

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЧІТКОГО МЕТОДУ ГРУПОВОГО УРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗОНИ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

У статті висвітлені результати експериментальних досліджень застосування нечіткого методу групового урахування аргументів у задачах визначення зони хімічного забруднення. Визначені вхідні параметри методики прогнозування та їх змінні. Проведена обробка отриманих результатів та зроблені висновки щодо ефективності використання запропонованого методу в системах прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

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

О.М. MIROSHNIK

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes, Cherkassy State Technological University

EXPERIMENTAL STUDY OF FUZZY GROUP METHOD OF ACCOUNTING ARGUMENTS IN FORECASTING AREAS OF CHEMICAL CONTAMINATION

The article highlights the results of experimental research of application of fuzzy method of group account of arguments with the purpose of determining the zone of chemical contamination. Defined input parameters of the prediction technique and their variables. Treatment of obtained results and conclusions about the effectiveness of using the proposed method in systems forecasting emergency situations of technogenic character.

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

Вступ

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 [4].

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Питанню визначення зони забруднення, концентрації НХР під час хімічної аварії присвятили свої роботи багато вітчизняних та зарубіжних вчених, а саме: Землянський О.М., 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 [2–6]. За кількісним описом їх можна розділити на кілька рівнів:

- 1) прості напівемпіричні моделі;
- 2) гаусовські моделі дисперсії домішки в атмосфері;
- 3) моделі розсіяння, 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.

Постановка задачі та її розв'язання

Основна мета роботи полягає у проведенні експериментальних досліджень нечіткого методу групового урахування аргументів (НМГУА) з метою доцільності його застосування у задачах прогнозування

зони хімічного забруднення. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- встановити вхідні параметри прогнозування;
- визначити змінні вхідних параметрів прогнозування;
- здійснити моделювання невідомої функції НМГУА та з використанням різних функцій приналежності;
- здійснити обробку отриманих даних експериментів та зробити висновки.

Результати дослідження дозволяють встановити доцільність застосування у задачах прогнозування зони хімічного забруднення НМГУА.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

У роботах [3, 5] проводилися дослідження алгоритмів НМГУА 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: період викиду НХР; об'єм НХР в технологічному обладнанні (ємності); концентрація НХР в повітрі на певній відстані від місця виходу.

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 синтезу передавалося 10 кращих моделей поточного етапу.

Частковий опис, що використовується:

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2$$

Величина середньоквадратичного відхилення (СКВ): 0,7119462.

2. Результати структурної ідентифікації на вікні прогнозування розміром у 12 точок, із яких 7 було виділено для навчання і 5 – на вибірку для перевірки. Останні 3 точки, представлені на графіку (рис.1), спрогнозовані у покроковому режимі без адаптації коефіцієнтів моделі. Під час ідентифікації на наступний етап передавалося 10 кращих моделей поточного етапу.

Частковий опис, що використовується:

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + A_{11} \cdot x_1^2 + A_{22} \cdot x_2^2$$

Величина СКВ (на вибірці, яка складається із точок навчання і прогнозованих): 0,249623.

3. 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 синтезу передавалося 10 кращих моделей поточного етапу.

Частковий опис, що використовується:

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + A_{11} \cdot x_1^2 + A_{22} \cdot x_2^2$$

Величина СКВ: 0,116168.

4. 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 синтезу передавалося 10 кращих моделей поточного етапу.

Частковий опис, що використовується:

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2$$

Величина СКВ: 0,7151176.

5. Прогноз 10 точок за допомогою моделі, яка синтезована єдиний раз, без покрокової адаптації коефіцієнтів.

Частковий опис, що використовується під час синтезу прогнозованої моделі:

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + A_{11} \cdot x_1^2 + A_{22} \cdot x_2^2$$

Величина СКВ на спрогнозованих точках: 0,990959.

6. Прогноз тих самих 10 точок, що і в пункті 6, з допомогою покрокової адаптації коефіцієнтів моделі що прогнозується (адаптація використовувалася у випадку виходу реального значення прогнозованої змінної за спрогнозовану межу).

Частковий опис, що використовується під час синтезу прогнозованої моделі:

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + A_{11} \cdot x_1^2 + A_{22} \cdot x_2^2$$

Величини СКВ на спрогнозованих точках: 0,813633824.

7. Прогноз 11 точок за допомогою покрокової адаптації коефіцієнтів моделі прогнозування (адаптація використовувалася у випадку виходу реального значення прогнозованої змінної за спрогнозовану межу).

Частковий опис, що використовується під час синтезу моделі прогнозування:

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + A_{11} \cdot x_1^2 + A_{22} \cdot x_2^2$$

Величини СКВ на спрогнозованих точках: 0,88312.

8. Прогноз тих самих 11 точок, що в пункті 8, за допомогою моделі, що синтезована єдиний раз, без урахування покрокової адаптації коефіцієнтів.

Частковий опис, що використовується під час синтезу моделі прогнозування:

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + A_{11} \cdot x_1^2 + A_{22} \cdot x_2^2$$

Величини СКВ на спрогнозованих точках: 0,16648.

Аналіз результатів експерименту

Як видно із наведених нижче графіків (рис. 1) ідентифікація структури моделей із використанням НМГУА 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

$$A_{00} + A_{01} \cdot x_1 + A_{02} \cdot x_2 + A_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + A_{11} \cdot x_1^2 + A_{22} \cdot x_2^2$$

СКВ 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 можливої 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 мають високу якість (як для моделей з покроковою адаптацією коефіцієнтів, так і без неї), що вказує на можливість успішного використання НМГУА у системах прогнозування хімічних катастроф. Особливий інтерес викликало порівняння результатів прогнозування із використанням моделей, які адаптуються і без адаптації.

У всіх експериментах точність прогнозу з адаптацією коефіцієнтів моделі була вищою. Наприклад під час прогнозу 10 точок СКВ для моделей із адаптацією і без адаптації становило відповідно 0,813634 в 0,99096.

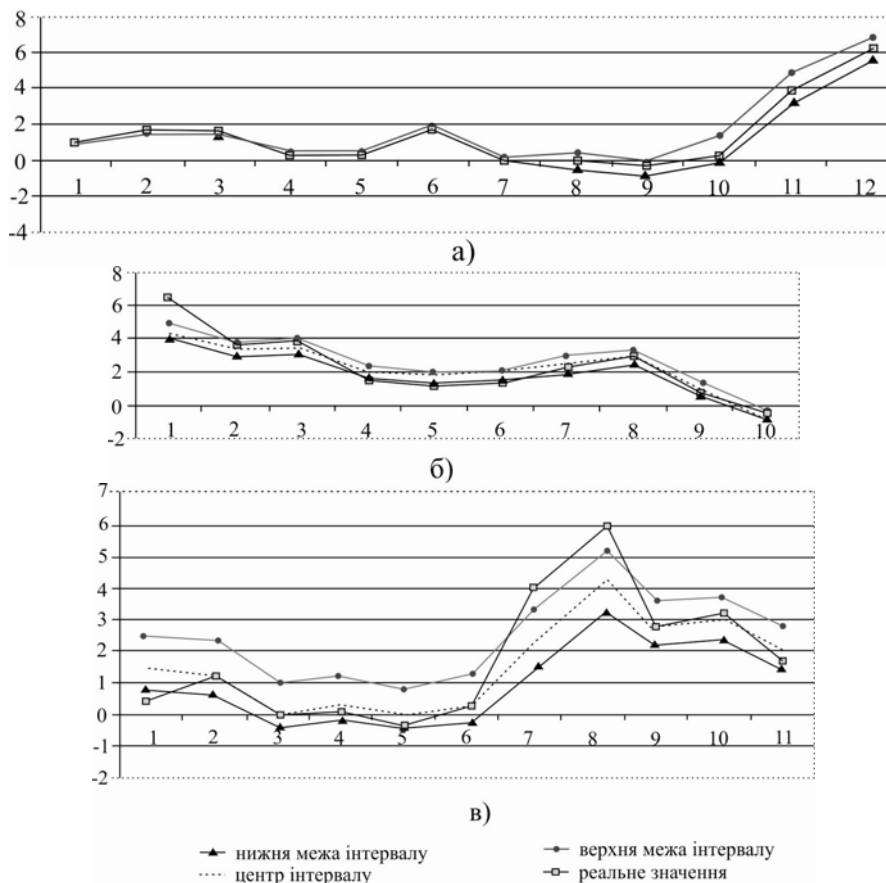


Рис.1. Графіки ідентифікації структури моделей з використанням НМГУА:

а) дані рухливого вікна прогнозування: розмір – 12 точок, для навчання – 7 точок, для перевірки – 5 точок; б) прогноз 10 точок був отриманий шляхом прогнозування кожної наступної точки за допомогою моделі із коефіцієнтами адаптації; в) прогноз 11 точок був отриманий шляхом прогнозування кожної наступної точки за допомогою моделі із коефіцієнтами адаптації

Під час прогнозування 11 точок СКВ становило – 0,88312 та 1,16648 відповідно. Дані результати свідчать про необхідність застосування адаптації для коректування коефіцієнтів моделі за новими даними, що надходять, і дозволяють уникнути великого об'єму розрахунку, пов'язаного із повторним синтезом моделі. Але необхідно відмітити, що в умовах розташування загороджувальних елементів (будівель, споруд і т.п.) або змінному вітрі, залежність між вхідними і вихідними процесами може суттєво змінюватися на короткому відрізку часу і адаптація коефіцієнтів моделі може не призвести до очікуваного результату, тому що поточна модель стає не адекватною, і тоді необхідний синтез нової моделі. Відповідно, для підвищення точності прогнозу необхідно визначити деякий баланс між адаптацією існуючої моделі і синтезом нової

моделі. Зокрема суттєва помилка прогнозу є сигналом для синтезу нової моделі.

Результати проведених експериментів із різними функціями приналежності

Був проведений експеримент моделювання невідомої функції з використанням програмної реалізації описаного вище алгоритму НМГУА із використанням різних функцій приналежності (ФП). В якості вхідних параметрів були взяті наступні показники: вид хімічної речовини; напрям та швидкість вітру; час (період) виходу хімічної речовини; загальний об'єм хімічної речовини в пошкодженому обладнанні (ємності).

Вихідною змінною, що прогнозується, була зона забруднення ХНР.

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 (10 хв) відносно попереднього значення. Після цього проводився прогноз на 5 шагів уперед.

На кожному етапі синтезу НМГУА вибиралося 7 кращих повних квадратних моделей часткових описів. Співвідношення критеріїв регулярності і незміщеності у визначенні похибки часткових описів: 0,7/0,3. Для гаусовської і колокоподібної функції приналежності задавався рівень значимості 0,7.

Результати експериментів наведені в табл. 1, 2:

Таблиця 1

Номер вікна	СКО		
	Трикутна ФП	Гаусівська ФП	Колокоподібна ФП
1	1669,8620	1655,4260	1652,1840
2	458,4141	449,6609	447,6822
3	830,1062	826,8912	826,1713
4	1362,0540	1353,9970	1352,1930
5	1858,8730	1845,2010	1842,1330
Середнє:	1235,8620	1226,2350	1224,0730

Таблиця 2

Порівняльний аналіз гаусовської і колокоподібної ФП із різними рівнями значимості.

Рівень значимості	СКО з гаусівською ФП	СКО з колокоподібною ФП
0,3	1368,135	1365,201
0,5	1366,106	1363,162
0,7	1361,489	1361,162
0,8	1361,796	1358,851
0,9	1359,482	1359,201

Висновки

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

Використання НМГУА 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 НМГУА практично мало залежать від типу функції приналежності. Але перевагу мають гаусовські і колокоподібні ФП перед трикутною, тому, що вони визначаються заданим рівнем значимості, що може забезпечити додаткову гнучкість алгоритму.

Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році.
2. Иванов А.В. О достоверности использования вычислительного комплекса PHOENICS в расчетах рассеяния вещества в возмущенном потоке / А.В. Иванов, Б.С. Матрюков // Известия ВУЗов: Черная металлургия. – 1999. – № 11. – С. 64–68.
3. Зайченко Ю.П. Синтез і адаптація нечітких прогнозуючих моделей на основі методу самоорганізації / Ю.П. Зайченко, І.О. Заєць // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2001. – № 3. – С. 34–41.
4. Землянський О.Н. Элементы теории прогнозирования чрезвычайных ситуаций в условиях неопределенности / О.Н. Землянський // Материалы V межд. школы-семинара «Теория принятия решений». – Ужгород : УжНУ, 2010. – С. 102.
5. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Зайченко Ю.П. – К. : «Издательский Дом «Слово», 2008. – 344 с.
6. Мониторинг чрезвычайных ситуаций / [Ю.О. Абрамов, Е.М. Гринченко, О.Ю. Киригнин и др.] ; под редакцией Ю.О. Абрамова. – Х. : АЦЗУ, 2005. – 530 с.

Рецензія/Peer review : 7.9.2016 р. Надрукована/Printed : 29.10.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Костенко В. К.