

УДК 004.89:654.948

А. О. Биченко, к.т.н., доц.,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА РОБОТУ СИСТЕМ РАНЬОГО ВІЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Запропоновані моделі визначення впливу зовнішніх факторів на роботу систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій на основі експертних висновків.

**Ключові слова:** системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій, фактори зовнішнього впливу, експертні висновки.

**Постановка проблеми.** Розвиток технологій виробництва, транспорту, енергетичної сфери зумовлює існування та появу нових об'єктів, які можна віднести до об'єктів підвищеної небезпеки та відповідно до потенційно небезпечних об'єктів. [1, 2]. Це можуть бути в одному випадку об'єкти, збудовані порівняно недавно, і які відповідають сучасним уявленням та вимогам до об'єктів такого роду, так і об'єкти, що використовуються доволі давно і на яких може використовуватись застаріле обладнання, що в цілому збільшує рівень небезпеки такого об'єкту. Отже, логічним є існування потреби в обладнанні об'єктів підвищеної небезпеки такими технічними системами та комплексами які б дозволили виявляти надзвичайні ситуації на таких об'єктах та оповіщати про них, як персонал об'єкту, так і при потребі населення, що проживає у прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Комплекс систем виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій, а також виявлення таких ситуацій та оповіщення працюючого персоналу й населення, яке проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів, складається з таких складових частин [3]:

- система раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій;
- система виявлення надзвичайних ситуацій;
- система оповіщення керівного складу та працюючого персоналу
- потенційно-небезпечних об'єктів про загрозу чи виникнення надзвичайних ситуацій;
- система оповіщення відповідальних посадових осіб територіальних органів ДСНС, органів виконавчої влади;
- пульти централізованого моніторингу;
- пульти централізованого спостереження;
- система оповіщення населення, що проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів.

Серед основних систем таких комплексів необхідно виділити систему раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та систему виявлення надзвичайних ситуацій які складаються з різних технологічних датчиків, сигналізаторів тощо, які контролюють небезпечні параметри обладнання і навколишнього середовища, та приймально-контрольних приладів. Слід звернути увагу на те, що технологічні датчики та сигналізатори указаних систем устатковуються і використовуються окремо від аналогічних датчиків промислової автоматики [3].

Системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та виявлення надзвичайних ситуацій об'єднуються у єдиний комплекс за допомогою система централізованого моніторингу - це комплекс технічних засобів, розміщений у суб'єкта господарювання, котрий має відповідну ліцензію, призначений для приймання, обробки і

видачі в заданому вигляді повідомлень про стан систем виявлення загрози надзвичайних ситуацій, реєстрації цих повідомлень та передачі в автоматичному режимі на пульт централізованого спостереження сигналів про надзвичайні ситуації.

На сучасному етапі розвитку систем такого типу нормативними документами регламентується для виявлення передаварійних ситуацій та небезпечних чинників об'єктів у системах, комплексах допускається застосовувати автоматичні датчики будь-якого принципу дії. Вибір конкретних датчиків здійснюють на етапах розробки завдання на проектування та при проектуванні систем і комплексів на підставі вивчення технологічних карт, регламентів тощо потенційно небезпечних об'єктів. Це можуть бути [3]:

- системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічних вибухонебезпечних сумішей (газоаналізatori);
- системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічнонебезпечних газоподібних речовин (хлор, аміак тощо);
- системи контролю гранично допустимих рівнів легкозаймистих рідин у резервуарах, апаратах тощо;
- системи контролю гранично допустимого тиску рідин і газоподібних сумішей у трубопроводах, апаратах тощо;
- системи контролю гранично допустимих температур рідин, речовин та газоподібних сумішей в апаратах, посудинах тощо;
- системи контролю гранично допустимих рівнів радіації.

З огляду на високий рівень автоматизації робота більшості датчиків, що використовуються при створенні таких систем базується на тих чи інших електричних принципах. З урахуванням галузей виробництва найбільш поширеними системами раннього виявлення надзвичайних ситуацій є системи, які використовують системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічних вибухонебезпечних сумішей (газоаналізatori) та системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічнонебезпечних газоподібних речовин (хлор, аміак тощо). Відомо, що на результат вимірювань впливають декілька факторів, кожен з яких викликає свою систематичну похибку. В цьому випадку виявлення аналітичного вигляду залежності значно ускладнюється, тому доводиться проводити трудомісткі ґрунтовні дослідження, які іноді закінчуються невдачею. Тим не менш, систематична похибка, що не виявлена, є значно небезпечнішою за випадкову, так як остання може бути мінімізована відповідною методикою вимірювання, а систематична невиявлена похибка спотворить результат непередбачувано [4].

Серед декількох груп систематичних похибок, які відрізняються одна від одної причиною виникнення у нашому випадку варто виділити похибки зовнішніх впливів, серед яких найчастіше доводиться стикатись з впливом кліматичних умов [4], таких як тиск, температура, вологість, наявність чи відсутність атмосферних осадків, вплив електричних полів та зовнішніх випромінювань: рентгенівського, ультрафіолетового, іонізуючих випромінювань, гамма-випромінювання.

В теперішній час нормується перелік зовнішніх факторів, до яких повинні бути стійкими запроєктована система, комплекс та діапазон зміни цих факторів (температура, тиск, рівень перешкод тощо), повинен указуватися в технічному завданні на створення автоматизованої системи, комплексу. При цьому запроєктована система, комплекс повинні:

- бути стійкими до можливих деградаційних впливів зовнішніх факторів при експлуатації: механічних ушкоджень, кліматичних умов, впливу агресивних середовищ тощо;
- урахувати при функціонуванні можливий вплив перешкод виробничо-технологічних процесів, радіоелектронних, електронагрівальних і вентиляційних приладів, транспорту тощо.

**Постановка задачі та її розв'язання.** Але не дивлячись на розробку системи з урахуванням обраного діапазону зовнішніх факторів поза увагою залишаються ряд аспектів роботи датчиків безпосередньо під впливом зовнішніх факторів. Так, наприклад, для визначення гранично допустимих концентрацій хімічних вибухонебезпечних сумішей та

гранично допустимих концентрацій хімічнонебезпечних газоподібних речовин (хлор, аміак тощо) використовуються датчики-газоаналізатори, робота яких базується на електрохімічних принципах. Такі датчики проходять калібрування відповідно до [5] при визначеній температурі. Важливим є питання врахування впливу зовнішніх факторів на роботу систем раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та виявлення надзвичайних ситуацій. Доцільною є розробка системи централізованого моніторингу, як повноцінної інформаційно-аналітичної системи, однією з функцій якої було б врахування впливу зовнішніх факторів на роботу як окремих елементів системи, так і на роботу системи в цілому[6].

Системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та виявлення надзвичайних ситуацій, як правило, мають в своєму складі окрім системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічних вибухонебезпечних сумішей (газоаналізатори) та систем контролю гранично допустимих концентрацій хімічнонебезпечних газоподібних речовин (хлор, аміак тощо) метеостанції, які здатні контролювати такі параметри, як температура повітря, вологість, тиск, швидкість та напрям вітру, наявність чи відсутність осадів тощо. Ці фактори можна віднести до факторів стану середовища об'єкта  $A$ . До факторів постійного впливу  $P$  відносяться параметри розташування об'єкту на місцевості, конфігурація об'єкту, вплив повторюваності напрямку вітрів, рельєф місцевості. Також на достовірність відображення інформації про концентрацію хімічних речовин може впливати технічний стан обладнання, технологічність процесів, якість виконання профілактичних робіт, присутність ініціаторів запалювання та інші фактори технічного характеру  $T$ .

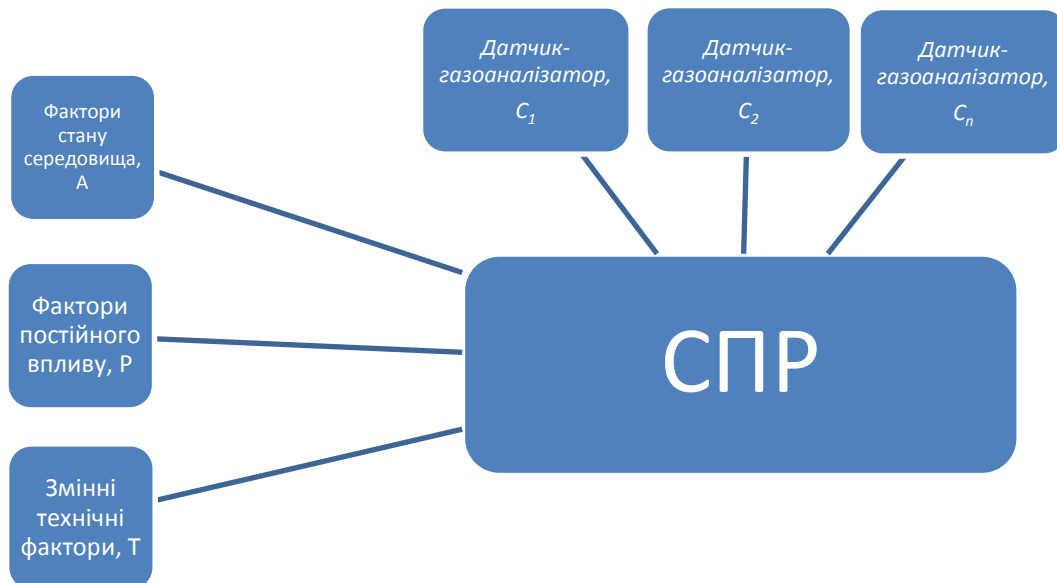
Таким чином, задача дослідження полягає у визначенні дійсної концентрації хімічної речовини  $C$  в залежності від показників датчиків-газоаналізаторів  $C_{датч}$ , факторів стану середовища  $A$ , факторів постійного впливу  $P$ , різноманітних технічних факторів  $T$ :

$$C = G(C_{датч}, A, P, T), \quad 1.1$$

де:  $A = (a_1, a_1, a_1, \dots, a_n)$  - фактори стану середовища;

$P = (p_1, p_1, p_1, \dots, p_n)$  - фактори постійного впливу;

$T = (t_1, t_1, t_1, \dots, t_n)$  - технічні фактори.



Процес розв'язання задачі ідентифікації (1.1) має декілька етапів. На першому з них необхідно визначити вид залежності (1.1) або розв'язати задачу структурної ідентифікації. Зважаючи на значну кількість аргументів шуканої залежності та їх представлення, розв'яжемо її з використанням нейронних мереж. Враховуючи той факт, що висновки експертів задаються нечітко, а також є суперечливими, необхідно здійснювати оптимізацію параметрів моделі, або, що те ж саме, розв'язувати задачу параметричної оптимізації. Традиційними є дві відповідні технології: визначення оптимальних значень за допомогою градієнтних методів навчання нейромереж і еволюційних методів оптимізації.

Ідентифікація залежності (1.1) не може бути практично здійсненою з достатньою точністю, оскільки на результуючу характеристику впливають крім перерахованих аргументів ще і значна кількість додаткових та випадкових факторів.

Продукційна модель, або модель, що базується на правилах, є однією з моделей представлення знань. Вона дозволяє представити знання у вигляді висновків типу: «Якщо (умова), То (дія)». Умовою (антецедентом) є деяке речення-зразок, за яким здійснюється пошук в базі знань, а дією (консеквентом) — дії, що виконуються при успішних результатах пошуку. Умови, що описують поточний стан бази знань, розміщуються в робочій пам'яті. Виконувані дії можуть бути проміжними і визначати умови для наступних дій, які утворюють конфліктну множину продукційної системи. Виведення в такій базі знань може бути прямим (від даних), або зворотним (від цілі до даних). Даними є вихідні факти, що надходять в робочу пам'ять (базу фактів), на основі яких запускається машина виводу, що здійснює цикл «розпізнавання-дія», перебираючи правила з продукційної бази знань.

База знань у продукційній моделі – це сукупність бази фактів і бази правил. Кожне продукційне правило в базі знань втілює автономну частину експертних знань, одержаних безпосередньо від експерта або з використанням методів автоматичного „видобування” знань. Окреме продукційне правило може бути розроблене та модифіковане незалежно від інших правил. При спільному застосуванні правил та використанні машини виведення (частині експертної системи, яка відповідає за виведення нових знань з існуючих) правила синергетично продукують нові знання, визначаючи кращий результат, ніж результати застосування окремих правил. У дійсності правила бази знань не є незалежними, але і швидко стають взаємозалежні. Так, додавання нового правила може конфліктувати з існуючими правилами і вимагатиме перегляду атрибутів або правил.

Продукційні моделі найчастіше використовуються в промислових експертних системах. У медичній експертній системі правила „if...then” можуть використовуватися для встановлення взаємозв'язків між симптомами і діагнозами. Під час виведення реальний симптом зіставляється з тим, які є в лівих частинах правил, і в разі збігу права частина відповідного правила вважається можливим діагнозом. Якщо є інші правила, що містять у лівих частинах отриманий можливий діагноз, то він розглядається як проміжний симптом. У цьому випадку здійснюється подальше виведення, яке триває доти, доки не буде отримано результат, з якого вже нічого не можна вивести. Якщо більше немає правил, на основі яких можна зробити виведення з отриманого можливого діагнозу, то він розглядається як «остаточний». На будь-якому кроці такого виведення може виявитися кілька застосовних правил і тоді породжується дерево виведення, що визначає множину діагнозів.

Перевагами продукційних моделей є відносна простота, наочність, висока модульність, легкість до внесення змін та доповнень, простота схеми логічного висновку. Ім'я продукції — унікальний ідентифікатор, що визначається сукупністю букв або дозволених мовою представлення знань символів, та єдиним способом визначає продукцію у системі. Найчастіше продукція задається за допомогою ідентифікаційного номеру.

Умовою застосування ядра продукції є логічний вираз (як правило, предикат), за допомогою якого активізується ядро продукції: якщо він істинний, ядро активізується, у протилежному випадку – ні.

Ядро продукції – центральний компонент продукції. Як правило, ядро продукції має вигляд



Якщо  $a_1 \in K_1 \& a_2 \in N_1 \& a_3 \in M_1 \& \dots \& a_n \in L_1$ , то  $A \in R_1$ , з вагою  $\omega_1$ ,  
інакше, якщо  $a_1 \in K_2 \& a_2 \in N_2 \& a_3 \in M_2 \& \dots \& a_n \in L_2$ , то  $A \in R_2$ , з вагою  $\omega_2$ ,  
.....  
інакше, якщо  $a_1 \in K_m \& a_2 \in N_m \& a_3 \in M_m \& \dots \& a_n \in L_m$ , то  $A \in R_m$ , з вагою  $\omega_m$ ,

**Модель для факторів постійного впливу:**

Якщо  $p_1 \in D_1 \& p_2 \in F_1 \& p_3 \in G_1 \& \dots \& p_n \in H_1$ , то  $P \in I_1$ ,  
інакше, якщо  $p_1 \in D_2 \& p_2 \in F_2 \& p_3 \in G_2 \& \dots \& p_n \in H_2$ , то  $P \in I_2$ ,  
.....  
інакше, якщо  $p_1 \in D_m \& p_2 \in F_m \& p_3 \in G_m \& \dots \& p_n \in H_m$ , то  $P \in I_m$ ,

де  $D_i, F_i, G_i, H_i, I_i$  - нечіткі множини з функціями належності  $\mu_{D_i}, \mu_{F_i}, \mu_{G_i}, \mu_{H_i}, \mu_{I_i}, i = \overline{1, m}$ ,  $m$  - кількість припущень експерта про співвідношення факторів стану середовища.

Якщо певні варіанти співвідношень є більш або менш можливими, тоді:

Якщо  $p_1 \in D_1 \& p_2 \in F_1 \& p_3 \in G_1 \& \dots \& p_n \in H_1$ , то  $P \in I_1$ , з вагою  $\omega_1$ ,  
інакше, якщо  $p_1 \in D_2 \& p_2 \in F_2 \& p_3 \in G_2 \& \dots \& p_n \in H_2$ , то  $P \in I_2$ , з вагою  $\omega_2$ ,  
.....  
інакше, якщо  $p_1 \in D_m \& p_2 \in F_m \& p_3 \in G_m \& \dots \& p_n \in H_m$ , то  $P \in I_m$ , з вагою  $\omega_m$ ,

**Модель для технічних факторів впливу:**

Якщо  $t_1 \in O_1 \& t_2 \in Q_1 \& t_3 \in S_1 \& \dots \& t_n \in V_1$ , то  $T \in B_1$ ,  
інакше, якщо  $t_1 \in O_2 \& t_2 \in Q_2 \& t_3 \in S_2 \& \dots \& t_n \in V_2$ , то  $T \in B_2$ ,  
.....  
інакше, якщо  $t_1 \in O_m \& t_2 \in Q_m \& t_3 \in S_m \& \dots \& t_n \in V_m$ , то  $T \in B_m$ ,

де  $O_i, Q_i, S_i, V_i, B_i$  - нечіткі множини з функціями належності  $\mu_{O_i}, \mu_{Q_i}, \mu_{S_i}, \mu_{V_i}, \mu_{B_i}, i = \overline{1, m}$ ,  $m$  - кількість припущень експерта про співвідношення факторів стану середовища.

Якщо певні варіанти співвідношень є більш або менш можливими, тоді:

Якщо  $t_1 \in O_1 \& t_2 \in Q_1 \& t_3 \in S_1 \& \dots \& t_n \in V_1$ , то  $T \in B_1$ , з вагою  $\omega_1$ ,  
інакше, якщо  $t_1 \in O_2 \& t_2 \in Q_2 \& t_3 \in S_2 \& \dots \& t_n \in V_2$ , то  $T \in B_2$ , з вагою  $\omega_2$ ,  
.....  
інакше, якщо  $t_1 \in O_m \& t_2 \in Q_m \& t_3 \in S_m \& \dots \& t_n \in V_m$ , то  $T \in B_m$ , з вагою  $\omega_m$ ,

Таким чином, знаючи експертні висновки про величину впливу групових факторів можна визначити концентрацію хімічної речовини в залежності від значення групових факторів впливу та значення концентрації  $C_{датч}$ :

Якщо  $A \in R_1 \& P \in I_1 \& T \in B_1 \& C_{датч} \in Z$ , то  $C \in Y_1$ ,  
інакше, якщо  $A \in R_2 \& P \in I_2 \& T \in B_2 \& C_{датч} \in Z$ , то  $C \in Y_2$ ,

.....  
інакше, якщо  $A \in R_m \& P \in I_m \& T \in B_m \& C_{датч} \in Z$ , то  $C \in Y_m$ ,

Розглядаючи продукційні правила та відповідні функції належності, робимо висновок про можливі дві ситуації, які виникатимуть при визначенні параметрів роботи системи. У першій з них параметри функцій належності відомі і результуючі дані будемо знаходити, виходячи із принципу узагальнення Заде та логічних висновків у формі Мамдані та Сугено [7 - 10]. Якщо є параметри є невідомими, то необхідно використовувати нейро-нечіткі мережі [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17] та здійснювати оптимізацію їх параметрів з ціллю об'єктивізації суб'єктивних висновків.

**Висновки.** Безперечно актуальною є розробка такої системи раннього виявлення надзвичайних ситуації, яка б давала змогу виявляти можливість виникнення надзвичайної ситуації враховуючи значення початкових відхилень параметрів технологічних процесів, зовнішні фактори навколишнього середовища тощо. Подальшими перспективами досліджень вбачаються розробка структури та моделей роботи бази даних систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, N 15, ст.73
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 р. N 956 «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки
3. Наказ 15.05.2006 N 288 Про затвердження Правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення.
4. Козлов М.Г. Метрология и стандартизация: Учебник М., СПб.: Изд-во «Петербургский ин-т печати», 2001. 372 с.
5. Сигнализатор-анализатор «Дозор - СМ». Руководство по эксплуатации. АГАТ.468514.004-143 РЭ.
6. Левченко А.Д., Левченко Д.Є., Король В.М., Кришталь В.М., Землянський О.М., Землянський О.М. Окремі аспекти комплексних систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій. // Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. - №5. с. 76-80
7. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун и др. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
8. Снитюк В.Є. Прогнозування. Моделі, методи, алгоритми / В.Є. Снитюк. – К.: Маклаут, 2008. – 364 с.
9. Takagi T. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15. – P. 116-132.
10. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах / Ю.П. Зайченко. – К.: Слово, 2008. – 344 с.
11. Колесников А.В. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / А.В. Колесников, И.А. Кириков. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 387 с.
12. Сетлак Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений / Г. Сетлак. – К.: Логос, 2004. – 251 с.
13. Ярушкина Н.Г. Нечеткие нейронные сети / Н.Г. Ярушкина // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 3. – С. 47-51.
14. Buckley J.J. Fuzzy neural networks: A survey / J.J. Buckley, Y. Hayashi // Fuzzy Sets and Systems. – 1994. – Vol. 66. – P. 1-13.
15. Jang J.-S. R. ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System / J.-S. R. Jang // IEEE Trans. Systems & Cybernetics. – 1993. – Vol. 23. – P. 665-685.
16. Von Altrock C. Fuzzy Logic & Neuro-Fuzzy Applications Explained / C. von Altrock. – New Jersey: Prentice Hall PTR. – 1995. – 350 p.