УДК 004.02, 004.82

Отрох С.І., д.т.н.; **Завгородній В.В.,** к.т.н.; **Завгородня Г.А.**; **Грищенко О.О.**

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОДАННЯ ЗНАНЬ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

Otrokh S.I. Zavgorodnii V.V., Zavgorodnya A.A., Hryshchenko O.O. Analysis of the methods of presentation of knowledge in the recognition of emergency situations of anthropogenic nature

Analyzed of the features of the problem of recognition of emergencies of anthropogenic nature, which can be solved only on the basis of joint processing of operational data and settlement and planning information about the current situation and knowledge in this area. Considered methods of assessing the belonging of information signs to specific situations in the process of their recognition. Presented models of processing of quantitative and qualitative characteristics and classification of situations on the received information. The use of technology of expert systems and decision support systems in conjunction with traditional methods of solving partial tasks for the automation of the solution of the problem of recognition of man-made emergency situations substantiated. On the basis of these approaches, the automated merger of heterogeneous data coming from sources of information, the identification of emergencies of anthropogenic nature and their classification by degree of risk and intensity, as well as an assessment of the risk of an accident occurs at a higher level.

***Keywords**:* recognition, system of alphabets of classes, fuzzy sets, function of dependence, formal system

Отрох С.І., Завгородній В.В., Завгородня Г.А., Грищенко О.О. Аналіз методів подання знань при розпізнаванні надзвичайних ситуацій техногенного характеру

Проведено аналіз особливостей завдання розпізнавання надзвичайних ситуацій техногенного характеру, яке може бути вирішене тільки на основі спільної обробки оперативних даних і розрахунково-планової інформації про обстановку, що склалася і знань у даній області. Розглянуті методи оцінки приналежності інформаційних ознак до конкретних ситуацій у процесі їх розпізнавання. Наведені моделі обробки кількісних і якісних ознак та класифікації ситуацій за отриманою інформацією. Обгрунтовано використання технології експертних систем і систем підтримки прийняття рішень у сполученні із традиційними методами рішення часткових завдань для автоматизації рішення завдання розпізнавання надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Ключові слова: розпізнавання, система алфавітів класів, нечіткі множини, функція залежності, формальна система

Отрох С.И., Завгородний В.В., Завгородняя А.А., Грищенко Е.А. Анализ методов представления знаний при распознавании чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Проведен анализ особенностей задачи распознавания чрезвычайных ситуаций техногенного характера, которая может быть решена только на основе совместной обработки оперативных данных и расчетно-плановой информации об сложившейся обстановке и знаний в данной области. Рассмотрены методы оценки принадлежности информационных признаков к конкретным ситуациям в процессе их распознавания. Приведенные модели обработки количественных и качественных признаков и классификации ситуаций по полученной информации. Обосновано использование технологии экспертных систем и систем поддержки принятия решений в сочетании с традиционными методами решения частных задач для автоматизации решения задачи распознавания чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Ключевые слова: распознавания, система алфавитов классов, нечеткие множества, функция зависимости, формальная система

Вступ

Одним з основних шляхів підвищення оперативності управління силами відповідних підрозділів та технічними засобами, як відомо, є комплексна автоматизація всіх процесів збору, зберігання, обробки, передачі інформації. Із числа завдань, рішення яких через їхню трудомісткість доцільно покласти на засоби автоматизації, основне місце займають завдання розпізнавання ситуацій, що полягають, у формуванні узагальнених висновків про поточну або прогнозовану ситуацію шляхом аналізу часткових відомостей про обстановку, а також результатів рішення інших завдань розпізнавання [1].

© Отрох С.І., Завгородній В.В., Завгородня Г.А., Грищенко О.О., 2018

Підвищення оперативності обробки інформації в різних органах управління за рахунок автоматизації рішення завдань розпізнавання при розробці автоматизованих систем натрапляє на ряд труднощів, обумовлених специфічними особливостями завдань цього класу.

Головною з них є так називана відкритість [2] – неможливість складання вичерпного опису і постановки завдання. Відкритий характер завдань розпізнавання обумовлений їхньою високою складністю і збільшується відсутністю адекватних засобів їхньої формалізації. Він проявляється в значній мінливості постановок завдань розпізнавання протягом циклу розробки програмних засобів, призначених для їхнього рішення. Така мінливість істотно ускладнює розробку автоматизованих систем, а в деяких випадках робить її взагалі неможливою.

Для того щоб краще усвідомити предмет завдання розпізнавання ситуацій, звернемося до абстрактної постановки завдання прийняття рішень при розпізнаванні ситуацій.

У процесі розпізнавання ситуацій повинні вирішуватися наступні завдання:

- ототожнення (ідентифікація) повідомлень, що надходять від джерел інформації, з даними контролю і оцінка приналежності інформаційних ознак до конкретних ситуацій;
- знаходження узагальнених оцінок інформаційних ознак, а так само обробка кількісних і якісних ознак за отриманим даними;
- класифікація ситуацій за об'єднаною інформацією.

Аналіз літератури

Принципова відмінність нового етапу розвитку інформаційно-управляючих систем полягає у використанні методів штучного інтелекту [3-5] і технології експертних систем і систем підтримки прийняття рішень [6, 7].

Прогрес комп'ютерної технології разом з досягненнями в області моделювання розумової діяльності людини дали нові методологічні можливості в області автоматизації управління. З'явилася принципово нова можливість оперувати в ЕОМ не тільки з кількісними даними, але й знаннями, отриманими, зокрема, від експертів.

Основні методи розпізнавання ситуацій, об'єктів і явищ, питання системотехнічного характеру з даної проблеми, побудови оптимального простору ознак, оптимізації процесу розпізнавання і оцінки ефективності систем розпізнавання викладені в працях А.Л. Горелика.

У роботі [8] запропонована класифікація моделей розпізнавання. У якості основних виділені: статистичні, структурні, логічні моделі розпізнавання, засновані на методах обчислення оцінок. Розширенням логічних моделей розпізнавання став алгебраїчний підхід [9], запропонований Ю.І. Журавльовим, і розроблені на його основі алгоритми обчислення оцінок.

Для обробки якісної інформації з нестохастичною невизначеністю в роботах [3, 4] були розроблені способи об'єднання в єдину систему множини кінцевих розпізнавальних автоматів. Основна увага, приділяється при цьому методам об'єднання інформації розпізнавання окремих скінчених автоматів на рівні часткових рішень про класи об'єктів (процедури голосування). Обмеженість даних процедур тільки якісною інформацією також не дозволяє їх використовувати для рішення поставленого завдання.

У роботі [5] запропоновано розглядати процес розпізнавання об'єктів як погоджену фільтрацію ситуацій. При цьому пристрій, що вирішує абстрактне завдання розпізнавання, можна розглядати як нелінійний логіко-просторово-часовий фільтр, погоджений з деякою подією – розпізнаваною ситуацією.

У роботах [8] запропоноване використання методів теорії можливостей для розпізнавання образів, що дозволяє обробляти кількісні ознаки з нестохастичною невизначеністю на основі теорії нечітких множин.

У роботі [10] розроблена методика спільного використання інформаційних ознак із стохастичною і нестохастичною невизначеністю при розпізнаванні ОС. Для подання

експертних знань і опису класів ознаками була використана ієрархічна мережа сценарних фреймів. В основі методу рішення завдання розпізнавання покладені результати некласичного багатозначного логічного вирахування – логіки присутності [9], апарату теорії нечітких мір (міри Цукамото) і теорії можливостей. У роботі [7] розроблені методи формалізації різнорідних даних про апріорні і поточні значення кількісних і якісних ознак.

Аналіз особливостей завдання розпізнавання техногенних аварій показує, що воно може бути вирішене тільки на основі спільної обробки оперативних даних і розрахунково-планової інформації про ОС і знань у розглянутій області. Такі завдання вирішуються, як правило, в умовах неповноти, невизначеності і суперечливості вихідних даних і використовуваних знань та не підлягають суворій формалізації на основі традиційних математичних методів, при цьому з погляду постановки завдання воно є відкритим.

Таким чином, для рішення завдання розпізнавання ситуацій в умовах різнорідності, неповноти і суперечливості даних про ознаки існує ряд окремих методів. Жодна з існуючих систем розпізнавання не враховує всіх особливостей розв'язуваного завдання, що породжує необхідність проведення додаткових досліджень. Однак окремі методи і прийоми можуть бути використані для рішення часткових завдань. До них відносяться [11]:

- методи формалізації даних про поточні та апріорні значення кількісних і якісних ознак;
- методи подання знань про опис класів ознаками в диз'юнктивно-кон'юнктивній формі подібно логічним системам розпізнавання.

Мета статті – аналіз особливостей завдання розпізнавання надзвичайних ситуацій техногенного характеру та обґрунтування технології експертних систем і систем підтримки прийняття рішень в якості оптимального засобу автоматизації рішення таких завдань.

Основна частина

У складі повідомлень від джерел інформації присутня, як правило, кількісна і якісна інформація. Практично у всіх автоматизованих системах при ототожненні повідомлень використовуються, в основному, кількісні дані, тому що вони більше інформативні з погляду просторового розрізнення окремих обстановок, що склалися (ОС). Ознакова інформація використовується лише для грубого ототожнення ситуації, а також для заборони ототожнення повідомлень, що істотно відрізняються ознаками.

Завдання знаходження узагальнених оцінок якісних ознак і класифікацій ситуацій традиційно вирішується особою, що приймає рішення (ОПР) з обмеженим використанням засобів автоматизації. При цьому прийняття важливих інформаційних рішень практично завжди є прерогативою людини.

Таким чином, відомі методи і алгоритми об'єднання інформації в автоматизованих системах не повною мірою використовують ознакову інформацію для ототожнення повідомлень, а при її узагальненні і прийнятті рішень про типи ситуацій, які мають місце бути, використовують не всю сукупність ознак.

При вирішенні завдання розпізнавання фізичні невизначеності успішно враховувалися за допомогою методів теорії ймовірностей. Побудова організаційно-технічних систем, до яких відносяться й автоматизовані системи управління, привело до необхідності розширення множини методів розпізнавання такими системами, які дозволяли б обробляти інформацію, що надходить від людини природною мовою.

Інформація про деякі ознаки ОС може бути отримана за рахунок використання органів почуття, знання і досвіду людини, прямо або побічно, шляхом застосування експертних систем. Це змушує, незважаючи на властиві обмеження точності, розглядати людину і системи, що використовують знання, як спеціальні джерела інформації.

Об'єктивною реальністю є існування при рішенні завдання розпізнавання ситуацій неповноти інформації про значення ознак ОС. Це проявляється у вигляді відсутності значень

частини ознак на даний момент часу; у вигляді багатозначності значень ознак; у вигляді невідповідності значень ознак дійсності.

Система об'єднання повинна мати і використовувати знання, які можна умовно розділити на дві групи:

- знання про властивості ОС і джерела інформації, що дозволяють визначати ці властивості;
- знання про внутрішню структуру сформованої надзвичайної ситуацій і її внутрішні взаємозв'язки.

Цим знанням, одержуваним від експертів, також можуть бути властиві неоднозначність, неповнота і суперечливість.

Таким чином, розглянуте завдання розпізнавання ситуації не може бути формалізоване за допомогою звичайних математичних методів, що опираються тільки на апарат теорії ймовірностей і математичної статистики. Тому доцільно сполучати статистичні методи рішення з методами, що дозволяють представляти і обробляти дані і знання спільно.

Наявність великої кількості неформалізуємих факторів, що впливають на результати прийнятих рішень ОПР, робить завдання побудови точної математичної моделі системи і пошуку оптимальних рішень практично нездійсненним. Вибір конкретної моделі може використатися лише як засіб одержання деякої додаткової інформації про ОС. Людині зазвичай важко охопити всі кількісні характеристики ОС, тому необхідно застосовувати методи якісного аналізу, що дозволяють робити узагальнення кількісних характеристик обстановки, що полегшують людині аналіз ситуацій, що виникають у процесі роботи.

Статистичні моделі розпізнавання дозволяють обробляти тільки дані зі стохастичною невизначеністю. Системи розпізнавання, побудовані на основі подібних моделей, повинні використовувати дані від джерел інформації, що реалізують статистичні методи обробки сигналів. У роботі [12] запропонована ідея спільного рішення завдань розпізнавання з використанням різнорідної інформації. Для об'єднання даних від різнотипних джерел запропонована багаторівнева система алфавітів класів, формалізована у вигляді ієрархічного багаторівневого графа (рис. 1).

Мережну модель можна задати у вигляді кортежу:

$$S = \langle I, C_1, C_2, ..., C_n, \Gamma \rangle \quad (1)$$

де I – множина інформаційних одиниць;

$C_1, C_2, ..., C_n$ – множина типів зв'язків між інформаційними одиницями;

Γ – відображення між інформаційними одиницями I і зв'язками із заданого набору.

Розпізнавання із застосуванням методів теорії статистичних рішень дозволяють використати тільки ознаки з імовірнісною мірою невизначеності.

Структурні моделі розпізнавання були розвинені з необхідністю рішення завдань розпізнавання зображень, у тому числі і об'ємних. Специфіка області використання даних моделей не дозволяє їх застосувати для рішення розглянутого завдання.

У логічних системах розпізнавання [8] класи і ознаки розглядаються як логічні змінні, а всі відомості апріорного характеру про класи представляються у вигляді булевих співвідношень. Методи рішення завдання розпізнавання в логічних системах засновані на побудові скороченого базису – таблиці із комбінаціями значень істинності набору логічних елементів.

При цьому, алфавіт обчислення висловлювань містить:

- символи висловлювань X, Y, Z;
- символ унарної логічної операції ~;
- символи бінарних логічних операцій: /\ (кон'юнкція), \/ (диз'юнкція), $\rightarrow$ (імплікація), ≡ (тотожність);
- допоміжні символи (,) (дужки).

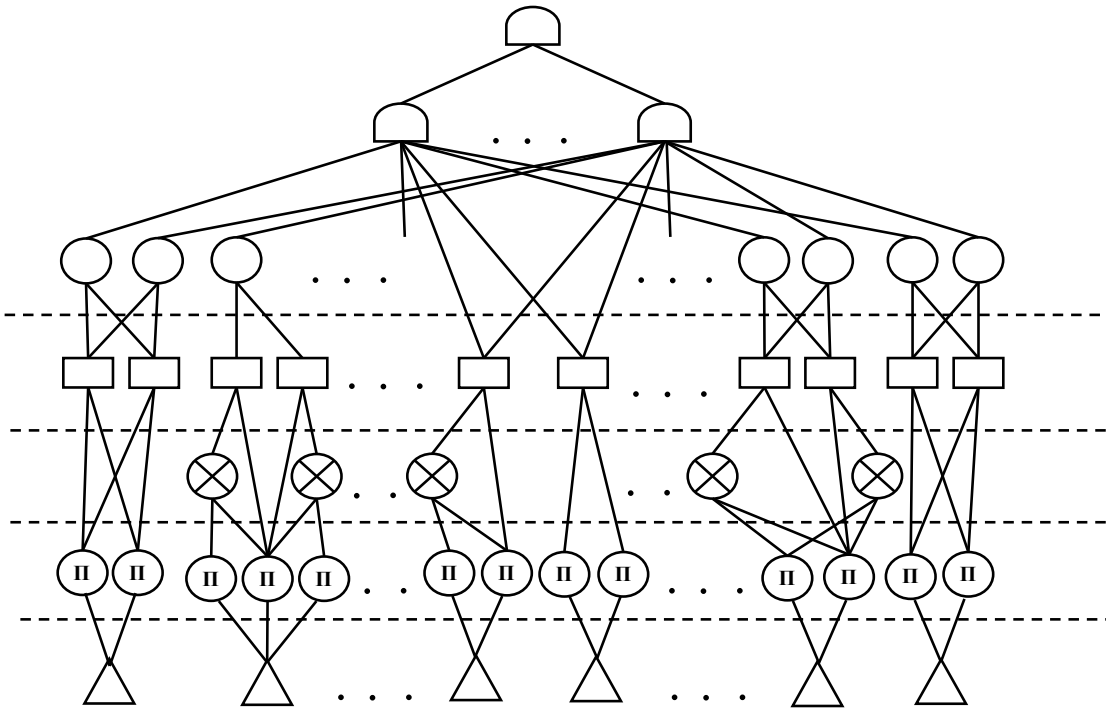


Рис. 1. Узагальнена структура мережі

Сукупність усіх перерахованих символів є множина знаків мови. Множина правильно побудованих формул F утвориться за правилами:

- усяке висловлення X, Y, Z є правильно побудована формула;
- якщо A, B – формули, то $\sim A$, $(A \to B)$, $(A \,/\backslash\, B)$, $(A \,\backslash/\, B)$, $(A \equiv B)$ також є правильно побудованими формулами;
- послідовність символів є формулою тоді й тільки тоді, коли вона побудована за правилами *а)* або *б)*.

Побудова формальної системи та формалізованих теорій на основі обчислення висловлювань. Алгебра, еквівалентом якої є обчислення висловлювань, є тільки основою для побудови формальної системи. Для отримання формальної системи потрібно визначити апарат приєднання висновків.

Мінімальна система аксіом для формальної системи:

A1. $X \to (Y \to Y)$;

A2. $(X \to (Y \to Z)) \to ((X \to Y) \to (X \to Z))$;

A3. $(\neg X \to \neg Y) \to (Y \to X)$.

Єдине правило виведення, справедливе для обчислення висловлювань, – правило відокремлення (латинською – *modus ponens*):

R1. $A, (A \to B) \mapsto B$.

Формальна система дозволяє організовувати виведення нових фактів у деякій предметній області без урахування особливості поведінки її певних об'єктів, тобто синтаксично, оперуючи тільки символами. Для врахування особливостей певних об’єктів потрібно доповнити аксіоми формальної системи власними (нелогічними) аксіомами формальної теорії та визначити зміст інтерпретації введених на об’єкти позначень.

Поняття інтерпретації для формалізованої теорії, побудованої на основі обчислення висловлювань, нескладне:

- символи формалізованої теорії відповідають висловлюванням про властивості

об'єктів певної предметної області;

- логічні операції призначені для поєднання окремих висловлювань.

Логічними операціями є:

- кон'юнкція – *І;*
- диз'юнкція – *АБО;*
- імплікація – *ЯКЩО ..., ТО ...;*
- заперечення – *НЕ;*
- тотожність – *... ТОДІ Й ТІЛЬКИ ТОДІ, КОЛИ ....*

Формальна система на основі обчислення висловлювань дозволяє побудувати теорії, які описують системи певних тверджень. Недоліком використання висловлювань є їхня статичність в описі предметної області – це функція від довільної кількості елементів, що приймає значення "істинно" або "хибно".

Розглянемо апарат обчислення предикатів.

Алфавіт A обчислення предикатів містить:

- символи висловлень x, y, z, u, v, w;
- символи предметних констант x, y, z, u, v, w;
- символи m-місних предметних функцій $f(x_1, x_2, ..., x_m)$;
- символи n-місних предикатів $P(x_1, x_2, ..., x_n)$;
- логічні зв'язки $\wedge, \vee, \equiv, \rightarrow, \neg$;
- квантори $\forall, \exists$ ("для всіх", "існують");
- допоміжні символи (,) (дужки).

Для визначення правильно побудованих формул вводиться поняття терм за правилами:

а) предметна змінна є терм;

б) предметна константа є терм;

в) предметна функція $f(t_1, t_2, ..., t_m)$, де $t_1, t_2, ..., t_m$ позначають терми, є терм;

г) вираз є термом у тому й тільки в тому випадку, якщо це випливає з правил *а), б), в)*.

Визначення правильно побудованої формули:

- $P(t_1, t_2, ..., t_n)$, де $t_1, t_2, ..., t_n$ – терми, а P – символ n-місного предиката, є елементарна формула;
- всяка елементарна формула є правильно побудована формула;
- якщо A і B – правильно побудовані формули, x – змінна, то $\neg A$, $A \wedge B$, $A \vee B$, $A \rightarrow B$, $A \equiv B$, $\forall x A(x)$, $\exists x A(x)$ є правильно побудовані формули;
- вирази є правильно побудованими формулами у тому й тільки в тому випадку, якщо це випливає з правил *а), б), в).*

Операція приєднання висновків в обчисленні предикатів визначається аксіомами:

А1. $A \rightarrow (B \rightarrow A)$;

А2. $(A \rightarrow (B \rightarrow C)) \rightarrow ((A \rightarrow B) \rightarrow (A \rightarrow C))$;

А3. $(\neg A \rightarrow \neg B) \rightarrow (B \rightarrow A)$;

А4. $\forall x A(x) \rightarrow A(x)$;

А5. $A(x) \rightarrow \exists x A(x)$

і правилами виведення:

- $A, (A \rightarrow B) \mapsto B$ – *modus ponens* (правило відокремлення);
- $\mapsto (C \rightarrow A) \rightarrow \mapsto (C \rightarrow \forall x A)$;
- $\mapsto (A \rightarrow C) \rightarrow \mapsto (\exists x A \rightarrow C)$.

Логічні моделі розпізнавання отримали подальше розширення у вигляді алгебраїчного підходу та розроблених на його основі алгоритмів обчислення оцінок. Метою алгебраїчного підходу до завдань розпізнавання є одержання алгоритму, що забезпечує виділення із представлених даних всієї корисної інформації і одержання рішення, що повністю відповідає її інформативності. Недоліком таких систем розпізнавання є необхідність роботи з багатомірними матрицями, покладеними в основу формалізованого опису класу. Для існуючих інтелектуальних систем, внаслідок значної обчислювальної складності, такий алгоритм побудувати неможливо [9].

Для формалізації нечітких знань, що характеризуються лінгвістичною невизначеністю, застосовується теорія нечітких чи розпливчастих множин. Основи теорії нечітких множин були закладені в 1965 р. американським математиком Л.А. Заде.

Нехай є множина X і її власна підмножина A, тобто $A \subset X$. Тоді підмножину A можна зобразити у вигляді сукупності впорядкованих пар:

$$A = \left\{\left(x, \mu_A(x)\right)\right\}, \forall x \in X,$$

де $\mu_A(x)$ – функція належності. Причому

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, \text{ при } x \in A, \\ 0, \text{ при } x \notin A. \end{cases}$$

У загальному випадку побудову функції належності здійснюють на основі експертних оцінок.

Нечіткі та лінгвістичні змінні дозволять формулювати нечіткі твердження, які є об'єктом досліджень нечіткої логіки. Важливо відзначити, що на відміну від формальної логіки, яка використовує таблиці істинності, нечітка логіка спирається на операції, що виконуються над нечіткими множинами. Тому розглянемо основні операції нечітких множин.

Будемо розглядати нечіткі підмножини A і B множини X.

Нечіткі множини A і B рівні (позначається $A = B$) якщо $\forall x \in X \;\; \mu_A(x) = \mu_B(x)$.

Множина B міститься в множині A, якщо $\forall x \in X \;\; \mu_B(x) \le \mu_A(x)$.

Множини A і B доповнюють одна одну, якщо $\forall x \in X \;\; \mu_B(x) = 1 - \mu_A(x)$ (рис. 2).

Множина з функцією належності $1 - \mu_A(x)$ є доповненням до множини A (позначається $\bar{A}$).

Перетин двох нечітких множин A і B (позначається $A \cap B$) – це нечітка множина (рис. 2), функція належності якої визначається виразом

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\left\{\mu_A(x), \mu_B(x)\right\}, \forall x \in X.$$

Об'єднанням нечітких множин A і B (позначається $A \cap B$) є нечітка множина (рис. 2) з функцією приналежності *max*

$$\mu_{A \cup B}(x) = \min\left\{\mu_A(x), \mu_B(x)\right\}, \forall x \in X.$$

Операції перетину і об'єднання нечітких множин асоціативні та дистрибутивні. У теорії нечітких множин часто використовують позначення

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \text{ та } \mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x).$$

Тут $\wedge$ та $\vee$ відповідають *min* і *max*.

Алгебраїчний добуток нечітких множин A і B (позначається AB) є нечітка множина, для якої

$$\mu_{AB}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x), \forall x \in X.$$

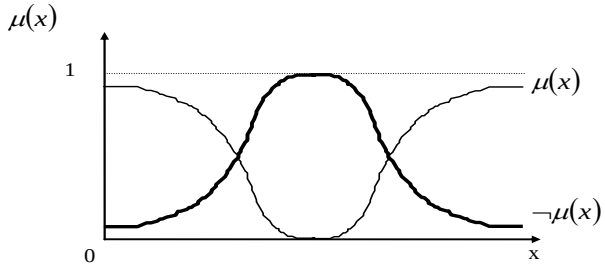
Алгебраїчна сума нечітких множин A і B (позначається $A \hat{+} B$) є нечітка множина з функцією належності

$$\mu_{A+B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x).$$

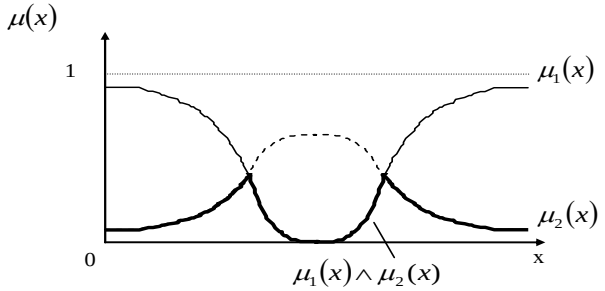
Диз'юнктивна сума нечітких множин A і B визначається через операції об'єднання та перетину

$$A\Delta B = \left(A \cap \bar{B}\right) \cup \left(\bar{A} \cap B\right) = \left(A \setminus B\right) \cup \left(B \setminus A\right),$$

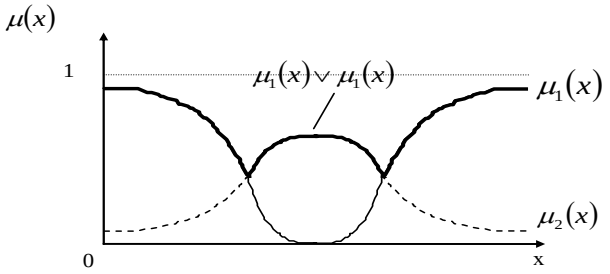
де вирази $A \setminus B = A \cap \bar{B}$ та $B \setminus A = B \cap \bar{A}$ є відповідною різницею множин A і B. У загальному випадку $A \setminus B \neq B \setminus A$.



Доповнення: $\neg\mu(x) = 1 - \mu(x)$



Перетинання: $\mu_1(x) \wedge \mu_2(x) = \min\{\mu_1(x), \mu_2(x)\}$



Об'єднання: $\mu_1(x) \vee \mu_2(x) = \max\{\mu_1(x), \mu_2(x)\}$

Рис. 2. Основні операції нечітких множин

Були розглянуті методи формалізації різнорідних даних про апріорні і поточні значення кількісних і якісних ознак. Якісні ознаки представлялися у вигляді проміжних алфавітів, об'єднаних у багаторівневу систему в загальному випадку незбіжних алфавітів класів.

Для кожної ознаки, яка використовується для розпізнавання об'єктів i-го класу в складі q-ї групи, експертами визначається закономірність прояву значень ознак у об'єктів певного класу у вигляді нечіткої множини N_k^{miq} такого вигляду:

$$N_k^{miq} = \left\{\left(X_k, \mu^{miq}\left(X_k\right)\right)\right\} \tag{2}$$

де $\mu^{miq}\left(X_k\right)$ – функція належності об'єктів до і-го класу за значеннями X_k^m у складі q-ї альтернативної групи ознак.

Одним з підходів подання знань про закономірність прояву значень кількісних ознак є використання гістограм. Таке подання, нескладне для розуміння експертів, дозволяє з

задовільним ступенем достовірності передавати основні закономірності предметної області і є простим в обробці.

Для побудови гістограми певної ознаки експерт повинен задати ширину інтервалу $R^{\text{k}}_{\text{інт}}$ або їх кількість $K^{\text{k}}_{\text{інт}}$. В останньому випадку ширина інтервалу обчислюється відповідно до виразу:

$$R^{\text{k}}_{\text{інт}} = \frac{X_{k_{\max}} X_{k_{\min}}}{K^{\text{k}}_{\text{інт}}} \tag{3}$$

Для кожного інтервалу діаграми експерт має визначити значення міри можливості віднесення об'єкта до певного класу. Функція належності за значеннями кількісних ознак набуває вигляду:

$$\mu^{\text{miq}}\left(X_{\text{k}}\right) = \begin{cases} \mu_1^{\text{miqk}} \left| X_{\text{k}} \epsilon \left[X_{\text{k}_{\min}}, X_{\text{k}_{\min}} + R^{\text{k}}_{\text{інт}} \right[; \right. \\ \mu_2^{\text{miqk}} \left| X_{\text{k}} \epsilon \left[X_{\text{k}_{\min}} + R^{\text{k}}_{\text{інт}}, X_{\text{k}_{\min}} + 2 * R^{\text{k}}_{\text{інт}} \right[; \right. \\ \ldots \\ \mu_{\text{K}^{\text{k}}_{\text{інт}}}^{\text{miqk}} \left| X_{\text{k}} \epsilon \left[X_{\text{k}_{\max}} R^{\text{k}}_{\text{інт}}, X_{\text{k}_{\max}} \right], \right. \end{cases} \tag{4}$$

де $\mu_{\text{s}}^{\text{miqk}}$ – значення функції належності об'єкта до i-го класу алфавіту m, якщо значення ознаки X_k у складі q-ї групи належить інтервалу S.

Для формалізації закономірності прояву якісних ознак у об'єктів певного класу експерт повинен визначити міру можливості віднесення об'єкта до певного класу для всіх можливих значень певної характеристики. Функція належності за значеннями якісних ознак набуває вигляду:

$$\mu^{\text{miq}}\left(X_k\right) = \begin{cases} \mu_1^{\text{miqk}} \left| X_{\text{k}}^{\text{m}} = z_1^{\text{mk}} ; \right. \\ \mu_2^{\text{miqk}} \left| X_{\text{k}}^{\text{m}} = z_2^{\text{mk}} ; \right. \\ \ldots \\ \mu_{Z_{\text{k}}}^{\text{miqk}} \left| X_{\text{k}} = z^{\text{k}}_{Z_{\text{k}}} , \right. \end{cases} \tag{5}$$

У роботі [10] запропоновані методи формалізації даних про значення різнорідних ознак. Запропонована система розпізнавання дозволяє ухвалювати рішення щодо класів ситуацій в умовах неповноти ознак, з урахуванням вірогідності даних, що надходять від джерел інформації з нестохастичною невизначеністю. Рішення про клас об'єкта в розглянутій системі розпізнавання приймався як результат нечіткого виводу на структурі багаторівневої системи алфавітів класів з використанням правила Демпстера-Шейфера [8].

Передбачалося також, що одним з таких незалежних свідчень буде результат розпізнавання ОС за кількісними ознаками. Для оцінки ступеня істинності розпізнаваного класу ситуацій за кількісними ознаками запропоноване використання нечіткої логіки. Визначення ступеня істинності класів здійснювалося з використанням мір можливості і необхідності тверджень, інтерпретацією яких є апріорний і поточний розподіли значень відповідної ознаки. Однак для адекватності опису класів ситуацій кращим виявляється спільне використання кількісних і якісних ознак.

Висновки

Аналіз особливостей завдання розпізнавання техногенних аварій показує, що воно може бути вирішене тільки на основі спільної обробки оперативних даних і розрахунково-планової інформації про ОС і знань у розглянутій області. Такі завдання вирішуються, як правило, в умовах неповноти, невизначеності і суперечливості вихідних даних і використовуваних

знань та не підлягають суворій формалізації на основі традиційних математичних методів, при цьому з погляду постановки завдання воно є відкритим. Завдання розпізнавання техногенних аварій відрізняється складністю рішення, більшою кількістю факторів, що впливають на нього, і багатоваріантністю можливих рішень.

Із проведеного аналізу можна побачити, що повна автоматизація рішення завдання розпізнавання надзвичайних ситуацій техногенного характеру можлива лише на основі використання нової інформаційної технології – технології експертних систем і систем підтримки прийняття рішень у сполученні із традиційними методами рішення часткових завдань. Такий підхід дозволяє використати:

- досвід і можливості ОПР в рішенні розглянутого класу завдань;
- знання висококваліфікованих експертів (фахівців) у розглянутій проблемній області;
- алгоритми рішення окремих завдань, засновані на традиційній технології і добре відпрацьовані на практиці.

На основі нових інформаційних технологій може бути на більш високому рівні автоматизоване рішення наступних завдань:

- об'єднання різнорідних даних, що надходять від джерел інформації;
- оцінка ризику аварії;
- виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру у зоні відповідальності;
- класифікація надзвичайних ситуацій техногенного характеру за ступенем ризику та інтенсивністю по відношенню до об'єктів у зоні відповідальності.

Список використаної літератури

1. Zadeh L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility // Fuzzy Sets and Systems. – 1978. – Vol.1, №1.

2. Захаров В.Н. Нечеткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления / В.Н. Захаров, С.В. Ульянов // Методология проектирования. Техническая кибернетика. – 1993. – № 5 – С. 197-220.

3. Mamdani E.H. Rull-based Fuzzy Approach to the Control of Dynamic Processes // IEEE Trans. on Comput. – 1981. – № 12. – P.432-440.

4. Scharf H. A self-organizing algorithm for the control of a robot arm / H. Scharf, N. Mandic, E.H. Mamdani // Int. J. Robotics and Automation. – 1986. – Vol.1, №1. – P. 33-41.

5. Takagi T. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15, № 1. – P. 116-132.

6. Дранишников Л.В. Анализ и оценка риска возникновения техногенных аварий с целью управления их безопасностью на основе информационных технологий / Л.В. Дранишников, В.В. Загородний// Науковий журнал «Нові технології» Кременчугський університет економіки інформаційних технологій та управління. – 2008. №4 (22). – С. 119-129.

7. Завгородний В.В. Применение семантических технологий в системах поддержки принятия решений / В.В. Завгородний, С.С. Щербак // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 3(74). – С. 66–69.

8. Алексеев А.В. Инструментальная экспертная система для задач проектирования и диагностики сложных технических систем / А.В. Алексеев, В.А. Попов, С.А. Фомин // Методы и системы принятия решений: Вопросы создания экспертных систем. – Рига: Риж. политехн. ин-т. – 1988. – С.4-10.

9. Sokolov A. Algebraic approach on fuzzy control. // Proc. 14th Triennial world Congress IFAC. – Beijing (China). – 1999. – P.219-224.

10. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.

11. Завгородний В. В. Метод подання знань про оцінку ризику виникнення техногенних аварій / В.В. Завгородний, Г.А. Завгородня // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2018. – Випуск 4 (111). – С. 31–37.

12. Герасимов Б.М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.В. Токарев. – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.

Автори статті

Отрох Сергій Іванович – доктор технічних наук, завідувач кафедри мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Завгородній Валерій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна.

Завгородня Ганна Анатоліївна – старший викладач кафедри інформаційних технологій, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна.

Грищенко Олена Олександрівна – асистент кафедри мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Authors of the article

Otrokh Serhii Ivanovych – doctor of sciences (technic), head of mobile and videoinformation technologies department, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Zavgorodnii Valerii Viktorovich – candidate of sciences (technic), associate professor of information technologies department, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv. Ukraine.

Zavgorodnya Anna Anatoliivna – senior teacher of information technologies department, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine.

Hryshchenko Olena Oleksandrivna – assistant of mobile and videoinformation technologies department, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 05.06.2018 р. Рецензент: к.т.н., проф. В.Б. Каток