

Вісник ЧДУ

ЧЕРКАСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

1-2/2007

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
Заснований у березні 1997 р.
Виходить 4 рази на рік

БУДІВНИЦТВО І МЕХАНІКА	
<i>Маруцак М.П.</i>	Спостереження за осіданням будівель і споруд тригонометричним нівелюванням із середини 3
<i>Смоляр А.М., Мірошкіна І.В., Сурухан М.І., Іванова Л.В.</i>	Експериментальне дослідження радіального переміщення товстої осесиметричної сферичної оболонки 6
КОМП'ЮТЕРНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ	
<i>Макарчук Р.І., Ляшкевич В.Я., Олар О.Я., Мельничук С.В.</i>	Технологічні фактори впливу на середній час обробки запитів SQL-серверами 12
<i>Рідкокаша А.А., Катаєва Є.Ю., Чусов О.О.</i>	Використання математичного методу Value-at-Risk при оцінці й управлінні ризиком на підприємствах 18
<i>Саух В.М., Сорока С.В.</i>	Трансформація університетської бібліотеки в електронну бібліотеку для навчання і досліджень 25
<i>Тимченко А.А., Колесников К.В., Шадхин В.Е., Данилюк Б.А.</i>	Современные методы в системах обнаружения компьютерных атак 29
<i>Тимченко А.А., Гузій Р.О., Махинько М.В.</i>	Автоматизована система управління АСУ-зв'язок як об'єкт системного дослідження (теоретико-функціональний етап) 37
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ	
<i>Биченко А.О., Снитюк В.Є.</i>	Нечітка ідентифікація процесів поширення пожежі на особливо небезпечних об'єктах в умовах невизначеності 43
<i>Голуб С.В.</i>	Технологія інформаційного моделювання із врахуванням станів об'єкта 46
<i>Заболотній С.В.</i>	Про деякі результати, отримані за допомогою методу неортогонального розкладання випадкових величин у просторі з породжуючим елементом 50
<i>Нетудихата Л.І., Борщ В.І., Коваль В.В.</i>	Ієрархічна математична модель архітектури мережі синхронізації інформаційних інфраструктур 55
<i>Кочкарев Ю.А., Бузько В.В., Кучерова Н.С.</i>	Исследование структуры полного множества логических функций на основе технологии EDM 60
<i>Положаєнко С.А.</i>	Математична модель застійних зон у порових середовищах та її чисельна реалізація 65
<i>Кожухівський А.Д., Сагун А.В.</i>	Оптимізація моделі плоского розкрою матеріалу в задачі оперативного планування виробничого процесу 67
<i>Полегенько В.І., Стась С.В.</i>	Моделі прогнозування і попередження екологічних та техногенних катастроф 71
<i>Лега Ю.Г., Златкин А.А.</i>	Игровой метод принятия удовлетворительных решений в дискретных процессах с неопределенным параметром 74
<i>Лега Ю.Г., Златкин А.А.</i>	Построение Л-критериев и их применение в задачах принятия удовлетворительных решений в неопределенных условиях 81

НЕЧІТКА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖИ
НА ОСОБЛИВО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Биченко А.О.,

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Снитюк В.Є., к.т.н., доцент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Вступ

Розвиток виробництва в останні роки зумовлений, в першу чергу, функціонуванням підприємств енергетичної галузі, металургії, хімічної промисловості тощо. Прагнення до максимізації норми прибутку значною мірою нівелює усвідомлення необхідності забезпечення безпечної життєдіяльності людей. Характер роботи таких підприємств визначається підвищеним рівнем техногенної та пожежної безпеки, оскільки наслідки реалізації катастрофічних ситуацій можуть призвести до значних людських жертв, матеріальних втрат та погіршення екологічної ситуації.

Процеси пожежогасіння на особливо небезпечних об'єктах визначаються об'єктивними і суб'єктивними аспектами:

- складністю і необхідністю врахування багатьох факторів як зовнішнього, так і внутрішнього походження;

- прогнозованістю і психологічним впливом на особовий склад бойових розрахунків можливих катастрофічних наслідків пожежі;

- швидкістю поширення пожежі, оскільки як структурні, так і функціональні особливості таких об'єктів сприяють поширенню вогню.

Перед особою, що приймає рішення, постає задача визначення головного та інших визначальних напрямків розвитку пожежі і оптимального розподілу сил та засобів. Процес прийняття рішень у критичних умовах відзначається значною кількістю помилок, що у випадку можливої техногенної катастрофи є неприпустимим. Однією із передумов мінімізації неправильних рішень є аналітичне прогнозування швидкості поширення пожежі, що дозволить розрахувати час досягнення вогнем небезпечного об'єкта, визначити вирішальний напрямок і оптимізувати процес пожежогасіння.

Ретроспективний аналіз і постановка задачі

Відомо, що прогнозування базується на аналізі ретроспективної інформації та ідентифі-

кації шуканої залежності. У випадку особливо небезпечних об'єктів це неможливо, оскільки кожний об'єкт є нетиповим, площа і периметр пожежі достатньо великі і її опис у формі, придатній для розрахунків, найчастіше відсутній. Тому традиційно використовуються довідкові дані про швидкість поширення пожежі в приміщеннях залежно від їх типу, швидкість вигорання матеріалів, температуру полум'я, що впливає на плавлення конструкцій та речовин, і експертні оцінки [1]. У критичних умовах врахувати всі значущі фактори, що впливають на швидкість поширення вогню та його напрямок, значення різномірних констант досить важко, тому експертні оцінки необхідні, в першу чергу, для того, щоб врахувати стан матеріалу, по якому поширюється вогонь, а також наявність внутрішніх та зовнішніх факторів, що впливають на його швидкість. Різномірність значень факторів, критичні умови спричинюють значні розходження експертних висновків, що ускладнює прийняття рішень.

Таким чином, маємо задачу ідентифікації залежності

$$V = F(V_l, V_m, T_f, T_p, X_{in}, X_{out}), \quad (1)$$

де V_l – лінійна швидкість поширення вогню в приміщеннях визначеного типу ($V_l \in [a, b]$), V_m – середня швидкість вигорання матеріалу ($V_m = const$), T_f – температура полум'я горіння матеріалу ($T_f \in [t_1, t_2]$), T_p – температура плавлення конструкції

$$((T_p \in [q_1, q_2]) \vee (T_p = q)),$$

X_{in} , X_{out} – внутрішні та зовнішні фактори, відповідно.

Очевидно, що кожен із параметрів V_l, V_m, T_f, T_p залежить від X_{in} , X_{out} . Неявним чином ці залежності наявні в експертних оцінках, які є вирішальними у процесах прийняття рішень при пожежогасінні. Водночас така суб'єктивізація, як було вказано вище, не сприяє

оптимізації вибору головного напрямку пожежогасіння та розподілу сил і засобів, у зв'язку із чим пропонуємо використати нечіткі бази знань для ідентифікації та прогнозування швидкості поширення вогню.

Похідною від задачі (1) є задача ідентифікації часу досягнення вогнем певної точки

$$T_{x,y} = G(V, S) = G(V_l, V_m, T_f, T_p, X_m, X_{сип}, S), \quad (2)$$

де S – шлях поширення вогню до точки з координатами (x, y) . Очевидно, що задача (2) є більш загальною і адекватною для підтримки прийняття рішень при пожежогасінні, оскільки, на відміну від задачі (1), в ній враховано перешкоди на шляху пожежі, різноманітність приміщень та інші фактори.

Нечітка ідентифікація залежності (2)

Ідентифікація залежності (2) може бути виконана за різних умов і припущень, серед яких основними є такі:

1. Розглядаються судження одного експерта.
2. Враховуються судження багатьох експертів з однаковими або невідомими рівнями компетентності.
3. Судження експертів мають різний рівень значущості (компетентності експертів різні).
4. Шлях поширення вогню є однорідним, тобто структура приміщень і перешкод є незмінною незалежно від його маршруту.
5. Пожежа може поширюватись різними маршрутами з різною кількістю приміщень та перешкод із врахуванням сповільнюючих та прискорюючих факторів.

На початковому етапі розв'язання задачі ідентифікації (2) будемо вважати, що прийняття рішень залежить від одного експерта, а шлях поширення вогню є однорідним, тобто виконуються умови 1 і 4. Оскільки експерт один, то раціонально вважати, що його судження про значення параметрів, що визначають час поширення вогню від точки $M(x_0, y_0)$ до точки $K(x, y)$, описуються симетричними трикутними функціями належності.

У загальному випадку будемо вважати, що час поширення пожежі до точки $K(x, y)$ $T_{x,y}$ визначається n факторами (Z_1, Z_2, \dots, Z_n) , тобто $T_{x,y} = G(Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$. Кожний фактор змінюється в обмеженій області, $z_j \in [Z_j, \bar{Z}_j], j = \overline{1, n}$. Експертом встановлено, що всі аргументи функції G задані нечіткими числами $(\tilde{Z}_1, \tilde{Z}_2, \dots, \tilde{Z}_n)$ із функціями належності:

$$\mu_{\tilde{Z}_i}(z_j) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } z_j < \underline{Z}_i \text{ або } z_j > \bar{Z}_i, \\ \frac{z_j - \underline{Z}_i}{a_i - \underline{Z}_i}, & \text{якщо } \underline{Z}_i \leq z_j \leq a_i, \\ \frac{\bar{Z}_i - z_j}{\bar{Z}_i - a_i}, & \text{якщо } a_i \leq z_j \leq \bar{Z}_i. \end{cases} \quad (3)$$

Для ідентифікації (2) використаємо принцип узагальнення Заде [2, 3], який за наших позначень і вказаних умов формулюється так.

Якщо $T_{x,y} = G(Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$ – функція від n незалежних змінних і аргументи Z_1, Z_2, \dots, Z_n

задані нечіткими числами $\tilde{Z}_1, \tilde{Z}_2, \dots, \tilde{Z}_n$, відповідно, то значенням функції

$$\tilde{T}_{x,y} = G(\tilde{Z}_1, \tilde{Z}_2, \dots, \tilde{Z}_n)$$

є нечітке число $\tilde{T}_{x,y}$ з функцією належності

$$\mu_{\tilde{T}_{x,y}}(t) = \max_{\substack{i=G(Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \\ Z_i \in \sup p(Z_i), i=1, n}} \min_{i=1, n} \mu_{\tilde{Z}_i}(Z_i). \quad (4)$$

Таким чином, знаючи функції належності кожного із аргументів чіткої функції G , (4) дозволяє знайти функцію належності значень результуючої характеристики.

Припустимо, що шлях поширення вогню від точки $M(x_0, y_0)$ до точки $K(x, y)$ проходить через n приміщень та перешкод. Тоді функція G є такою:

$$T_{x,y} = T_1 + T_2 + \dots + T_n, \quad (5)$$

де $T_i, i = \overline{1, n}$ – час розповсюдження вогню до границі i -го приміщення або час вигорання чи руйнування i -ї перешкоди. Зауважимо, що функцію (4) можна отримати декількома способами. Перший із них полягає у тому, що експерт вказує для кожного $T_i, i = \overline{1, n}$, декілька значень із відповідною мірою впевненості і тоді нечітка множина T_i може бути представлена як

$$T_i = \sum_{j=1}^{n_i} \mu_{T_i}(t_j) / t_j, \quad (6)$$

де знак суми означає об'єднання пар <значення часу – значення його функції належності>. Другий спосіб базується на виборі декількох представників $t_j \in T_i, j = \overline{1, n_i}$, що належать носіям відповідних нечітких множин, розрахунку значень $\mu_{T_i}(t_j)$ за функцією (3). Результати застосування як першого, так і другого способу дозво-

ляють здійснити перехід до подальших кроків згідно із формулою (4). Одержавши функцію належності (4) і виконавши дефазифікацію [3, 4], одержуємо число, яке відповідатиме шуканому часу поширення пожежі.

Цілком зрозуміло, що судження одного експерта і результати відповідного розрахунку не можна інтерпретувати як керівництво до дії, а лише як додаткову інформацію. Збільшити достовірність можна, використовуючи дані, одержані від декількох експертів. При цьому є варіанти їх використання. У першому варіанті судження експертів достатньо усереднити, одержати трапецієподібні функції належності і реалізувати процедуру, аналогічну наведеній вище. При цьому, звичайно, компетентності експертів вважаються однаковими. Інший спосіб полягає у використанні нечітких баз знань [4, 5].

Нечіткі бази знань, як відомо, відображають таку структуру: "Якщо А, то В". При цьому і А, і В насправді є функціями належності, що визначають впевненість експерта у тому, що вхідний фактор та результуюча характеристика (швидкість поширення вогню) набувають значень із певних обмежених множин. База знань може містити значну кількість правил, що визначається деталізацією та точністю експертних припущень. Функції належності в такій базі представлені своїми параметрами, кількість яких визначається їх формою. Традиційно використовують трикутні, трапецієподібні та Гаусівські функції належності. Розрахунки в останньому випадку спрощуються, але їх одержати та верифікувати досить складно.

Наступним етапом після формування такої бази даних є ідентифікація залежності (2). При цьому виникає проблема роботи із нечіткими множинами, функціями належності та процедурами їх структурної і параметричної ідентифікації. Варто також враховувати те, що використання (2) базується на представленні вхідної інформації у нечіткому вигляді, а також те, що необхідно інтерпретувати результат, який буде функцією належності. Важливу роль відіграє необхідність розв'язання задачі параметричної оптимізації функцій належності.

Висновки

Використання для підтримки прийняття рішень в процесах пожежогасіння інформаційно-аналітичних систем необхідне для об'єктивізації суб'єктивних рішень. Запропонована в статті процедура обчислення часу поширення пожежі від однієї точки до іншої дозволить керівнику процесом пожежогасіння визначати вирішальні напрямки розгортання бойових сил та засобів, що особливо важливо для об'єктів, що становлять загрозу життю людей та навколишньому середовищу. Моделювання із застосуванням елементів теорії нечітких множин сприятиме збільшенню адекватності процесів прийняття рішень реальній ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Миронов М.П., Маскаева Л.Н., Макурин Ю.Н. Применение комплексного вероятностного подхода к прогнозированию пожаров и оценке ущерба от них // Пожарная безопасность. – 2005. – № 5. – С. 110–114.
2. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С. 172–215.
3. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети: Учеб. пособ. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
4. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.
5. Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. Soft Computing: Идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2002. – 145 с.

Стаття надійшла до редколегії 10.03.2007
Рецензент д.т.н., проф. Златкін А.А.

Биченко А.О., начальник відділення науково-дослідної роботи Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля.

Снитюк В.Є., к.т.н., доцент, докторант Київського національного університету імені Тараса Шевченка.