ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Міжнародна
науково-практична конференція

Проблеми надзвичайних ситуацій

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Черкаси
14 травня 2025 року

СЕКЦІЯ 2
МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

УДК 614.8

ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ТА ВИМІРЮВАНЬ КОНЦЕНТРАЦІЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ХІМІЧНИХ АВАРІЙ

Борщак А.М.,
Голембієвський Р.Є.,
Землянський О.М., *д.т.н., професор*
Національний університет цивільного захисту України

Хімічні аварії на промислових об’єктах та під час транспортування небезпечних речовин здатні призводити до катастрофічних наслідків для людей, довкілля та економіки. В історії відомі випадки які спричинили загибель кількох тисяч людей, зокрема аварія пов’язана з витоком метилізоціанату в Бхопалі (Індія) 1984 року [1]. Подібні інциденти демонструють масштаб потенційної шкоди навіть без вибуху чи пожежі, лише від токсичного викиду. Повністю усунути ризик аварій у хімічній промисловості неможливо. Тому актуальним є завдання прогнозування можливих наслідків таких аварій, з метою прогнозування небезпечних зон та масштабів викидів, пожеж, вибухів небезпечних речовин, що виражається у кількості постраждалих, рівні ушкоджень будівель та забруднення довкілля [2]. Вчасний і точний прогноз наслідків дає змогу планувати заходи захисту, евакуації, локалізації аварії та мінімізації шкоди.

У разі аварійної ситуації прогнозування її наслідків виконують шляхом розрахунків, за допомогою яких на карті відображають ймовірні зони хімічного забруднення. Традиційно використовують два основних підходи: довгострокове та аварійне прогнозування. Довгострокове (оперативне) прогнозування забезпечує оцінку можливих масштабів забруднення, визначення основних ресурсів і технічних засобів для ліквідації наслідків, а також розробку детального плану дії. Аварійне прогнозування, що виконується після аварії, виходить за результатами розвідки та дозволяє уточнити масштаби забруднення, оцінити ризики та розробити алгоритм реагування в зоні хімічної аварії.

Для визначення концентрації небезпечних хімічних речовин після аварії виконують розрахунки та здійснюють моделювання. Основними розрахунковими результуючими характеристиками є: кількість небезпечних хімічних речовин у первинній та вторинній хмарах, глибина зони зараження (повна, гранично можлива, залишкова), форма й площа зони зараження, час підходу хмари[4]. При таких показниках складно зорієнтуватись й прийняти швидке адекватне рішення по евакуації населення й вживанню заходів безпеки, оскільки не визначається її динаміка [5]. Таким чином, очевидно, що процеси прийняття рішень щодо мінімізації наслідків аварії супроводжується значною інформаційною невизначеністю.

Моделювання процесів на основі нечіткої логіки зазвичай реалізується через нечіткі вихідні системи або нечіткі експертні системи. Ключовим елементом такого моделювання є набір правил типу "якщо-то", що оперують лінгвістичними змінними. Якщо початкові точні значення параметрів аварії невідомі, вони встановлюються на основі експертних оцінок, які служать обґрунтуванням для подальшого ухвалення рішення.

На кожному етапі класичного розрахунку наслідків (від розрахунку витоку і

розповсюдження хмари до оцінки уражень) параметри моделі враховуються як нечіткі величини з певним діапазоном. Це дозволяє отримувати результат у вигляді діапазону можливих значень наслідків замість одного числа, що краще відображає невизначеність. Такий підхід може бути застосовано під час розповсюдження отруйних хімічних речовин та і для аналізу вибухо- та пожежонебезпечних сценаріїв, зокрема для аварій з витоком легкозаймистих рідин та горючих газів і послідуючим загорянням.

Жодна модель не є ідеальною, тому в ході аналізу важливо відзначити, де нечіткі методи можуть помилятися. Типові джерела похибок: суб'єктивність задання функцій належності – різні експерти можуть задати різні «розмитості»; неповнота бази правил – можлива ситуація, яку не охоплюють наявні правила, і система дасть некоректний прогноз; кореляція параметрів – нечіткі моделі часто припускають незалежність факторів, тоді як в реальності параметри можуть бути пов'язані; динамічні ефекти – більшість нечітких моделей статичні, тобто оцінюють наслідки після факту аварії. Якщо наслідки розвиваються у часі, потрібне динамічне моделювання, де нечіткість теж може змінюватися з часом. Помилки можуть виникнути, якщо використовувати статичний підхід для процесу, що швидко змінюється.

Для підвищення точності необхідно поєднувати нечіткі моделі з іншими даними. Такими можуть бути вимірювання концентрація речовини в різних точках на місцевості в зоні ліквідації хімічної аварії чи надзвичайної ситуації. Впродовж процесу вимірювання концентрація не буде залишатися сталою, особливо на відкритій території. Зміна концентрації проходить за певною залежністю, що пов'язано перш за все з рухом первинної і вторинної хмари. Тому необхідно проводити точкові вимірювання концентрації небезпечних речовин у контрольних точках, щоб можна було коригувати моделі хімічного забруднення на основі актуальних даних.

Впровадження розроблених нечітких моделей у практику (наприклад, в програмне забезпечення для аварійно-рятувальних служб чи в автоматизовані системи на підприємствах) є важливим завданням. Для цього необхідно подбати про зручність інтерфейсу, візуалізацію нечітких результатів у зрозумілий спосіб. Оснащення диспетчерів і фахівців такими інструментами підвищить готовність до надзвичайних ситуацій і здатність мінімізувати їхні наслідки

ЛІТЕРАТУРА

1. Mohammadi, H, Laal, F, Mohammadian, F, Yari, P, Kangavari, M, Moradi Hanifi, S. (2023). Dynamic risk assessment of storage tank using consequence modeling and fuzzy Bayesian network. Heliyon. Aug 1. 9(8). e18842. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e18842

2. Markowski, A. (2013). Application of Fuzzy Logic Approach to Consequence Modeling in Process Industries. Chemical engineering transactions. 31. 157–162.

3. Наказ МВС України від 29.11.2019 № 1000 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».

4. Zemlianskyi, O., Snytyuk, V. (2013). Parametric identification for model of a chemical hazardous substance concentration using soft computing. International Journal Information Technologies & Knowledge. Bulgaria, Sofia: Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA. 7/4. 337–346.

5. Polorecka, M., Kubas, J., Danihelka, P., Petrlova, K., Repkova Stofkova, K., Buganova, K. (2021). Use of Software on Modeling Hazardous Substance Release as a Support Tool for Crisis Management Sustainability. 13. 438–453.