для кожної альтернативи з $N1$;

– сформулювати безліч прийнятих альтернатив $N2$;

– якщо в $N2$ один елемент, то вибір здійснено, ОБМА закінчено;

– якщо $N2$ не один елемент, то повторити другий крок даної процедури зі збільшеним значенням m .

Альтернатива вважається активізованою, якщо відповідна їй умова стає істинною.

Процедура «процедура логічного висновку (ЛВ)».

Ця процедура часто замінює процедуру аргументації. Суть процедури ЛВ пояснює таке визначення:

Твердження g виводиться із твердження v і системи аксіом S за допомогою фіксованої множини правил виведення R , якщо існує ланцюжок $v, v_1, v_2, \dots, v_n, g$, в якій кожен елемент, крім першого, або є аксіомою, або виходить з попередніх елементів ланцюжка шляхом застосування правил виведення з R .

Різновидом ЛВ є правдоподібний логічний висновок (ПЛВ). Якщо ЛВ як результат застосування правил виведення з R є детермінованим, то ПЛВ призводить до того чи іншого результату лише з деякою часткою достовірності. Кожне правило в процедурі ПЛВ забезпечується власною вагою правдоподібності (або коефіцієнтами впевненості). Це призводить до того, що остаточний висновок (результат виведення) є лише правдоподібним.

Ось приклад ПЛВ:

v «Район спостереження є екологічно небезпечним»

g «Є завдання зробити район екологічно безпечним»

v_1 «Сьогодні отримуємо дані екологічного моніторингу»

v_2 «Сьогодні застосовуємо природозахисні заходи»

v^1 «Плануємо в подальшому здійснювати екологічний моніторинг»

v^2 «Сьогодні застосовуємо природозахисні заходи».

Можливі два ланцюжки ПЛВ v, v_1, v_2, g і v, v^1, v^2, g . Перша реалізується при реалізації v_1 та v_2 ,

а друга – v^1, v^2 . Цілком можливий і третій ланцюжок v, v_1, v^2, g ; коли реалізується v_1 , але з реалізується v_2 . ПЛВ, що тут розглядається, це прогноз на майбутнє. Такий прогноз завжди багатоваріантний. При збільшенні часу прогнозу дерево можливих висновків матиме дедалі більше гілок. Побудувавши таке дерево, можна оцінити найперспективніші шляхи розвитку подій та вибрати для себе найбільш вигідний варіант.

Також слід зауважити, що регноз (розгляд минулого) також має розгалужений (а не лінійний) характер. Лінійність (один певний ланцюжок) виникає лише в граничному випадку, коли про перебіг процесу у минулому все до кінця відомо. Але цьому випадку немає потреби ні ЛВ, ні тим більше ПЛВ. Все відомо і так.

Процедура каузальних залежностей (ПКЗ).

Практика свідчить, що нелінійність прогнозу та регнозу доставляє в прогнозуючих та діагностичних процедурах масу неприємностей. З дозволом їх має справу метапроцедура ПКЗ.

ПКЗ завжди тісно пов'язана з ПЛВ і часто не відокремлюється від неї. Але корисно окремо виділити її, бо вона є ефективною в інтелектуальних системах і може використовуватися самостійно, без метапроцедур ПЛВ. Каузальні залежності можуть мати різний характер. Найпростішими з них є залежності «причина-слідство» (при прогнозі) та «слідство-причина» (при регнозі). Іншим прикладом каузального зв'язку може бути зв'язок з логічною виведеності (X логічно впливає з Y). Але є й багато інших каузальних зв'язків, які треба враховувати під час роботи інтелектуальних систем (супроводити, впливати, перешкоджати тощо).

Процедура «навчання класифікації на прикладах (НКП)». Для того, щоб застосовувати НКП необхідно мати безліч прикладів і контрприкладів об'єктів, фактів, подій або ситуацій, що відносяться до деякого певного класу і не відносяться до нього.

Виконання НКП складається з наступних кроків:

– знайти подібність серед прикладів, описати цю подібність як деякого твердження;

– перевірити, чи не задовольняє якийсь представник із групи контрприкладів сформульованому твердженню;

– якщо такого представника із групи контрприкладів немає, то прийняти побудоване твердження за класифікуюче (вирішальне) правило; першу частину процедури НКП завершено;

– якщо є контрприклад, що задовольняють знайденому твердженню, то знайти для кожного такого контрприкладу його відмінність від кожного з прикладів, описати цю різницю у вигляді деякого твердження;

– об'єднати твердження про схожість на групі прикладів із твердженням про відмінності між прикладами та контрприкладом, перейти до другого кроку НКП.

Після завершення першої частини процедури НКП починається її друга частина, послідовність кроків якої має такий вигляд:

– для кожного прикладу з екзаменаційної вибірки перевірити його приналежність до класу, що формується, за допомогою класифікуючого правила, отриманого в першій частині НКП;

– якщо всі приклади з екзаменаційної вибірки класифікуються правильно (їх правильна класифікація на приклади та контрприкладів відома апріорно до початку роботи НКП), то друга частина роботи НКП завершено;

– якщо для деяких елементів екзаменаційної вибірки результат класифікації неправильний, то додати ці елементи до груп прикладів і контрприкладів (відповідно до апріорних знань про них) і знову повторити першу частину НКП.

Іспит правильності роботи НКП можна повторювати неодноразово, якщо екзаменаційна вибірка досить велика.

2. Типологія інтелектуальних систем управління екологічною безпекою.

Формалізовані мета процедуру дозволяють дати наступну класифікацію інтелектуальних систем управління екологічною безпекою (табл. 1).

У теперішній час також виникають нові типи систем штучного інтелекту, які можуть знайти застосування при управлінні екологічною безпекою, що свідчить про перспективність цього напрямку. Наприклад, зараз активно формується клас інтелектуальних систем, призначених для підвищення рівня управління технологічними процесами з виробництва, що сприяє безпеці об'єктів критичної інфраструктури. Також підвищується інтелектуальний рівень систем прийняття управлінських рішень тощо.

Інтелектуальні інформаційні системи (ІС).

Клас систем ІС – це клас давно відомих інформаційно-пошукових систем (ІПС), що впроваджувалися в різних галузях та галузях знань від початку

появи обчислювальних машин. Інтелектуалізація таких систем знадобилася, коли пошук за запитом став здійснюватися не на основі універсальних класифікацій документів, нормативів, стандартів, статистичних даних що зберігаються, а на основі аналізу документів та видачі документів релевантних запиту.

В ІС використовуються метапроцедури ЦПВП або ПЛВ. Метапроцедура ЛВ використовується для поповнення змісту запиту або для поповнення змісту документа. Загальна структура ІС показано на рис. 3.

Інтелектуальні бази даних (ІБД). Інтелектуальні бази даних близькі до ІС. Їхня основна відмінність від ІС полягає в стандартизації форми подання інформації, що зберігається в пам'яті. Блок-схема ІБД, переважно збігається з рис. 3. Відмінність полягає в тому, що в ІБД немає потреби в аналізаторі запиту. У вирішувачі замість ЦПВП використовується процедура аргументації.

Системи поповнення та формування баз знань (СПФБЗ). Системи поповнення та формування баз знань поступово займають дедалі більшого місця у сімействі інтелектуальних систем управління екологічною безпекою. Це визначається тим, що з багатьох завдань забезпечення екологічної безпеки необхідно мати формалізоване опис предметної області, у яких вирішується це завдання. Генерація такого опису і є основною метою СПФБЗ. Типова структура СПФБЗ показано на рис. 4. Блок спілкування з експертами є специфічним, що зустрічається лише в інтелектуальних системах цього типу. У блоці спілкування з експертами містяться різні процедури, що реалізують ту чи іншу стратегію спілкування з конкретними експертами. Дуже часто в ньому зберігаються спеціальні психологічні процедури, що тестують, за допомогою яких оцінюється тип експерта і підбираються найбільш зручні для нього процедури спілкування.

Таблиця 1

Класифікація інтелектуальних систем управління екологічною безпекою

| з/п | Тип інтелектуальних систем управління екологічною безпекою | ЦПРС | ОВМА | А | ЛВ | ПКЗ | НКП |
|-----|---|------|------|---|----|-----|-----|
| 1 | Інтелектуальні інформаційні системи (ІС) | + | | | + | | |
| 2 | Інтелектуальні бази даних (ІБД) | | | + | + | | |
| 3 | Системи поповнення та формування баз знань (СПФБЗ) | | | + | + | + | + |
| 4 | Системи текстової обробки (СТО) | | | | + | + | |
| 5 | Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішення (ІСППР) | + | + | + | + | | |
| 6 | Інтелектуальні навчальні системи (ІНС) | | + | + | + | | + |
| 7 | Інтелектуальні експертні системи (ІЕС) | + | + | + | + | + | |
| 8 | Інтелектуальні САПРи (ІСАПР) | + | + | + | | | |
| 9 | Інтелектуальні системи автоматизації наукових досліджень (САНД) | + | + | + | + | + | |

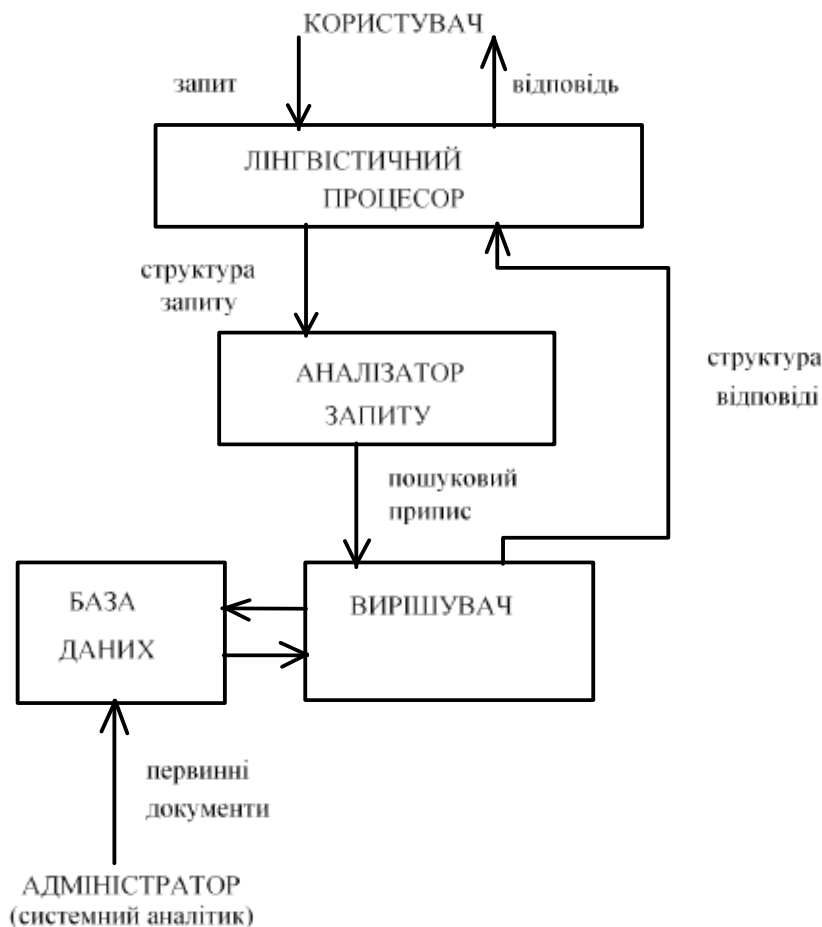


Рис. 3. Блок-схема інтелектуальної інформаційної системи

Системи текстової обробки (СТО). Під системами текстової обробки розуміється дуже широкий спектр різних систем. Не всі вони стосуються систем штучного інтелекту. Інтелектуальність систем, що входять до СТО, пов'язана з тим, що ці системи тією чи іншою мірою «розуміють» текст природною мовою, з якою вони працюють. В системі текстової обробки використовується лінгвістичний процесор із спеціальною системою переформулювання. На рис. 5 показано основні етапи роботи такого процесора. На рівні морфологічного аналізу для всіх слів, що входять до тексту, визначається їх клас (дієслово, іменник, прислівник тощо) і знаходяться всі граматичні характеристики цих слів (відмінок, відмінювання, час і т.п.). Ця інформація надходить на рівень поверхневого синтаксичного аналізу. На цьому рівні відбувається побудова поверхневої синтаксичної структури фраз, що входять до тексту. вона нагадує ті структури, які будуються під час уроків російської у школі.

Інтелектуальні системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень (ІСППР). Ці системи нині розвиваються дуже бурхливо. Це пояснюється низкою причин. Центральним завданням у системах такого роду є оцінка можливих альтер-

натив та вибір однієї з них як прийняте управлінське рішення.

Інтелектуальні навчальні системи (ІНС).

Практика свідчить, що автоматизовані навчальні системи стали створюватися, щойно з'явилися комп'ютери. Спочатку вони були примітивними, використовувалися для контролю успішності чи базувалися на методі програмованого навчання. Навчальні системи поступово вдосконалювалися, запозичували все нове, що у системах, призначених для інформаційного обслуговування, управління, проектування. Починаючи з другої половини 80-х в навчальні системи стали проникати елементи штучного інтелекту.

Лінгвістичний процесор здійснює природно-мовний інтерфейс з учнем і перетворює вхідну інформацію у внутрішнє уявлення системи. При цьому враховується психологічний тип, до якого даний учень ставиться. Для того, щоб визначити тип учня, ІНС на початку роботи з ним за допомогою спеціальних психологічних тестів визначає його тип і потім використовує це знання у двох цілях: для вибору форми діалогу, що найбільш підходить для цього типу, і для вибору темпу навчання та характеру видачі завдань.

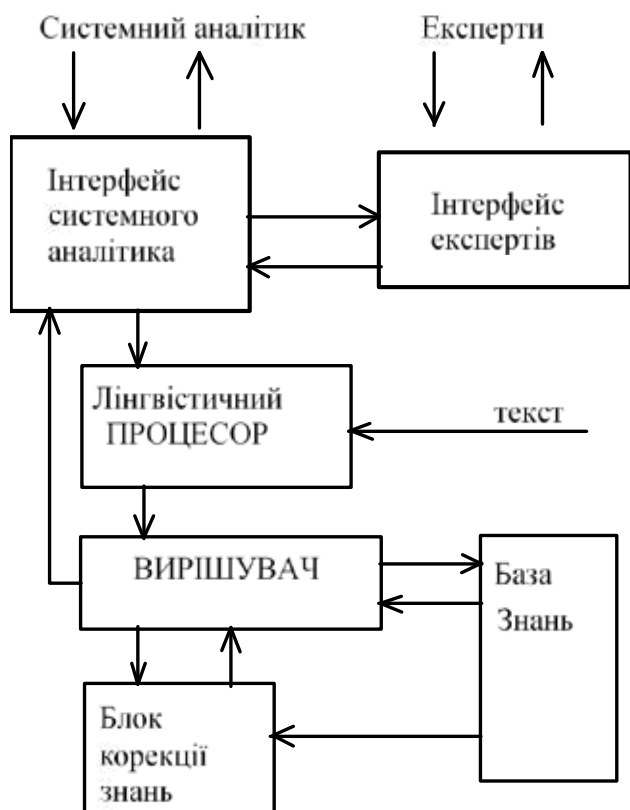


Рис. 4. Блок-схема системи поповнення та формування баз знань

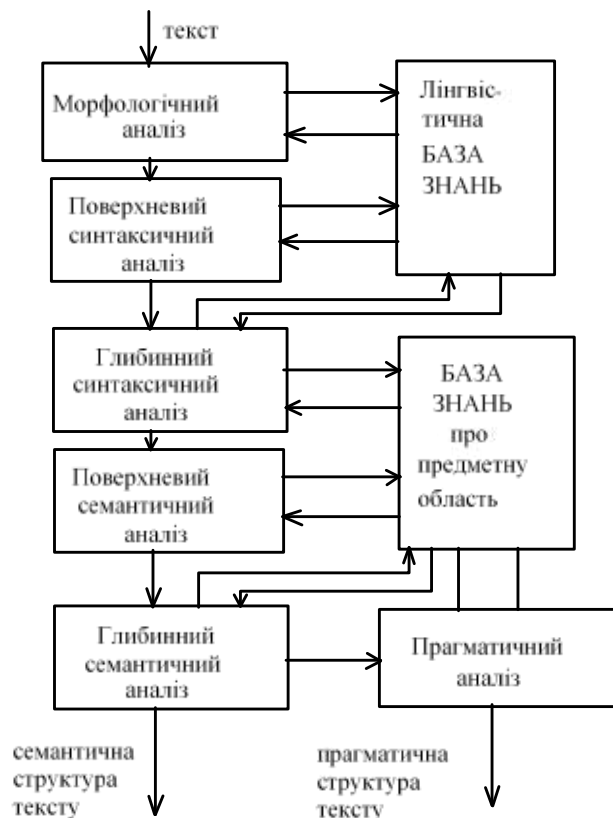


Рис. 5. Блоксхема системи текстової обробки

Інтелектуальні експертні системи (ІЕС).

Практика свідчить, що ІЕС найпоширеніший тип систем штучного інтелекту. Тим більше дивно, що цього класу систем немає точного опису, що дозволяє відокремити ІЕС від інших типів. Швидше за все, у найближчому майбутньому цей клас систем розпадеться на кілька самостійних видів інтелектуальних систем. Серед них, напевно, будуть присутні діагностичні системи, які встановлюють певний факт, а часто й причину появи цього факту; моніторингові системи, що здійснюють стеження за певними параметрами чи ситуаціями, а також керуючі системи. Але поки що ІЕС розглядаються як єдиний клас інтелектуальних систем.

Інтелектуальні системи автоматизації проектування (САПР) з'явилися ще бурхливого розвитку інтелектуальних систем. На першому етапі їх основними завданнями були розрахунки, необхідні проектувальнику та звільнення його від стомлюючої та загрожуючі багатьма помилками роботи з підготовки документації на вироби, що проектуються. Такі САПР працювали на ЕОМ, які мали зручний інтерфейс персональних комп'ютерів. Інтелектуалізація САПР йшла за двома основними напрямками: розвивався природно-мовний інтерфейс, підтримуваний розвиненими засобами графічного відображення. За другим напрямком в САПР включалися блоки з багатим набором можливостей. Результатом розвитку

першого напрямку інтелектуалізації САПР стала поява у її структурі лінгвістичного процесора, бази відеознань та блоку прямого маніпулювання. Другий напрямок інтелектуалізації змусив включити до САПР вирішувач, блок оцінки альтернатив та блок компанування.

Особлива увага останнім часом у САПР приділяється системі візуальної підтримки проектування. Ця система містить не тільки розвинені засоби машинної графіки, в якій наочно відображаються процеси компанування та розбирання, висвічуються окремі деталі або проектні документи, а й засоби, що дозволяють проектувальнику безпосередньо на екрані проводити певні маніпуляції. За допомогою екранної «руки» («маніпулятора»), керованої за допомогою мишки або клавіатури, проектувальник може безпосередньо на екрані будувати різні варіанти технічних рішень, візуально оцінювати їх, збирати і розбирати, вибирати масштаби і т.п. Такі системи прямого маніпулювання створюють ілюзію для проектувальника реального процесу проектування або конструювання.

Інтелектуальні системи автоматизації наукових досліджень (САНД).

Системи автоматизації наукових досліджень на відміну від САПР розвиваються повільнішими темпами. Першими такими системами були системи, призначені для обробки експериментальних результа-

тів, одержуваних (при дослідженні) у швидко протікають процесів. Здебільшого це були процеси, якими цікавилися фізики. Після цього з'явилися САНД для дослідників-хіміків. А потім САНД стали впроваджуватися і в інші експериментальні дослідження (біологія, геологія, метеорологія та багато інших природничо-наукових дисциплін) З кінця 80-х років САНД з'явилися в гуманітарних науках (насамперед в археології, а потім в історії, філології тощо). п.). В САНД зараз активно використовується нова технологія роботи з тривимірними зоровими сценаріями, названа технологією віртуальної реальності (віртуальних світів). Для створення відчуття віртуальної реальності як реальності істинної використовуються спеціальні технічні засоби: відеошолом і «рукавички даних». Відеошолом, що одягається на голову, містить вбудовані всередину шолома дисплей і технічні системи, що відстежують напрям погляду користувача. Залежно від повороту голови та руху очей змінюється те, що бачить користувач. У більш складних (поки що чисто експериментальних) випадках імітується переміщення людини у тривимірній сцені. І тому використовуються системи стереоскопічного зору, спеціальні системи зміни масштабів об'єктів сцени, системи зміни освітленості тощо.

В галузі природокористування, забезпечення екологічної безпеки засоби технології віртуальної реальності мають велике майбутнє. На думку багатьох дослідників, віртуальні реальності в ІНС, САПР та САНД дадуть грандіозний стрибок у підвищенні ефективності використання подібних систем.

Висновки. У праці подана характеристика інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних управлінських рішень та запропоновано розв'язання наукового завдання, спрямованого на типологію інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських екологічних рішень.

Розглянуто формалізацію метапроцедур в інтелектуальній системі екологічного управління: про-

цедура цілеспрямованого пошуку на основі відмінності-подібності, процедура обґрунтованого вибору із множини альтернатив», процедура аргументації, процедура логічного висновку, процедура каузальних залежностей, процедура навчання класифікації на прикладах.

Формалізовані дев'ять типів інтелектуальних систем в управлінні екологічною безпекою довкілля та природних ресурсів за допомогою автоматизованих систем управління природоохоронної діяльності: інтелектуальні інформаційні системи; інтелектуальні бази даних; системи поповнення та формування баз знань; системи текстової обробки; інтелектуальні системи підтримки прийняття рішення; інтелектуальні навчальні системи; інтелектуальні експертні системи; інтелектуальні системи автоматизованої підтримки прийняття рішень; інтелектуальні системи автоматизації наукових досліджень.

Існуючі методи контролю параметрів довкілля не дозволяють повною мірою окреслити особливості антропогенного впливу. Використання космічних знімків, а також їх комплексна обробка дає можливість здійснити та повніше відобразити характер впливу шкідливих процесів на природне довкілля. Окрім того, завдяки існуючим сучасним спеціальним програмним комплексам можна визначити не тільки характерні особливості шкідливих речовин, але й рівні їх концентрації та різні зони впливу.

Аналіз існуючого науково-методичного апарату створення систем підтримки прийняття управлінських екологічних рішень показав недосконалість його можливості використання для здійснення ефективного управління екологічною безпекою в реальному часі. Підвищення ефективності системи управління екологічною безпекою пропонується здійснювати шляхом використання штучного інтелекту з застосуванням аерокосмічних систем екологічного моніторингу.

Література

1. Nils J. Nilsson. The Quest for Artificial Intelligence. – 1. – Cambridge University Press, 2009. – 578 с. – ISBN 978-0521116398.
2. Stuart J. Russell, Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 3. – Pearson, 2015. – ISBN 978-9332543515.
3. Бондар О.І., Машков О.А., Присяжний В.І., Оводенко Т.С., Печений В.Л. Парадигма обробки інформації в інтелектуальній інформаційній системі для підтримки прийняття рішень в галузі екологічної безпеки. Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, -Випуск 4(49), 2023, с.144-152.
4. Дурняк Б., Бабічев С., Ясінська-Дамрі Л. Застосування згорткових нейронних мереж у системах класифікації великих даних. Комп'ютерні технології друкарства. 2022. № 1 (47). С. 8–20.
5. Засоби штучного інтелекту. / Р. А. Ткаченко, Н. А. Кустра, О. М. Павлюк, В. В. Поліщук; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 204 с. : – ISBN 978-617-607-692-6.
6. Концепція створення інтелектуальної інформаційної системи для підтримки прийняття рішень у галузі екологічної безпеки. Бондар О.І., Машков О.А., Присяжний В.І., Оводенко Т.С., Печений В.Л. Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, -Випуск 3(48), 2023, с.7-16.
7. Макс Тегмарк. Життя 3.0: время искусственного интеллекта. – Киев: Наш формат, 2019. – 432 с. – ISBN 978-617-7682-99-7.
8. Огірко І.В., Ясінський М.Ф., Ясінська-Дамрі Л.М. Жорсткі і м'які математичні моделі та їх застосування. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2015. № 1 (15). С. 102–117.
9. Системи штучного інтелекту: навчальний посібник. / Н. Б. Шаховська, Р. М. Камінський, О. Б. Вовк. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 392 с. – ISBN 966-941-197-6.
10. Степашко В. С. Елементи теорії індуктивного моделювання. Стан та перспективи розвитку інформатики в Україні: монографія. Київ: Наукова думка, 2010. С. 4.