

УДК 504.1

**В.В. Ткаченко<sup>1</sup>,****А.С. Парталян<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Науково-дослідний центр ЗС України Державний океанаріум, м. Одеса, Україна*<sup>2</sup>*Управління екологічної безпеки та протимінної діяльності МО України, м. Київ, Україна*

## **ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ГАЛУЗІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

*Проаналізовано основні проблеми підтримки прийняття управлінських рішень в системі забезпечення екологічної безпеки. Поставлено завдання розробки математичного забезпечення для обробки інформації щодо прийняття рішень. Розглянуто особливості забезпечення екологічної безпеки. Наведено основні етапи структуризації екологічного ризику. Запропоновано аналітичний інструментарій на основі поєднання теорії нечітких множин та алгебри скінченних предикатів і показано його переваги для забезпечення інформаційної підтримки та комплексної оцінки екологічної безпеки.*

**Ключові слова:** *екологічна безпека, інформаційна підтримка, математичне моделювання, алгебра скінченних предикатів.*

### **Постановка проблеми**

Прогрес науки та техніки, впровадження глобальних мереж вже сьогодні створюють нові колосальні можливості для сфери управлінської діяльності, істотно змінюють діяльність керівників різного рівня. Разом з тим, поряд із досягненнями в цій галузі, з'являються також і проблеми. Сучасне високотехнологічне інформаційне суспільство потребує перебудови процесів управління, прийняття рішень, правового забезпечення тощо. Зростаючі інформаційні потоки стають сьогодні важливою складовою діяльності керівників. З іншого боку, необхідність обробки великих обсягів інформації може привести до втрати частини інформації і, як наслідок, втрати керованості через несвоєчасно прийняті та (або) нераціональні рішення. Це вказує на необхідність модернізації на новому рівні інформаційних моделей систем управління в галузі забезпечення екологічної безпеки. Але не завжди стандартні інформаційні продукти можуть вирішувати поставлені завдання.

Підготовка комплексних рішень для узгодження суперечливих умов економічного розвитку і безпечного функціонування промислових об'єктів являє собою необхідну передумову національної безпеки кожної країни. Значне місце в проблемі забезпечення промислової та екологічної безпеки займає оцінка останньої. Для цього використовуються кількісні показники, які надають можливість проводити ґрунтовний аналіз і приймати рішення щодо техногенної безпеки потенційно-небезпечного об'єкта. В даний час існує велика кількість різних підходів до проблеми оцінки техногенного ризику в контексті сталого розвитку суспільства. Але в той же час немає єдиної міри сталого розвитку суспільства.

Проблеми природно-техногенної безпеки обумовлені дестабілізаційними процесами в системі «соціум-техносфера-природне середовище», ігноруванням вимог концепції сталого розвитку, виходом відповідних показників за нормативні рівні. Прогнозування і попередження катастроф в природній та техногенній сферах базується на результатах моніторингу стану об'єктів і джерел катастроф, моделювання катастрофічних природних процесів і техногенних аварій. Пріоритетною постановкою є перехід від рішення окремих екологічних і технологічних проблем до комплексного забезпечення природно-техногенної безпеки окремих територіально-промислових утворень і регіонів.

Зазначені фактори стали визначальними складовими системи підтримки прийняття управлінських рішень для комплексних досліджень математичних методів і обчислювальних технологій прогнозування ризику та моделювання надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру та аварійних ситуацій технічних систем.

### Аналіз останніх досягнень і публікацій

Основою більшості інформаційних систем є облік статистичних даних. Попередній аналіз даних передбачає оцінку показників центру розподілу, варіації, форми розподілу. До статистичних методів обробки інформації належать такі види аналізу, як: дисперсійний, факторний, кластерний, регресійний, кореляційний. Для виявлення прихованих знань, що зберігаються у масивах інформації, застосовуються методи Data Mining [1, 2]. До методів Data Mining належать: базові методи, які засновані на переборі; нечітка логіка; генетичні алгоритми; нейронні мережі. Таким чином, математичне забезпечення систем підтримки прийняття рішень представлено достатньо розгорнутим колом методів і підходів щодо збору, обробки та зберігання даних.

До особливого класу завдань управління екологічною безпекою необхідно віднести постановки завдань, які пов'язані з використанням теорії нечітких множин. Це обґрунтовано тим, що параметри і змінні не є певними величинами і не можуть бути описані законами розподілу, побудованими на достатньому статистичному матеріалі. Тому виникає необхідність аналізу моделей і алгоритмів в системах підтримки прийняття рішень при нечіткій вихідній інформації, які можуть бути використані в завданнях управління екологічною безпекою, зокрема оцінки ризику.

Нині в екологічній безпеці важливим науковим завданням є розвиток аналітичних підходів у дослідженнях безпеки і ризику, а також удосконалення методів оцінки і нормування ризиків. Основою методології оцінки ризику є ідентифікація і визначення рівня безпеки [3]. Як відомо абсолютну безпеку техногенної діяльності гарантувати в принципі неможливо і тому виникає необхідність оцінювати міру цієї безпеки, тобто оцінювати ризик небезпечних наслідків техногенної діяльності. Теорія аналізу ризику створена такими відомими вченими як В. Маршал, Е. Хенлі, Х. Кумамото. Вони ж запропонували методологію оцінки безпеки і ризику, яка і сьогодні широко застосовується у світовій практиці. Однак багатьма авторами визначається, що, незважаючи на велику кількість наукових праць у цьому напрямку, питання, пов'язані з вивченням особливостей і закономірностей небезпечних процесів у навколишньому природному середовищі і розробкою моделей небезпек і ризику, маловивчені [4, 5, 6].

Дослідження ризиків природного та техногенного характеру, їх взаємозв'язок із системою попередження та реагування на НС в Україні представлені в роботах вітчизняних науковців. В цих роботах, зокрема, розроблений математичний апарат для оцінки ризиків надзвичайних ситуацій для окремих регіонів і територій країни, що є інформаційною основою для обґрунтування рішень щодо розвитку мережі аварійно-рятувальних служб, визначення параметрів їх комплектування особовим складом (за спеціалізаціями) [7]. Відповідно до концепції прийнятного рівня ризику, що прийшов на зміну концепції абсолютної безпеки, передбачаються заходи щодо локалізації аварії та ліквідації її наслідків. З цією метою заздалегідь створюються системи підтримки прийняття рішень в аварійних ситуаціях, що дозволяють особі, що приймає рішення, за допомогою реалізації оптимальних і найбільш ефективних заходів, за попередньо розрахованими сценаріями звести до мінімуму наслідки від аварії. Це призводить до завдання розробки аналітичного інструментарію для дослідження можливих сценаріїв розвитку аварійних ситуацій.

### Постановка завдання та його розв'язання

Дуже важливо своєчасно отримувати і обробляти інформацію про техногенні характеристики технологічних процесів на потенційно-небезпечних об'єктах. Така інформація дозволить або внести необхідні поправки в виробничий процес або прийняти певні заходи щодо протидії можливій надзвичайній ситуації та оптимальним чином нормалізувати екологічну обстановку. У загальному випадку може бути складена матриця, яка об'єднує інформацію про параметри технологічних процесів, що визначають як якість продукції, що випускається, так і ступінь техногенного впливу підприємства. В цьому випадку матриця, що характеризує техногенні процеси підприємства, буде частиною загальної інформаційної матриці параметрів в їх виробничих процесах, включаючи

техногенні цикли. Інтегральні оцінки відхилень від заданих технологічних і техногенних нормативів в цьому випадку будуть враховувати як шкідливий техногенний вплив, так і економічні збитки, для діяльності підприємства значно підвищуючи якість і надійність складних систем.

Запропонована інформаційно-прогностична система, що містить базу даних кліматичних часових рядів різної періодичності, компоненти статистичного аналізу даних, методи прогнозування. Тим часом, в наведених системах не розглядаються техногенні події, поєднання техногенних і природних подій, мінливість рідкісних явищ випадкової природи з урахуванням їх розсіювання в умовах ризиків.

Це дасть змогу розробити програмний комплекс для вирішення завдань математичного програмування по оптимізації ризиків в умовах прояву рідкісних природних явищ, наслідків техногенних впливів і поєднань природних і техногенних подій. Програмний комплекс включає базу даних, що наповнюється відомостями про техногенні та природні події, метеорологічні та гідрологічні дані та виробничо-економічні показники. В якості вхідних даних програмного комплексу використані природні, техногенні і виробничо-економічні параметри. Результатом моделювання є: просторово-часова оцінка рідкісних природних подій і техногенних наслідків; оцінка серій подій.

Нижче розглянемо математичний апарат, запропонований для обробки даних з метою реалізації функцій управління в системах екологічної безпеки.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів**

У проблемах багатокритеріального прийняття рішень, класифікації, обробки різномірної інформації, інших предметних областях, зокрема при вирішенні завдань оцінки ризику техногенних аварій, виникає необхідність згрупувати або впорядкувати об'єкти, ґрунтуючись на їх властивостях, які виражені ознаками (атрибутами) цих об'єктів. Головною особливістю завдань, що стоять перед системою підтримки прийняття рішень, є той факт, що досліджувані об'єкти характеризуються багатьма різномірними ознаками, які можуть бути як кількісними, так і якісними, і, крім того, одні й ті ж об'єкти можуть існувати в декількох екземплярах, але відрізнятися значеннями ознак. У таких випадках згортка таких ознак або неможлива, або математично некоректна, що не дає можливості вирішення завдання класифікації класичними методами. Наявність невизначеності внаслідок методів збору даних також ускладнює проблему.

Вибір тієї чи іншої моделі для подання розглянутих об'єктів і дослідження структури їх зв'язків визначається властивостями цих об'єктів, які виражаються ознаками. Ознаки, що характеризують властивості об'єктів, можуть бути безперервними і дискретними, кількісними і якісними, або змішаними. Зазвичай сукупність об'єктів представляється множиною точок в деякому багатовимірному (як правило, метричному) просторі, осі якого співвідносяться з відповідними ознаками. У прикладних завданнях у якості такого простору досить часто вибирається простір типу евклідового. Завдання відстані між об'єктами дозволяє оцінювати близькість або віддаленість цих об'єктів відносно один одного незалежно від їх природи, досліджувати структурні особливості сукупності об'єктів і всього простору в цілому.

Властивість подібності і розрізнення об'єктів, що відносяться до одного і того ж класу, широко використовується при побудові різних методів класифікації. Так, в методах класифікації об'єктів, заснованих на теорії нечітких множин, допускається неоднозначність класифікації об'єктів, пов'язана з різним ступенем приналежності об'єкта до класу, тобто об'єкти, які без сумніву і можливо належать до деякого класу, вважаються різними. Процедура класифікації об'єктів в рамках формальної логіки може бути описана як сукупність (послідовність) вирішальних правил, які представляються виразами у вигляді:

ЯКЩО <умови>, ТО <рішення>.

При прямій класифікації терміну <умови> включає назви об'єктів або перелік значень ознак, що описують об'єкти класу, що часто вважається еквівалентним. При непрямій класифікації один або кілька термінів <умови> конструюються як відношення між різними ознаками або їх значеннями. Термін <рішення> в обох випадках означає, що об'єкт належить до певного класу еквівалентності.

При досить невеликій кількості об'єктів, що класифікуються і ознак, що їх описують, сімейство вирішальних правил легко піддається огляду та доступно для аналізу. Чим більша кількість розглянутих об'єктів і різноманітніші вирішальні правила їх класифікації, тим важче стає аналіз цих правил. Неузгодженість індивідуальних вирішальних правил може бути викликана неоднозначністю розуміння експертами розв'язуваного завдання, помилками або неточностями, допущеними при первісній класифікації об'єктів, суб'єктивною відмінністю вирішальних правил, використовуваних різними експертами, специфічністю знань самих експертів, нетранзитивністю окремих експертних суджень і багатьма іншими причинами. В результаті може з'явитися сімейство вирішальних правил, серед яких будуть однакові, подібні або суперечливі правила.

В цьому випадку виникає проблема: побудувати таке узагальнене вирішальне правило або невелику групу правил, які найкращим (в певному сенсі) чином апроксимують сукупність всіх індивідуальних правил сортування об'єктів, включають мінімальний набір ознак і відносять об'єкти в задані класи з допустимою точністю. Проблеми класифікації та впорядкування об'єктів, які описуються багатьма кількісними та якісними ознаками, причому кожен з об'єктів може існувати в декількох різних, але рівноправних примірниках, є досить важкими. Головні з перерахованих труднощів виявилось можливим подолати завдяки використанню нового теоретичного інструментарію, заснованого на алгебрі скінченних предикатів. Застосування алгебри скінченних предикатів дозволяє розробляти нові методи рішення нових класів задач, які не містять необґрунтованих перетворень вихідної інформації і не призводять до втрати або перекручування даних.

Результатом формального опису будь-якого об'єкта мовою алгебри предикатів завжди є деякий предикат  $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ . Він має виражати деяке цілком визначене відношення  $P$ , яке являє собою множину всіх наборів предметів  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , що задовольняють рівнянню  $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1$ . Саме це відношення виражає структуру об'єкта, який описується. Якщо для опису деякого предметного простору  $S$  мають одночасно виконуватися декілька відношень, то це приводить до кон'юнкції відповідних предикатів.

Тепер ми можемо дати формальне визначення логічної мережі. Логічною мережею називається графічне представлення результату бінарної кон'юнктивної декомпозиції багатомісного предиката [8]. У теорії інтелекту саме предикати є універсальним засобом формального опису структури будь-яких об'єктів. Розум створює моделі об'єктів, які ним сприймаються, й отримує з них корисні відомості, завдяки яким його носій – людина може жити й ефективно діяти в навколишньому світі. Саме предикати і є такими моделями. Надзвичайно важливим є те, що саме при прийнятому формальному визначенні логічна мережа, а не щось інше, виявилася простим і природним універсальним засобом графічного представлення структури будь-якого об'єкта. Це вагомий аргумент на користь того, щоб ототожнити формальне визначення логічної мережі з її змістовним визначенням.

Знання, на основі яких експерт приймає рішення, можна формалізувати за допомогою методів теорії інтелекту, зокрема методу компараторної ідентифікації [8]. Компаратор реалізує предикат  $K(y_1, y_2, \dots, y_m) = t$ , що відповідає відношенню  $K$ , в якому знаходяться вхідні сигнали  $y_1, y_2, \dots, y_m$ . При цьому  $t$  – це двійкова реакція компаратора,  $t \in \Sigma$ ,  $\Sigma = \{1, 0\}$ . До вхідів компаратора підключені своїми виходами ідентифіковані інформаційні процеси  $r_1, r_2, \dots, r_m$ . Інформаційні процеси представляють механізми сприйняття вхідних фізичних сигналів  $x_1, x_2, \dots, x_m$ . Компаратор разом із підключеними до нього інформаційними процесами називається ідентифікованим Об'єктом. Предикат об'єкта  $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = t$  виражається у вигляді

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m) = K(r_1(x_1), r_2(x_2), \dots, r_m(x_m)).$$

Сигнали  $y_1 = r_1(x_1)$ ,  $y_2 = r_2(x_2)$ , ...,  $y_m = r_m(x_m)$  є внутрішніми станами об'єкта, недоступними для спостереження.

В роботі [8] показано, що мовою алгебри предикатів будь-яку підмножину  $A$  універсуму  $U$  можна описати рівнянням:

$$\mu_A^{p_1}(x)x^{a_1} \vee \mu_A^{p_2}(x)x^{a_2} \vee \dots \vee \mu_A^{p_m}(x)x^{a_m} = 1,$$

де  $p_1, p_2, \dots, p_m$  – значення функції приналежності  $\mu_A(x)$ . Якщо  $p_i = 1$ , то  $a_i \in A$ . Якщо  $p_i = 0$ , то  $a_i \notin A$ .

Якщо тепер припустити, що функція приналежності  $\mu_A(x)$  приймає значення з інтервалу  $[0, 1]$ , то логічну функцію імплікації у вигляді рівняння  $P(x, y, z) = x^0 y^0 z^1 \vee x^0 y^1 z^1 \vee x^1 y^1 z^1$  можна використовувати для опису мовою алгебри предикатів будь-якої нечіткої підмножини  $\tilde{A}$  універсуму  $U$ . На основі отриманих рівнянь алгебри предикатів можливо побудувати моделі ідентифікації як чітких, так і нечітких множин.

Таким чином, для опису задач управління екологічною безпекою можна використовувати методи формульного опису на мові алгебри предикатів. Використовуючи алгебропредикатні рівняння, що описують нечіткі відношення, стає можливим побудова нечіткої бази знань для реалізації нечітких виводів. Нечіткі виводи здійснюються з використанням нечітких відповідностей  $R$ , які задаються наступною формулою:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{ \mu_R(x_i, y_j) | (x_i, y_j) \},$$

Для правила якщо  $A$ , то  $B$ , що використовує нечіткі множини  $A$  ( $A \subset X$ ) і  $B$  ( $B \subset Y$ ) нечітку відповідність  $R$  можна побудувати на основі наступної формули:

$$R = A \times B = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{ \mu_A(x_i) \& \mu_B(y_j) | (x_i, y_j) \},$$

при цьому

$$\mu_R(x, y) = \mu_A(x) \& \mu_B(y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)),$$

де  $\mu_A(x)$ ,  $\mu_B(y)$  – функції приналежності елементів  $x$ ,  $y$  множинам  $A$  і  $B$  відповідно.

Таким чином, використовуючи алгебропредикатні рівняння, що описують нечіткі відношення, можна побудувати нечітку базу знань для реалізації нечітких виводів.

З метою отримання оцінок варіантів управлінських рішень пропонується описувати наближені множини і таблиці прийняття рішень у вигляді алгебропредикатних рівнянь. Для цього необхідно виконати перетворення таблиці прийняття рішень із атрибутами, що приймають значення з небінарних доменів у таблицю з атрибутами, що приймають значення з бінарних доменів.

Математична модель є системою алгебропредикатних рівнянь. Для вирішення цієї задачі необхідно зробити наступні кроки:

- нечіткі підмножини лінгвістичних змінних представити у вигляді системи рівнянь алгебри предикатів;
- формалізувати продукційні правила бази знань нечіткої логічної системи у вигляді імплікативних рівнянь;
- на основі цих рівнянь побудувати продукційні правила.

Таким чином, побудова формальних моделей прийняття рішень в системі управління екологічною безпекою, а також реалізація функцій інформаційної системи доцільна на основі методології застосування алгебри скінченних предикатів.

Логічні мережі являють собою універсальний, простий і природний засіб наочного подання структури будь-яких об'єктів, тому що будь-який алгебрологічний опис об'єкта графічно відображається у вигляді логічної мережі, а також у силу того, що мова алгебри предикатів універсальна, на ній можна формально описати структуру довільного об'єкта.

### Висновки з дослідження та перспективи подальших досліджень у цьому напрямку

У світовій практиці концепція ризику включає в себе два елементи – оцінку ризику (Risk Assessment) і управління ризиком (Risk Management) [3]. Оцінка ризику є науковим аналізом генезису і масштабу ризику в конкретній ситуації, тоді як управління ризиком – це аналіз ризикової ситуації і розробка рішення, спрямованого на мінімізацію ризику.

Структуризація екологічного ризику дозволяє вигляділити основні етапи процедури комплексного оцінювання екологічного ризику забруднення атмосферного повітря [3, 4]. Ідентифікація небезпеки – перший етап оцінювання екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації – виявлення небезпеки, встановлення джерел і чинників ризику (хімічного та радіаційного), а також зон поширення ризику. Оцінка експозиції – другий етап оцінювання екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації, який полягає в оцінюванні реального впливу факторів екологічного ризику. Оцінка залежності доза-ефект – третій елемент оцінювання екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації, пов'язаний з аналізом впливу хімічних і радіоактивних факторів екологічного ризику.

В даний час не існує методу оцінювання впливу шкідливих факторів навколишнього середовища для здоров'я людини, оскільки всі відомі оцінки за своїм змістом є апроксимаційними, однак ступінь апроксимації різний. Цей факт у вирішальній мірі визначає основні властивості оптимальної кількісної оцінки взаємодії організму людини з забруднюючими речовинами. Обґрунтування нормативного вмісту забруднюючих речовин у навколишньому середовищі вимагає обов'язкової оцінки загальної реакції організму людини на його вплив. При вивченні залежності доза-ефект головним чином визначається залежність доза-кількісна оцінка ефекту. На підставі знань про цю залежність формується уявлення про закономірності динаміки реакції організму людини на вплив забруднюючої речовини. Необхідно враховувати, що оцінка впливу хімічних факторів проводиться через реакції живого організму, які залежать як від його стану, так і від стану навколишнього середовища, тобто детерміновані в середньому.

Характеристика ризику – четвертий, заключний етап включає повну характеристику екологічного ризику при нормальному режимі експлуатації з використанням якісних і кількісних параметрів. Заключний етап моделі оцінювання екологічного ризику одночасно є першою ланкою процедури управління ним. Основна мета управління екологічним ризиком при нормальному режимі експлуатації полягає у виявленні шляхів зниження ризику при заданих обмеженнях на ресурси і час.

Комплексне оцінювання екологічного ризику є однією з основ прийняття рішення щодо запобігання несприятливого впливу факторів на здоров'я населення, тобто є необхідною, але недостатньою умовою для прийняття рішень. Інші необхідні для цього умови – аналіз неризикових факторів, зіставлення їх з характеристиками ризику і встановлення між ними відповідних пропорцій контролю – входять в процедуру управління ризиком.

Зіставлення медико-екологічних (або соціально-екологічних) і техніко-економічних чинників дає основу для прийняття регулюючого рішення для досягнення рівнів прийнятності екологічного ризику і розподілу сил та засобів, спрямованих на відповідні природоохоронні заходи. В той же час вибір та побудова адекватної математичної моделі інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки, є складною проблемою, вимоги, що пред'являються до такої моделі, залежать в кожному конкретному випадку від характеру конкретного завдання.

Як показав аналіз сучасних зарубіжних джерел [1–5], проблема прийняття управлінських рішень в галузі екологічної безпеки особливо актуальна. Цьому питанню присвячено чимало важливих наукових розробок, однак, на відміну від існуючих підходів, у даній роботі зроблена спроба формалізувати моделі прийняття рішень в системі управління екологічною безпекою, що дає можливість у подальшому розробити чіткий алгоритм дій як для запобігання, так і під час ліквідації наслідків екологічних аварій.

### Список використаних джерел

1. Shikha Agrawal, Jitendra Agrawal, *Survey on Anomaly Detection using Data Mining Techniques // Procedia Computer Science* 60 – 2015 – P. 708–713.
2. Mohammad Hasan Aghdaie, Sarfaraz Hashemkhani Zolfani, Edmundas Kazimieras Zavadskas, *Synergies of data mining and multiple attribute decision making // Procedia - Social and Behavioral Sciences* 110 – 2014 – P. 767–776.
3. K. Jahangiri, MR. Eivazi, A.S. Mofazali, *The role of Foresight in avoiding systematic failure of natural disaster risk management / International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 21, 2017, Pages 303-311*
4. Shunxiang H., Feng L., Qingcun Z., Fei H., jiang Z., Zifa W. *Modeling and Optimal Control of Atmospheric Pollution Hazard in Nuclear and Chemical Disasters // Procedia IUTAM. – Vol. 17. – 2015. – P. 79–90*
5. Lateb M, Meroney R., Yataghene M., Fellouah H., Saleh F., Boufadel M *On the use of numerical modelling for near-field pollutant dispersion in urban environments – A review // Environmental Pollution. – Vol. 208, Part A. – 2016. – P. 271–283*
6. Janmenjoy Nayak, Bighnaraj Naik and H.S. Behera, *A Comprehensive Survey on Support Vector Machine in Data Mining Tasks: Applications & Challenges // International Journal of Database Theory and Application Vol.8, No.1 – 2015 – P. 169–186*
7. Родин Г.А *Оценка химической безопасности технических объектов / Г.А. Родин, О.В. Михайленко, С.В. Ефремов, А.В. Морозов // Безопасность жизнедеятельности, 2016. – № 7. – С. 40–45*
8. Булкин, В.И. *Представление базовых сущностей парадигмы предельных обобщений с помощью алгебропредикатных структур / В.И. Булкин, Ю.А. Прокончук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2014. – Вып. 68. – С. 9–15.*

**Рецензент:** В.І. Коновець, к.т.н., с.н.с, Національний університет «Одеська морська академія»

### ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.В. Ткаченко, А.С. Парталян

*Проанализированы основные проблемы поддержки принятия управленческих решений в системе обеспечения экологической безопасности. Поставлена задача разработки математического обеспечения для обработки информации по принятию решений. Рассмотрены особенности обеспечения экологической безопасности. Приведены основные этапы структуризации экологического риска. Предложен аналитический инструментарий на основе сочетания теории нечётких множеств и алгебры конечных предикатов и показано его преимущества для обеспечения информационной поддержки и комплексной оценки экологической безопасности.*

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, информационная поддержка, математическое моделирование, алгебра конечных предикатов.

### INFORMATION SUPPORT OF MANAGEMENT DECISION MAKING IN THE ENVIRONMENTAL SAFETY FIELD

V. Tkachenko, A. Partalyan

*The main problems of information support of management decision making in the environmental safety field were analyzed. The goal of software development for processing decision-making information was set. The features of ecological safety were considered. The main steps of structuring ecological risk were presented. An analytical tools based on a combination of the theory of fuzzy sets and the algebra of finite predicate were given and its benefits to provide information support and integrated assessment of environmental safety were offered.*

**Keywords:** environmental security, information support, mathematical modeling, algebra of finite predicates.