

В. І. Месюра, к. т. н., доц.; О. А. Шаригін

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ ГОТОВНОСТІ ОПЕРАТОРА ДО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ ШВИДКОПЛИННИХ ТЕХНОГЕННИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Запропоновано метод оцінювання ступеня готовності оператора до прийняття рішень під час ліквідації транспортних швидкоплинних техногенних надзвичайних ситуацій. Уведено індекси, які характеризують готовність оператора до прийняття рішень: індекс якості підготовки оператора, індекс реакції оператора. Запропоновано вирази для обчислення введених понять. Перераховані індекси вносять до паспорта працівника й характеризують ними рівень кваліфікації оператора і його готовність до прийняття рішень.

Ключові слова: прийняття рішень, система підтримки прийняття рішень (СППР), транспортні надзвичайні ситуації, ступінь готовності оператора.

Вступ

Статистика свідчить, що стрімкий розвиток технологій в інформаційному суспільстві, неухильне зростання їх складності та обсягів виробництва супроводжує, на жаль, значне зростання кількості і масштабів техногенних надзвичайних ситуацій (ТНС) [1].

До особливого класу ТНС належать так звані швидкоплинні техногенні надзвичайні ситуації (ШТНС), що характеризуються стрімкою зміною параметрів навколишнього середовища й потребують надзвичайно швидкого прийняття рішень і реагування на ситуацію за відсутності достатньо повної й достовірної інформації в умовах сильного психологічного стресу й непередбачуваності розвитку подій. Ціна неправильних дій у таких умовах може бути надзвичайно високою й виражатися не тільки у знищенні коштовного обладнання та ресурсів, але й у забрудненні довкілля та загибелі людей.

До окремого класу ШТНС належать транспортні ШТНС (ТШТНС), які можуть статися в будь-якому місці й на великій віддаленості від відповідних штабів ліквідації надзвичайних ситуацій. Як характерні приклади можна навести відомі ШТНС, що мали місце під час перевезення вантажів залізничним транспортом.

В якості прикладу такої ситуації наведемо залізничну аварію, що відбулася на Львівщині 15 листопада 2006 року. Надзвичайна ситуація трапилася на двоколінійній залізничній колії на перегоні Стрий – Більче. 234 робітники та 10 одиниць техніки працювали на місці сходження з колії 10 вагонів та 2 цистерн на станції П'ятничани Стрийського району Львівської області. Серед них – 17 рятувальників і 3 одиниці техніки МНС. Маршрути пасажирських потягів не збігалися з вантажним на цій ділянці залізничного полотна, тож удалося уникнути людських жертв [2].

Жорсткі обмеження часу на прийняття рішень та наявну інформацію під час ліквідації наслідків ТШТНС, а також віддаленість висококваліфікованих експертів від місця надзвичайних подій диктують необхідність розроблення та постійного вдосконалення спеціальних систем підтримки прийняття рішень. Такі системи мають забезпечити автоматизацію значної частини роботи з аналізу швидкоплинних ситуацій на основі обробки неповної й недостовірної інформації та моделювання можливих сценаріїв розвитку подій. Вони також повинні забезпечити можливість моделювання різноманітних сценаріїв ТШТНС для тренування особового складу МНС, що бере участь у їх ліквідації, а також спеціалістів, що забезпечують транспортування небезпечних вантажів (наприклад, машиністів на

залізниці), які можуть опинитись один на один з такою ситуацією, з метою набуття ними навичок швидкого прийняття рішень в умовах неповної інформації.

Отже, актуальною є задача не тільки створення відповідної СППР, а й оцінки готовності оператора до прийняття рішень під час ліквідації ТШТНС.

У [3] і [4] розглядають вплив неповних даних СППР для ліквідації НС, зумовлений розбіжністю між судженням експерта (групи експертів) і оператора щодо лінгвістичного значення того чи іншого параметра, що впливає на результат, у контексті певної ситуації, що виникла. Така відмінність формально є чутливістю системи до помилок оператора.

Розглянемо наявні напрацювання в області оцінювання готовності персоналу до прийняття рішень під час ліквідації ТНС.

У [5] доводять, що наявні підходи не дають вичерпної інформації про стан готовності підрозділів до дій у надзвичайних ситуаціях, а параметри оцінки стану готовності не є об'єктивними.

У [6] розглянуто систему підготовки рятувальників, яка передбачає їхнє навчання й атестацію. У межах атестації визначають рівень кваліфікації особи. Залежно від значення критеріїв оцінки особа, що атестується, належить до одного з п'яти класів.

У [7] запропоновано підхід до оцінювання надійності роботи оператора в системі “людина – машина”. У роботі розглянуто вплив людського чинника у складних системах прийняття рішень на прикладі предметної галузі залізничного транспорту. Автором розроблено моделі визначення показників, що характеризують надійність для різних умов роботи оператора на основі ймовірнісного підходу.

Але у вищезгаданих роботах не оцінюють готовність оператора в контексті розходження між судженням експерта (групи експертів) і оператора щодо лінгвістичних значень параметрів.

Оцінка чутливості системи до помилок оператора

В [3, 8] запропоновано такий підхід до оцінки чутливості системи до помилок оператора:

1. Вираховують значення індексів ранжування за виразом (1) або (2).

$$F_3(A, B) = \frac{\int_{a_1}^{a_2} \mu_A(a) da \int_{b_1}^a \mu_B(b) db}{C}, \quad (1)$$

$$C = \int_{a_1}^{a_2} \mu_A(a) da \int_{b_1}^{b_2} \mu_B(b) db,$$

$$a_1 = \inf_{a \in S(A)} a, a_2 = \sup_{a \in S(A)} a, b_1 = \inf_{b \in S(B)} b, b_2 = \sup_{b \in S(B)} b,$$

$$F_4(A, B) = \int_0^{0,5} \max\{0, (1 - \mu_D(x))\} dx + \int_{0,5}^1 \mu_D(x) dx, \quad (2)$$

$$D = \frac{A}{A+B}.$$

2. Якщо в пункті 1 не було виявлено різниці між функціями належності експерта й оператора, то обчислити значення індексу ранжування розмиття за допомогою виразу (3).

$$I_C(A, B) = 1 - \frac{\int_{a-a_L}^{a+a_R} \mu_A(a) da}{\int_{a-a_L}^{a+a_R} \mu_A(a) da + \int_{b-b_L}^{b+b_R} \mu_B(b) db} = \frac{\int_{b-b_L}^{b+b_R} \mu_B(b) db}{\int_{a-a_L}^{a+a_R} \mu_A(a) da + \int_{b-b_L}^{b+b_R} \mu_B(b) db} = 1 - I_B(A, B). \quad (3)$$

3. Якщо в пунктах 1 і 2 було виявлено різницю між функціями належності експерта й оператора, то додати отримане значення у множину *DIF*.

4. Вирахувати значення чутливості для кожного відхилення функцій належності оператора від експерта, використовуючи вираз (4).

$$M_i = |0.5 - DIF_i| * 2. \quad (4)$$

Числове значення запропонованої оцінки завжди буде належати інтервалу [0; 1], отже, є нормованим. Значення “одиниця” означає, що варто використати пораду, згенеровану системою нечіткого виведення. “Нульове” значення означає, що рекомендації системи довіряти не слід. Інше число з проміжку [0; 1] характеризує ступінь довіри до рекомендації системи. Як було зазначено, слід урахувати, що нечітко визначених значень параметрів може бути декілька. Для цього необхідно виконати вищенаведену процедуру для всіх таких параметрів та обрати мінімальне значення ступіня довіри. Отримаємо числове значення *M*, що характеризує оцінку “впевненості” в коректності рекомендації,

$$M = \min\{m_i\}, i = 1 \dots n, \quad (5)$$

де *M* – значення результативної числової характеристики, *n* – кількість вхідних параметрів, нечітко заданих, *m_i* – значення числової характеристики для *i*-ого параметру, нечітко заданого.

Наведена методика оцінювання впливу неповних вхідних даних на результати логічного виведення в СППР дозволяє розраховувати числове значення чисельної характеристики, що оцінює такий вплив. Чисельна характеристика, отримана за допомогою такої оцінки, є нормованою величиною, що спрощує її практичне застосування та інтерпретацію результатів. Запропонована методика не враховує розмірності й конкретного вигляду функцій належності, а отже, є універсальною.

Ураховуючи вищенаведений матеріал, формулюємо алгоритм виведення рекомендації під час ліквідації ТШТНС [9]:

Крок 1. Перегляд усіх “непомічених” правил (тобто тих, які ще не спрацювали) і формування множини, до якої входять правила з максимальним коефіцієнтом.

Крок 2. Якщо множина, сформована на кроці 1, є пустою, то кінець алгоритму.

Крок 3. Обрати одне правило з отриманої множини (етап розв’язання конфлікту).

Крок 4. Уточнити значення параметрів, які фігурують у лівій частині правила, обраного на кроці 2.

Крок 5. Позначити це правило як таке, що було використано.

Крок 6. Обчислення значення чутливості для поточного параметру.

Крок 7. Якщо в правій частині правила є термінальний вираз, то спитати оператора, чи варто продовжувати процес.

Крок 8. Якщо отримано позитивну відповідь, то перейти до кроку 1, в іншому разі – кінець алгоритму.

Крок 9. Обчислення результативного значення чутливості за допомогою виразу (5).

Для розв’язання конфлікту, який полягає в тому, яке саме правило-продукцію варто застосовувати, розроблено такий алгоритм:

1. Скласти список з усіх важливостей атрибутів об’єктів, що містяться в консеквентні правил-продукцій.

2. У разі, якщо значення важливості атрибуту відсутнє, замість нього слід

використовувати значення важливості об'єкта, до якого належить цей атрибут.

3. Відсортувати за спаданням.

4. Вибрати перший елемент зі списку. У разі, якщо декілька елементів мають однакове значення, для обраних елементів виконати ще одне сортування (за спаданням значення важливості об'єкта) та обрати перший елемент.

5. Активувати правило-продукцію, якій відповідає вибраний елемент зі списку.

Цей алгоритм має квадратичну складність, що характеризує його як продуктивний [10, 11].

Оцінка готовності оператора до прийняття рішень

Як було зазначено вище, існує низка причин можливих розбіжностей між судженням експерта (групи експертів) і оператора щодо лінгвістичного значення того чи іншого параметра, що впливає на результат, у контексті певної ситуації, що виникла. Формально це – відмінності між функціями належності оператора й експерта (групи експертів). Суть підготовки оператора полягає в мінімізації відмінностей між відповідними функціями.

Для оцінювання ступеня готовності оператора пропонуємо таку послідовність кроків:

1. Для всіх вхідних параметрів ($i=1 \dots n$) системи виконати кроки 2 – 4.

2. Для всіх термів лінгвістичних змінних ($j=1 \dots m_i$) поточного параметра виконати кроки 3 – 4.

3. Побудувати поточну функцію належності оператора.

4. Виконати порівняння функції належності оператора й функції належності експерта (групи експертів) за допомогою одного з індексів ранжування, результат порівняння зберегти в C_{ij} .

5. Обчислити індекс якості підготовки оператора за допомогою виразу:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \max(WO_j, WA_j) \times |0.5 - C_{ij}|}{n}, \quad (6)$$

де WO_j і WA_j – відповідно ваги поточного об'єкта і атрибуту об'єкта.

Для зручності значення ваги (і для атрибута, і об'єкта) – ціле число від 1 до 10 (якщо не задано, то 1). Отже, значення індексу підготовки оператора – дійсне значення з інтервалу $[0;5]$. Чим ближче обчислене значення до 0, тим краще підготовлений оператор. Обчислене значення заносять до паспорта працівника, який є внутрішнім службовим документом, що містить особові дані співробітника, його загальну характеристику, хронологію роботи, а також низку числових оцінок, що характеризують рівень його кваліфікації.

Також важливим показником підготовки є індекс реакції оператора. Він характеризує здатність оператора швидко оцінювати обстановку, вводити значення параметрів і, як наслідок, вчасно приймати рішення. Оскільки надзвичайні ситуації не є типовими, то об'єктивною оцінкою є час, необхідний для визначення і введення значення параметра.

Для оцінювання ступеня швидкості реакції оператора пропонуємо таку послідовність кроків:

1. Для всіх вхідних параметрів ($i=1 \dots n$) системи виконати крок 2.

2. Виконати заміри часу, необхідного оператору для визначення значення поточного параметра.

3. Обрахувати середньозважений час реакції оператора за допомогою виразу (одиниця виміру – секунда):

$$t_R = \frac{\sum_{i=1}^n \max(WO_j, WA_j) \times t_i}{n}, \quad (7)$$

де t_i – час реакції, тобто час визначення значення i -го атрибуту об'єкта; та індекс реакції оператора за допомогою виразу (одиниця виміру – одиниця):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n \max(WO_j, WA_j) * \frac{t_i}{t_{io}}}{n}, \quad (8)$$

де t_{io} – зразковий час реакції, тобто час визначення значення i -го атрибуту об'єкта.

Індекс реакції оператора також заносять до паспорта працівника.

Висновки

Отже, для оцінки рівня кваліфікації оператора, який може бути допущений до участі в ліквідації транспортних швидкоплинних надзвичайних ситуацій, пропонуємо використовувати спеціальні показники: індекси реакції та якості підготовки з внесенням їхніх значень до паспорта працівника.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. / Шоботов В. М. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.
2. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації, що виникли на території України протягом 2012 року [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/opinfo/6361.html>.
3. Юхимчук С. В. Оцінка чутливості механізму виведення в системах підтримки прийняття рішень керівника ліквідації надзвичайних ситуацій / С. В. Юхимчук, О. А. Шаригін // Інформаційні технології і комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 3. – С. 120 – 123.
4. Юхимчук С. В. Оцінка впливу неповних вхідних даних на результати логічного виведення в системах підтримки прийняття рішень / С. В. Юхимчук, О. А. Шаригін // Інформаційні технології і комп'ютерна інженерія. – 2007. – № 1. – С. 64 – 67.
5. Демин А. Ю. К оценке степени готовности подразделений поиско-спасательных служб / Демин А. Ю. // Технологии гражданской безопасности. – 2007. – № 2. – С. 62 – 62.
6. Легошин В. Д. Научно-методические вопросы профессионального отбора и подготовки спасателей МЧС России / В. Д. Легошин, А. И. Запорожец // Технологии гражданской безопасности. – 2007. – № 1. – С. 16 – 21.
7. Бантюкова С. О. Оцінка надійності діяльності оператора у системі “Людина-техніка” / С. О. Бантюкова // Експлуатація залізниць. Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2010. – вип. 113. – С. 51 – 56.
8. Mesyura V. I. Improvement of fuzzy values ranking indexes for automation of man-caused swift-flowing emergencies liquidation / V. I. Mesyura, O. A. Sharygin // Nauka i studia. – 2013. – № 17 (85) – P. 11 – 16.
9. Месюра В. І. Модель прийняття рішень для задач ліквідації швидкоплинних надзвичайних ситуацій / В. І. Месюра, О. А. Шаригін // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): Матеріали 1-ї Міжнародної науково-технічної конференції (10 – 13 травня 2011 р., Черкаси). – 2011. – С. 454.
10. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзер, Р. Ривест. – Москва: МЦНМО, 2004. – 960 с.
11. Дональд Э. Кнут. Искусство программирования, том 1. Основные алгоритмы / Дональд Э. Кнут. – Москва: Вильямс, 2000. – 712 с.

Месюра Володимир Іванович – к. т. н., професор кафедри інтелектуальних систем, vimes2009@yandex.ua.

Вінницький національний технічний університет.

Шаригін Олександр Анатолійович – старший розробник програмного забезпечення, exhaustic@gmail.com.

Компанія DIO-Soft.