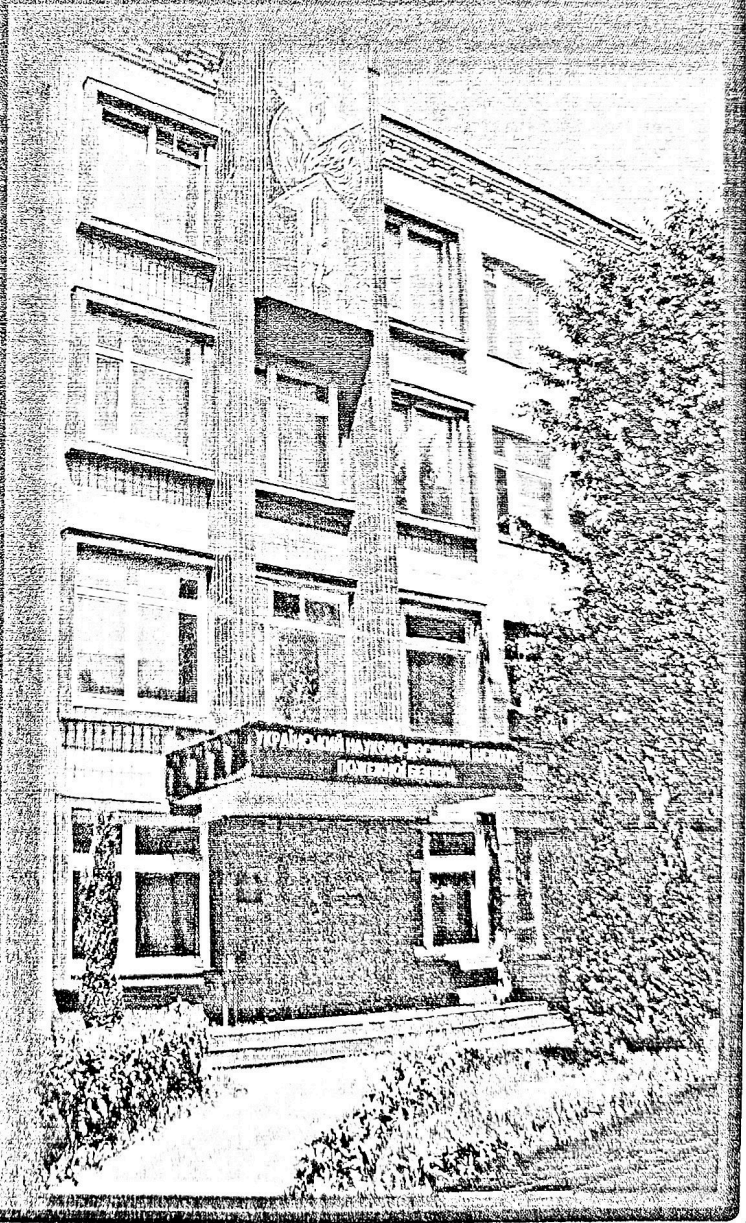




Науковий вісник

Українського
науково-дослідного
інституту
пожежної безпеки



Науковий журнал

№ 1 (17), 2008



НАУКОВИЙ ВІСНИК УкрНДІПБ

№ 1 (17), 2008

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Редакційна колегія:

головний редактор
канд. техн. наук **Откідач М.Я.**
заступник головного редактора
канд. техн. наук **Шкоруп О.І.**
науковий редактор
д-р техн. наук, проф. **Круковський П.Г.**
заступник наукового редактора
канд. техн. наук **Новак С.В.**
заступник наукового редактора
канд. техн. наук **Антонов А.В.**

д-р фіз.-мат. наук **Акіншин В.Д.**
д-р техн. наук **Володарський Є.Т.**
д-р техн. наук **Губарев О.П.**
д-р техн. наук **Кашуба О.І.**
д-р техн. наук **Жартовський В.М.**
д-р техн. наук **Пашковський П.С.**
д-р хім. наук **Сушко В.О.**
канд. хім. наук **Білкун Д.Г.**
канд. хім. наук **Білошицький М.В.**
канд. техн. наук **Боровиков В.О.**
канд. техн. наук **Довбиш А.В.**
канд. техн. наук **Ковалишин В.В.**
канд. техн. наук **Сізіков О.О.**
канд. юр. наук **Хом'як Я.І.**
канд. фіз.-мат. наук **Цапенко А.С.**

технічний редактор **Полуян П.В.**

Заснований у 2000 році
Виходить 2 рази на рік

Засновник і видавець
Український науково-дослідний інститут
пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України

Журнал внесено до Переліку фахових видань
у галузі технічних наук, в яких можуть публікува-
тись результати дисертаційних робіт на здобуття
наукових ступенів доктора і кандидата наук
Постанова ВАК України від 13.12.2000 № 4-10/12т

Журнал зареєстровано Державним комітетом
інформаційної політики України
Свідоцтво від 11.01.2000 серія КВ № 3943

У разі передруковування матеріалів письмовий
дозвіл УкрНДІПБ МНС України є обов'язковим

Рекомендовано до видання рішенням науково-
технічної ради УкрНДІПБ МНС України
Протокол від 26.06.2008 № 8

Адреса редакції:
вул. Рибальська, 18, м. Київ, 01011, Ukraine (UA)

Телефони:
(+38 044) 2 801 801 (головний редактор)
(+38 044) 2 803 302 (редакція)

e-mail: undipb.kyiv@mns.gov.ua
http://undipb.kiev.ua

Підписано до друку 28.10.2008

Формат 60 × 84/8
Ум. друк. арк. 26 ¼
Тираж 500 прим.

Віддруковано
ДП «Друкарня МВС України»
вул. Дегтярівська, 15б, м. Київ, 04050
тел./факс: (+38 044) 483 77 74

В.О. Боровиков, А.В. Антонов, О.М. Слущка
Методологія оцінювання вогнегасної ефективності піни низької кратності під час гасіння горючих рідин.

148

V. Borovykov, A. Antonov, O. Slutska
Methodology of estimation of fire extinguishing efficiency of low expansion foam at extinguishing of combustible liquids.

Ю.О. Копистинський, В.М. Баланюк, О.І. Лавренюк, Д.А. Журбинський
Перебіг окремих внутрішніх процесів у вогнегасних в аерозолях під час гасіння дифузійного палючого.

155

Yu. Kopystynskyy, V. Balanyuk, O. Lavrenyuk, D. Zhurbynskyy
Passing of some internal processes in aerosols at the time of extinguishing of diffusive flame.

Д.А. Журбинський
Експериментальне визначення флегматизувальних та вогнегасних концентрацій деяких аерозольних вогнегасних речовин.

160

D. Zhurbinskiy
Experimental determination of inerting and extinguishing concentrations of some aerosol fire extinguishing substances.

А.В. Мізяк, В.А. Данільченко
Новий метод визначення ефективності роботи іскрогасників.

163

A. Mzyak, V. Danilchenko
A new method for the determination of efficiency of functioning of spark-arresters.

В.П. Литвин
Очистка местности от неразорвавшихся боеприпасов.

167

V. Litvin
Mopping-up of the locality from the unbursted ammunitions.

В.В. Козуб, Є.В. Мартин
Зношування хромового евтектичного покриття при кавітації в корозійних середовищах з рН 6,8.

172

V. Kozub, Ye. Martyn
Deterioration of chromic eutectic coating at cavitation in corrosive media having pH value 6.8.

Н.В. Воропай
Інтерфейсний мікроконтролер для спектрометричного тракту.

176

N. Voropay
An interface microcontroller for spectrometric tract.

С.П. Назарчук, М.І. Сичевський
Оцінка жорсткості проміжної опори з елементами віброізоляції валопроводу додаткової трансмісії насоса пожежної автоцистерни.

182

S. Nazarchuk, M. Sychevskyy
Estimation of stiffness of intermediate support with elements of vibration isolation of drive shafting of additional transmission of the pump of fire-extinguishing tanker.

А.О. Биченко
Гібридні моделі часу поширення пожежі на основі висновків одного експерта.

190

A. Bychenko
Hybrid models for duration of fire spreading on the basis of conclusions of a single expert.

О.А. Машкін, Ю.Л. Забулонов, Л.Г. Кур'янова, А.С. Пашинський
Про можливість використання біодеструкторів для очищення стічних вод молокопереробних підприємств.

196

O. Mashkin, Yu. Zabolonov, L. Kuryanova, A. Pashinskiy
On possibility of using of biological destructors for the purification of sewage waters produced by milk processing plants.

АНОТАЦІЇ 199 ANNOTATIONS



УДК 519.863.001.63

А. О. Биченко

ГІБРИДНІ МОДЕЛІ ЧАСУ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ НА ОСНОВІ ВИСНОВКІВ ОДНОГО ЕКСПЕРТА

Розглянуто проблему оптимізації дій пожежного розрахунку при пожежі на особливо небезпечних об'єктах. Виконано формалізацію задач визначення часу поширення вогню та запропоновано відповідні моделі, основу яких становлять експертні нечіткі судження. Для об'єктивізації експертних висновків запропоновано застосовувати елементи теорії нечітких множин та еволюційного моделювання.

Особливістю пожеж на небезпечних об'єктах є необхідність врахування великої кількості факторів, невизначеності вихідної інформації, великої варіабельності варіантів розвитку пожежі та критичні умови прийняття рішень. Такими обставинами обґрунтовується вибір «м'яких» технологій для визначення параметрів розвитку пожежі, зокрема, елементів теорії нечітких множин [1], нейромереж [2], еволюційного моделювання [3] і штучного інтелекту [4].

Певні кроки у цьому напрямку зроблені в Академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля. Так, в роботі [5] виконані постановки задач для визначення часу та швидкості поширення вогню до особливо небезпечного об'єкта, встановлені особливості процесу моделювання з використанням нечіткої інформації та запропоновано структуру нечіткої бази знань. Технологія розрахунку часу поширення пожежі на основі нечітких експертних висновків наведена в [6]. Формалізація вихідних даних та загальна структура моделі часу поширення пожежі на основі продукційних нечітких правил представлена в [7]. Аспекти об'єктивізації суб'єктивних суджень та її реалізація з використанням нейронечітких технологій розглянуто в [8].

Останні роботи є першим кроком у напрямку зменшення невизначеності прийняття рішень по розподілу сил і засобів при пожежогасінні особливо небезпечних об'єктів. Разом із тим необхідно зауважити про існування множини моделей, за допомогою яких шляхом моделювання можна було б одержати нові знання про параметри розвитку пожеж. Моделі визначаються постановками задач, кількістю та змістом факторів, які необхідно врахувати, а також формою і змістом початкових даних. У статті розглянемо моделі визначення часу поширення пожежі на основі суджень одного експерта.

Перед постановкою задач зауважимо, що результат їх розв'язання спрямований на надання інформаційно-консультативного супроводу особі, що приймає рішення, при пожежогасінні особливо небезпечних об'єктів. Практична реалізація сукупності моделей передбачає їх використання в інформаційно-аналітичних системах та видачу пожежному розрахунку при виїзді на пожежу спеціальної документації.

Загальною інформацією для моделювання є те, що структурна схема особливо небезпечного об'єкта є відомою. Пожежа виникла в точці $A(x^*, y^*)$, особливо небезпечний об'єкт знаходиться в точці $E(x^*, y^*)$. Припустимо, що вогонь може поширюватись так, щоб кут відхилення його напрямку від відрізка AE не перевищував 90° (раціональне звузнення області моделювання).

Задача 1. Припустимо, що маршрут поширення вогню відомий і проходить через n об'єктів, до яких належать приміщення, технологічні отвори тощо. Експерт робить припущення про час проходження вогню через кожний об'єкт у вигляді нечітких висновків. Необхідно знайти час досягнення вогнем точки E .

Модель 1. Запишемо відповідну модель у вигляді нечіткого продукційного правила:

$$\text{якщо } t_1 \in A_1 \& t_2 \in A_2 \& \dots \& t_n \in A_n, \text{ то } t = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1)$$

де t_i – час проходження вогнем i -го об'єкта;

A_i – функції належності, $i = \overline{1, n}$.

В (1) A_i – відомі функції трикутного, трапецієподібного, гаусівського або дзвоноподібного виду. Результуючий час є нечітким числом і має бути представленим через свою функцію належності. Таким чином, він є значенням чіткої функції (сумою) від нечітких змінних і для його знаходження можна скористатись принципом узагальнення Заде [1]. Зауважимо, що в цій задачі можуть використовуватись і несиметричні трикутні функції належності. Важливою проблемою є оцінка точності результату. Пропонуємо таку процедуру. Оскільки для різних типів приміщень, покриттів, технологічних отворів є табличні дані їх вигорання, руйнування тощо у вигляді інтервалу значень $[a_i, b_i]$, $i = \overline{1, n}$, то результуючий час

належатиме відрізьку $\left[\sum_{i=1}^n a_i, \sum_{i=1}^n b_i \right]$ і найбільш ймовірний час за відсутності додаткових

принципів розраховується як середнє арифметичне $t_i = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n b_i \right)$.

Для часу, знайденого за (1), виконаємо дефазифікацію за методом центра ваги (центроїдним) методом:

$$t_f = \frac{\int_{\bar{z}} z \mu_{\theta}(z) dz}{\int_z \mu_{\theta}(z) dz}, \quad (2)$$

де інтервал $[Z, \bar{Z}]$ – є носієм результуючої функції належності. Точність розв'язку можна оцінити за абсолютним значенням відхилення:

$$\varepsilon_1 = |t_i - t_f|$$

або відносним:

$$\varepsilon_2 = \frac{|t_i - t_f|}{t_i} 100\%$$

Задача 2. Припустимо, що експерт прогнозує варіанти розвитку пожежі у вигляді «пучка» маршрутів. Така ситуація відповідає випадку, коли загальний шлях із приміщення в приміщення залишається відносно постійним, а у самому приміщенні пожежа може розвиватися по-різному. Тоді необхідно знайти середній час поширення вогню до точки E з урахуванням того, що шлях поширення вогню залишається майже незмінним, а кожне експертне припущення має ваговий коефіцієнт, який вказує на можливість розвитку пожежі відповідним шляхом.

Модель 2. Відповідна модель є такою:

$$\begin{aligned} \text{якщо } t_1 \in A_1^1 \& t_2 \in A_2^1 \& \dots \& t_n \in A_n^1, & \text{то } t^1 = \sum t_i \cdot w_1 \\ \text{або, якщо } t_1 \in A_1^2 \& t_2 \in A_2^2 \& \dots \& t_n \in A_n^2, & \text{то } t^2 = \sum t_i \cdot w_2, \\ \text{або, якщо } t_1 \in A_1^m \& t_2 \in A_2^m \& \dots \& t_n \in A_n^m, & \text{то } t^m = \sum t_i \cdot w_m, \end{aligned} \quad (3)$$

де A_i^j – функція належності часу проходження вогнем i -го приміщення у j -му варіанті розвитку пожежі;

w_j – вагові коефіцієнти варіанту розвитку пожежі;

$i = \overline{1, n}$;

$j = \overline{1, m}$.

Припустимо, що вагові коефіцієнти нормовані і $\sum_{j=1}^m w_j = 1$. Тоді, як і у випадку задачі 1,

значення t^j , $j = \overline{1, m}$, розраховуємо за принципом узагальнення Заде, виконуємо дефазифікацію і одержуємо чіткі значення t_f^j для кожного варіанту розвитку пожежі. Результуюче очікуване середнє значення часу розвитку пожежі до точки E знаходимо за формулою:

$$t_f = \sum_{j=1}^m w_j t_f^j \quad (4)$$

Задача 3. Припустимо, що пожежа може розвиватись різними шляхами через різну кількість приміщень. Необхідно визначити маршрут за яким пожежа досягне точки E за найменший, найбільший та середній час.

Модель 3. Сукупність продукційних правил буде відрізнятись від (5) тим, що кількість структурних елементів у кожному рядку може бути різною. Зокрема, кількість приміщень через які пройде вогонь, визначається вектором $j = (j_1, j_2, \dots, j_m)$, де j_k – кількість приміщень при k -му варіанті розвитку пожежі. Далі знайдемо t^j , $j = \overline{1, m}$ і розв'яжемо задачі пошуку значень:

$$j_{\min} = \arg \min_j t^j; \quad (5)$$

$$j_{\max} = \arg \max_j t^j; \quad (6)$$

$$j_{\text{ave}} = \arg \min_j \left| t^j - \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m t^l \right|, \quad (7)$$

де j_{\min} , j_{\max} , j_{ave} – номери маршрутів, що відповідають мінімальному, максимальному та середньому часу поширення вогню від точки A до точки E .

Зауважимо, що задачі, наведені вище, відповідали випадку, коли приймалось припущення про правильність оцінки експертних висновків і, відповідно, функції належності мали вірні значення параметрів, що зводило процес розв'язання задач до рутинних обчислювальних процедур. Разом з тим, відомо, що експерт, приблизно правильно оцінюючи часткові значення, часто помиляється при прогнозуванні інтегрального показника, аналогічна ситуація може мати місце і у протилежному випадку. Забезпечити стійкість моделі до суб'єктивних випадкових збурень можна, використовуючи процедури навчання, які

спрямовані на підсилення властивості узагальнення, тобто до її використання у ситуаціях, які раніше не розглядалися.

Задача 4. Припустимо, що точка виникнення пожежі A не змінюється. Шляхи поширення вогню до точки E можуть бути різними. Необхідно знайти час поширення вогню від точки A до точки E за певним маршрутом.

Модель 4. Вихідною інформацією для розв'язання цієї задачі є маршрути поширення вогню від A до E , а також час поширення вогню у вигляді чіткого або нечіткого числа. На першому етапі зробимо припущення, що результуючий час є чітким числом. Нехай n – кількість припущень і точка A знаходяться в першому приміщенні. Тоді модель є такою:

$$\begin{aligned} \text{якщо } t_1 \in A_1^1 \ \& \ t_2 \in A_1^2 \ \& \dots \ \& \ t_n \in A_1^n, \quad \text{то } t = t_1 \\ \text{або, якщо } t_1 \in A_2^1 \ \& \ t_2 \in A_2^2 \ \& \dots \ \& \ t_n \in A_2^n, \quad \text{то } t = t_2; \\ \text{або, якщо } t_1 \in A_p^1 \ \& \ t_2 \in A_p^2 \ \& \dots \ \& \ t_p \in A_p^n, \quad \text{то } t = t_p, \end{aligned} \quad (8)$$

де p – загальна кількість можливих маршрутів із врахуванням фактора «північно-західного кута».

Певні елементи у виразі (8) відсутні, тобто, якщо n -го приміщення немає на i -му маршруті, то відсутнім буде елемент $t_i \in A_i^k$.

Функції належності, що визначають нечіткі множини A_j^i , є параметричними залежностями і для того, щоб знайти час поширення вогню по маршруту, який раніше не розглядався, необхідно виконати їх ідентифікацію. Недоліком моделі (8) є те, що функція належності часу поширення вогню через k -е приміщення залишатиметься незмінною для різних його шляхів. Цей факт привнесе зміщення у результуюче значення часу.

Нехай апріорні судження експерта зведені в таблицю (таблиця 1):

Таблиця 1 – Апріорні судження експертів

№ шляху	Приміщення та перепони на шляху вогню				
	1	2	3	...	n
1	t_1^1	t_1^2	t_1^3	...	t_1^n
2	t_2^1	t_2^2	t_2^3	...	t_2^n
...
p	t_p^1	t_p^2	t_p^3	...	t_p^n

У таблиці 1 t_k^i – задане експертом чітке значення часу поширення вогню через приміщення або певну перепону, $t_k^i = 0$, якщо на k -му шляху немає i -го приміщення або перепони. Будемо припускати, що кількість маршрутів у таблиці 1 є достатньо великою, але значно меншою від усієї можливої їх кількості, обмеженої «північно-західним» напрямком. Вважаємо також, що функції належності часу поширення вогню до для кожного приміщення і перепони структурно ідентифіковані та можуть бути різними. Здійснимо параметричну ідентифікацію функції належності, використовуючи спрощений алгоритм [9] і генетичний алгоритм. Тоді метод пошуку оптимальних параметрів функцій належності (САГА) буде таким:

Крок 1. Визначити області зміни кожного із параметрів. У спрощеному вигляді:

$$\alpha_i \in \Omega, \quad i = \overline{1, q},$$

де α_i – параметри функцій належності;

$$\Omega = \left[\min_i \Omega_i, \max_i \Omega_i \right];$$

Ω_i – області значень i -го параметра.

Крок 2. Задамо точність результату і виконаємо відповідну дискретизацію області Ω .

Крок 3. Формуємо представницьку популяцію потенційних розв'язків:

$$v_1 = (\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_q^1);$$

$$v_2 = (\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_q^2);$$

$$v_l = (\alpha_1^l, \alpha_2^l, \dots, \alpha_q^l).$$

де l – її розмірність.

Крок 4. Розраховуємо сумарний час для кожного потенційного розв'язку:

4.1. Знаходимо значення функцій належності $A_1^1(t_1^1), A_1^2(t_1^2), \dots, A_p^n(t_p^n)$.

4.2. Для кожного маршруту ($i = \overline{1, p}$) обчислюємо:

$$\beta_i = \min \{ A_i^1(t_i^1), A_i^2(t_i^2), \dots, A_i^n(t_i^n) \}.$$

4.3. Розраховуємо значення:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^p \beta_i t_i}{\sum_{i=1}^p \beta_i},$$

де t_i – загальний час поширення вогню від точки A до точки E .

4.4. Знаходимо середнє значення:

$$t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p t_i.$$

4.5. Обчислюємо значення цільової функції:

$$F = |T - t|.$$

Крок 5. Одержуємо послідовність значень цільової функції $\{F_1, F_2, \dots, F_l\}$.

Крок 6. Виконуємо процедури генетичного алгоритму.

Крок 7. Якщо виконана умова зупинки, то закінчення алгоритму, якщо ні – перехід на крок 3.

Зауваження 1. За алгоритмом САГА знаходимо оптимальні (квазіоптимальні) значення параметрів функцій належності та одержуємо можливість знайти середній час поширення вогню і за допомогою певних процедур – маршрут, який є середнім за критерієм часу.

Зауваження 2. Якщо шлях вогню не проходить через певні приміщення, то відповідні функції належності при розрахунках не враховуються.

Розглянуті задачі і розроблені моделі становлять фундамент процесів прийняття рішень при пожежогасінні особливо небезпечних об'єктів. Водночас зауважимо, що запропоновано технологію об'єктивізації суб'єктивних висновків тільки одного експерта, а на практиці

мають місце до певної міри компромісні рішення групи експертів. Тому аналіз групових висновків становить перспективну частину дослідження. Іншою особливістю є те, що одержані результати не обов'язково є оптимальними за рахунок випадкового пошуку і є необхідність у застосування додаткових оптимізаційних процедур. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є застосування композиції нейромереж і генетичних алгоритмів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир. 1976. – 166 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: Вильямс. 2006. – 1104 с.
3. Goldberg D.E. Genetic algorithms in search, optimization and machine learning. – Addison Wesley. 1989. – 196 p.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: Современный подход. – М.: Вильямс. 2005. – 1424 с.
5. Снитюк В.Е., Быченко А.А. Аспекты нечеткости при моделировании процессов распространения пожара на особо опасных объектах // АСУ и приборы автоматики. – 2006. – Вып. 134. – С. 89–93.
6. Биченко А.О., Снитюк В.Є. Нечітка ідентифікація процесів поширення пожежі на особливонебезпечних об'єктах в умовах невизначеності // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, 2007. – № 1-2. – С. 43–45.
7. Быченко А.А. Модели распространения пожара на особо опасных объектах в условиях неопределенности // Искусственный интеллект. – 2006. – № 3. – С. 359-365.
8. Снитюк В., Быченко А. Эволюционное моделирование процесса распространения пожара // In Proceedings of the XIII Int. Conf. "Knowledge-Dialogue-Solution", Varna, 2007. – P. 247–254.
9. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2001. – 224 с.

