

УДК 614.8

Мирошник О. М., канд. техн. наук., доцент, Землянський О. М., канд. техн. наук., доцент,
Лагно Д. В., Бас О. В.,
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО МЕТОДУ ГРУПОВОГО ВРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН В УМОВАХ АВАРІЇ

На основі аналізу надзвичайних ситуацій техногенного характеру з викидом у повітря небезпечних хімічних речовин визначено вхідні параметри для проведення моделювання. Досліджено можливість застосування нечіткого методу групового урахування аргументів з різними опорними функціями та функціями належності нечітких величин. На основі отриманих результатів зроблені висновки щодо ефективності використання запропонованого методу в системах прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Ключові слова: прогнозування, метод групового урахування аргументів, хімічне забруднення.

Зростання масштабів господарської діяльності і кількості великих промислових комплексів, концентрація на них агрегатів і установок великої і надвеликої потужності, використання у виробництві великих кількостей потенційно небезпечних речовин збільшує вірогідність виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Надзвичайні ситуації техногенного характеру загрожують людині, економіці і природному середовищу або здатні створити загрозу внаслідок імовірного вибуху, пожежі, затоплення або забруднення (зараження) навколишнього середовища [1].

Одним із найбільш небезпечних проявів аварій у промисловості і транспорті є викид небезпечних хімічних речовин (НХР) і розповсюдження їх в атмосфері. Найбільші техногенні катастрофи, такі як аварія на хімічному заводі Union Carbide в індійському місті Бхопал, Індія, 1984 р (число жертв до 18 тисяч осіб), вибух на хімічному заводі компанії «Нипро Кемікл Плант р. Фликсборо, Великобританія 1974 р. (число жертв вибуху понад 60 осіб, потужні руйнування). Вибух і отруйна хмара р. Севезо, Італія 1976 р. стали причиною знищення цілого міста, а також поштовхом для появи в 1982 р. «директиви Севезо», що стала початком створення сучасного європейського законодавства у сфері безпеки в промисловості.

Було б передчасно вважати, що у найближчому майбутньому кількість аварій зменшиться. Тому важливою задачею є мінімізація негативних їх наслідків, до яких, у першу чергу відносяться людські життя, екологічні катастрофи і матеріальні збитки. Її вирішення залежить від якості прийнятих рішень як до аварії, так і після неї. Інформаційною основою при цьому є дані про параметри аварії, концентрації НХР і її динаміка в зоні забруднення [2].

Постановка задачі та її розв'язання. Основна мета роботи полягає у проведенні моделювання дослідження нечіткого методу групового урахування аргументів (НМГУА) з метою визначення доцільності його застосування у задачах прогнозування зони хімічного забруднення. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- встановити вхідні параметри для проведення моделювання за допомогою нечіткого методу групового урахування аргументів;
- здійснити моделювання з використанням нечіткого методу групового урахування аргументів з використанням різних опорних функцій та функцій належності;
- здійснити обробку отриманих даних експериментів та зробити висновки.

Результати дослідження дозволять встановити доцільність застосування у задачах прогнозування зони хімічного забруднення нечіткого методу групового урахування аргументів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Питанню визначення зони забруднення, концентрації НХР під час хімічної аварії присвятили свої роботи багато вітчизняних за зарубіжних вчених, а саме: Іванов А.В., Мاستрюков Б.С., Баладурін Б.А., Міхалкін В.Н., Шостак І.В. та ін. Вони розробили для систем моніторингу надзвичайних ситуацій (НС) цілий ряд моделей [3-6]. За кількісним описом їх можна розділити на кілька рівнів:

- 1) прості напівемпіричні моделі;
- 2) гаусівські моделі дисперсії домішки в атмосфері;
- 3) моделі розсіювання, засновані на інтегральних законах збереження;
- 4) моделі, побудовані на чисельному рішенні системи рівнянь газодинаміки (моделі чисельного моделювання класу CFD - Computational Fluid Dynamics).

Основною проблемою подальшого застосування цих моделей є обмеженість і сумнівна достовірність вихідних даних, що не дозволяє отримувати адекватні кількісні показники процесів формування розсіювання хмари НХР. Тому питання підбору оптимальних моделей для визначення зони хімічного забруднення має актуальне значення і на сьогоднішній день.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Одним з найбільш точних методів апроксимації залежностей заданих таблично є метод групового урахування аргументів (МГУА) [7]. Відповідною моделлю є поліном Колмогорова-Габора

$$Y = a_0 + \sum_i a_i X_i + \sum_i \sum_{j>i} a_{ij} X_i X_j + \dots, \quad (1)$$

де, X_i - вхідні параметри, a_i - коефіцієнти.

Найчастіше для реалізації МГВА використовується одна з опорних функцій виду [8]:

$$1. y = a_0 + a_1 x_i x_j.$$

$$2. y = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j.$$

$$3. y = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j + a_3 x_i x_j.$$

$$4. y = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j + a_3 x_i^2 + a_4 x_j^2 + a_5 x_i x_j.$$

У роботах [4,5] проводилися дослідження алгоритмів нечіткого методу групового урахування аргументів з трикутною функцією приналежності (ФП) в задачах прогнозування макроекономічних показників України. Використовуючи запропоновану методику проведемо розрахунок прогнозування зони хімічного забруднення надзвичайної ситуації техногенного характеру. В якості вхідної інформації приймемо наступні змінні:

(x_0, y_0, z_0) – координата точки аварії,

t_0 – час виникнення аварії,

μ – молярна маса НХР,

V – загальний об'єм викидів,

ν – об'ємна швидкість викиду,

u – швидкість вітру,

S – параметр, що характеризує стабільність атмосфери по Пасквілу,

(x, y, z) – координата точки, у якій у момент часу t ,

C – концентрація НХР.

Тоді розв'язок задачі прогнозування концентрації НХР можна отримати в результаті ідентифікації залежності:

$$C = F(x_0, y_0, z_0, t_0, \mu, V, \nu, u, S, x, y, z, t), \quad (2)$$

Використання такої моделі дозволить одержати поля концентрації для будь-якої точки зони зараження в будь-який момент часу.

З метою зменшення кількості вхідних параметрів необхідно ввести ряд обмежень:

- координати місця викиду не використовуються під час моделювання, і будуть використані під час візуалізації результатів.

- напрям осі u збігається з напрямом вітру.

- початок осей координат (x, y, z) відповідає місцю виникнення аварії.

- початок відліку часу t відбувається в момент виникнення аварії t_0

При таких умовах, в якості початкових даних для ідентифікації МГВА в якості вхідних параметрів може бути використана таблиця виду:

μ_1	V_1	v_1	u_1	S_1	C_1
μ_2	V_2	v_2	u_2	S_2	C_2
μ_3	V_3	v_3	u_3	S_3	C_3
μ_n	V_n	v_n	u_n	S_n	C_n

Наведемо деякі дані із отриманих результатів.

1. Результати структурної ідентифікації у вікні прогнозування розміром у 15 точок, із яких 10 було

виділено для навчання і 5 – на вибірку для перевірки. Під час ідентифікації на наступний етап передавалося 10 кращих моделей поточного етапу.

Опорна функція, що використовується:

$$C = A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2. \quad (3)$$

Величина середньоквадратичного відхилення середньоквадратичного відхилення: 0,72.

2. Результати структурної ідентифікації на вікні прогнозування розміром у 12 точок, із яких 7 було виділено для навчання і 5 – на

вибірку для перевірки. Під час ідентифікації на наступний етап передавалося 10 кращих моделей поточного етапу.

Опорна функція, що використовується:

$$C = A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + A_{11} \cdot x_1^2 + A_{22} \cdot x_2^2 \quad (4)$$

Величина середньоквадратичного відхилення (на вибірці, яка складається із точок навчання і прогнозованих): 0,25.

Аналіз результатів експерименту. Як видно із наведених результатів ідентифікація структури моделей із використанням нечіткого методу групового урахування аргументів дає достатньо високі результати під час прогнозування навіть для моделей із лінійною залежністю. Для лінійних моделей СКВ не перевищує значення 0,72, для залежності виду (4) середньоквадратичного відхилення не перевищує значення 0,3.

Найкращі результати структурної ідентифікації і прогнозування отримані на вікні розміром 12 точок за допомогою використання квадратичних часткових описів і максимально можливій свободі вибору (на кожному етапі синтезу відбиралося 10 кращих моделей).

Довготривалий прогноз зони хімічного забруднення під час НС техногенного характеру в результаті вище описаних експериментів має високу якість (як для моделей з покроковою адаптацією коефіцієнтів, так і без неї), що вказує на можливість успішного використання нечіткого методу групового урахування аргументів у системах прогнозування

хімічних катастроф. Особливий інтерес викликало порівняння результатів прогнозування із використанням моделей, які адаптуються, і моделей без адаптації.

Результати проведеного моделювання із різними функціями приналежності. Було проведено експериментальне моделювання невідомої функції з використанням програмної реалізації описаного вище алгоритму нечіткого методу групового урахування аргументів із використанням різних функцій приналежності. В якості вхідних параметрів були взяті наступні показники:

- молярна маса хімічної речовини;
- швидкість вітру;
- швидкість виходу хімічної речовини;
- загальний об'єм хімічної речовини;
- параметр, що характеризує

стабільність атмосфери по Пасквілу.

Вихідною змінною, що прогнозується, була концентрація небезпечної хімічної речовини в зоні можливого хімічного забруднення. Масив вхідних даних розміром 28 точок був розбитий на 11 вікон (проміжків) даних, на яких будувалася модель. Розмір кожного вікна склав 12 точок, кожне вікно було зміщене на одиницю часу (2 хв) відносно попереднього значення. Після цього проводився прогноз на 5 кроків уперед.

На кожному етапі синтезу нечіткого методу групового урахування аргументів вибиралося 7 кращих повних квадратних моделей часткових описів. Співвідношення критеріїв регулярності і незміщеності у визначенні похибки часткових описів: 0,7/0,3. Для гаусівської і колоподібної функції належності задавався рівень значимості 0,7 [3, 5].

Висновки. Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

Використання нечіткого методу групового урахування аргументів у задачах прогнозування зони забруднення НХР зі складною динамікою і невідомим функціональним взаємозв'язком між процесами

є повністю обґрунтованим і дозволяє отримати порівняно високу точність прогнозу. Використання адаптації коефіцієнтів знайденої нечіткої моделі по поточних даних дозволяє підвищити точність прогнозування на 15-20%.

Результати прогнозування по нечітким методам групового урахування аргументів практично мало залежать від типу функції приналежності. Але перевагу мають гаусівські і колоподібні функції приналежності перед трикутною, тому, що вони визначаються заданим рівнем значимості, що може забезпечити додаткову гнучкість алгоритму.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2016 році.

2. Землянський О.Н. Элементы теории прогнозирования чрезвычайных ситуаций в условиях неопределенности / О.Н. Землянський // Материали V міжд. школи-семинара «Теория принятия решений». – Ужгород: УжНУ, 2010. – С. 102.

3. Иванов А.В., Мاستрюков Б.С. О достоверности использования вычислительного комплекса PHOENICS в расчетах рассеяния вещества в возмущенном потоке // Известия ВУЗов: Черная металлургия. - 1999. - №11. - с.64-68

4. Зайченко Ю.П., Заєць І.О. Синтез і адаптація нечітких прогнозуючих моделей

на основі методу самоорганізації. // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2001. – №3. – С.34–41

5. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах. Учебное пособие. – К.: «Издательский Дом «Слово», 2008. – 344 с.

6. Мониторинг чрезвычайных ситуаций / Ю.О. Абрамов, Е.М. Гринченко, О.Ю. Киригин и др.; под редакцией Ю.О. Абрамова. –Х.:АЦЗУ, 2005. – 530 с.

7. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. – М.: Радио и связь, 1987. – 120 с.

8. Снитюк В.Є. Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми: С 53 Навчальний посібник. – К.: «Маклаут», 2008. – 364 с.

REFERENCES

1. National report on the state of technogenic and natural safety in Ukraine in 2016.

2. Zemlyansky O.N. Elements of the theory of prediction of emergency situations under conditions of uncertainty / O.N. Zemlyansky // Materials of V inter. School-seminar "Theory of decision-making". - Uzh-city: UzhNU, 2010. - P. 102.

3. Ivanov A.V., Mastryukov B.S. About the reliability of the use of the PHOENICS computing complex in calculations of the scattering of matter in a perturbed stream // Izvestiya VUZov: Black metallurgy. - 1999. - No. 11. - p.64-68

4. Zaychenko Yu.P., Zaets IO Synthesis and adaptation of fuzzy forecasting models on the basis of self-organization method. // Scientific reports of NTUU "KPI". - 2001. - №3. - p. 34-41

5. Zaychenko Yu.P. Fuzzy models and methods in intelligent systems. A manual for students of higher educational institutions. - K.: "Publishing House" Word", 2008. - 344 pp.

6. Monitoring of Emergencies / Yu.O. Abramov, E.M. Grinchenko, O.Yu. Kiroginin et al.; edited by Yu.O. Abramova -H.: ACZU, 2005 - 530 p.

7. Ivakhnenko AG, Yurachkovsky Yu.P. Simulation of complex systems based on experimental data. - Moscow: Radio and Communications, 1987. - 120 p.

8. Snituk V.E. Prognostication. Models Methods. Algorithms: From 53 Tutorial. - K.: "MacLeut", 2008. - 364 p

*Мирошник А. Н., канд. техн. наук., доц., Землянський А. Н., канд. техн. наук., доц.,
Лагно Д. В., Бас О. В.,
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобыля
Національного університету громадянської захисту України*

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОГО МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗОН РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ АВАРИИ

На основе анализа чрезвычайных ситуаций техногенного характера с выбросом в атмосферу опасных химических веществ определены входные параметры для проведения моделирования. Исследована возможность применения нечеткого метода группового учета аргументов с различными опорными функциями и функциями принадлежности нечетких

величин. На основе полученных результатов сделаны выводы относительно эффективности использования предложенного метода в системах прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Ключевые слова: *прогнозирование, метод группового учета аргументов, химическое загрязнение.*

*Myroshnyk O. M., PhD in Technical Sciences, Docent, Zemliansky O. M., PhD in Technical Sciences, Lagno D.V., Bas O. V.,
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine*

APPLICATION OF NON-BASED METHOD OF GROUP TESTING OF ARGUMENTS FOR MODELING THE DISTRIBUTION ZONE OF HAZARDOUS CHEMICALS IN THE CONDITIONS OF THE ACCIDENT

The long-term forecast of the zone of chemical contamination in the case of an accident of technogenic character as a result of the above described experiments is of high quality (both for models with step-by-step adaptation of the coefficients and without it), which indicates the possibility of successful use of the fuzzy method of group accounting of arguments in the systems of chemical catastrophe prediction. Of particular interest was the comparison of forecasting results with the use of models that adapt without adaptation.

The results of the simulated fuzzy method of group accounting of arguments in the problems of determining the zone of chemical contamination are presented. Based on the analysis of emergency situations of anthropogenic nature that were characterized by the release of hazardous chemicals into the atmosphere, it was established that minimization of the negative consequences of an emergency situation depends on the quality of the decisions made both to the accident and

after it. It is proved that the models developed by domestic and foreign scientists in the direction of forecasting the zone of pollution in emergency situations have limited and doubtful reliability. Therefore, to determine the contamination zone, it was suggested to use the fuzzy method of group accounting of arguments that would take into account the type of chemical substance, direction and speed of wind, the time of release of the substance and its volume on the input information. The initial information was the zone of contamination with a dangerous chemical substance. The experiment of applying the fuzzy method of taking into account the arguments was carried out with three membership functions: triangular, Gaussian and bell-shaped. On the basis of the results obtained, conclusions are drawn regarding the effectiveness of the proposed method in forecasting emergencies of anthropogenic nature.

Keyword: *prediction, group method of accounting arguments, chemical pollution*