

Л.В. ДРАНИШНИКОВ, д.т.н., професор ДДГУ

Є.О. СУГАЛЬ, студент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Оцінка зовнішнього ризику за допомогою нечіткої логіки

Розглянуто застосування апарату нечіткої логіки в середовищі Fuzzy Logic Toolbox інструментарію MatLab для оцінки зовнішнього ризику. Методика дає можливість оцінювати ризики виробничої безпеки з використанням нечіткої логіки та дозволяє наочно уявити стан системи безпеки життєдіяльності, а також комплексно оцінити можливі загрози безпеки й отримати оцінки ризиків.

The article deals with the application of the fuzzy logic apparatus in the Fuzzy Logic Toolbox environment of the MatLab toolkit for evaluating external risk. The methodology makes it possible to assess the risks of industrial safety with the use of fuzzy logic and allows you to clearly visualize the state of the life safety system, as well as to comprehensively evaluate possible security threats and obtain risk assessments.

Вступ

Подальша розробка і реалізація програм науково-технічного розвитку сучасної цивілізації неможлива без системного наукового підходу до вирішення проблем забезпечення безпечного функціонування структурно-складних систем, якими є об'єкти підвищеної небезпеки — об'єкти, на яких використовують, виробляють, переробляють, зберігають або транспортують пожежо- та вибухонебезпечні та (або) небезпечні хімічні речовини, що створюють реальну загрозу виникнення аварії, та без розробки математичного апарату для кількісної оцінки ризику.

У кінці минулого століття було висунуто концепцію прийняттого техногенного ризику [1]. Це означає, що забезпечення абсолютної безпеки об'єктів техносфери неможливе і треба домагатися їхньої відносної безпеки, доводячи аварійний ризик, пов'язаний з ними, до прийняттого, допустимого рівня. Рівень ризику, прийнятний для тієї чи іншої діяльності, визначається виходячи з економічних і соціальних аспектів відповідно до принципів управління ризиком, які мають бути сформульовані для цієї мети. Сучасні методики управління ризиками для аналізу кожного виду ризику використовують ймовірність реалізації загроз і збиток від негативних наслідків, але реально оцінити ймовірність реалізації загроз і ступінь шкоди, що завдається, важко [2—4]. У більшості випадків експерти в галузі безпеки, ґрунтуючись на власному досвіді, проводять оцінку у вигляді словесних формулювань, які потім пов'язують з числовими значеннями. Такий механізм отримання оцінок ризиків обмежує можливості методики в цілому, так як впевненість у пропонованій експертом оцінці може носити дискусійний характер.

Постановка задачі

Для усунення недоліків методик аналізу та оцінки ризиків пропонується використовувати нечітку логіку, застосування якої є ефективним у таких випадках: недостатність знань про досліджувану систему; неможливість отримання необхідного обсягу інформації; інформація заснована на експертних даних, вхідні дані некоректно представлені або не є достатньо точними. Для створення методики оцінки ризиків необхідно розробити експертну систему, яка була б реалізована у вигляді системи нечіткого виведення і дозволяє визначати величину ризику на основі суб'єктивних оцінок всіх рівнів безпеки.

Механізм нечіткого виводу є основною ланкою у методиці отримання оцінки ризику. Системи нечіткого

виводу призначені для перетворення значень вхідних змінних процесу управління у вихідні змінні на основі використання нечітких правил продукцій. Для цього системи нечіткого виводу повинні містити базу правил нечітких продукцій і реалізовувати нечітке виведення висновків на основі посилянь або умов, представлених у формі нечітких лінгвістичних висловлювань. Основними етапами нечіткого виводу є таке: введення експертних оцінок забезпечує механізм виведення необхідної інформації; фазифікація — являє собою процедуру знаходження функцій приналежності використовуваних термів вхідних змінних на основі вихідних даних; агрегування — є процедурою визначення ступеня істинності умов за кожним з правил системи нечіткого виведення; активізація — являє собою процедуру знаходження ступеня істинності кожного з підвисновків правил нечітких висновків; акумуляція — являє собою процедуру знаходження функції приналежності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних заданої сукупності правил нечіткого виводу; дефазифікація — є процедурою знаходження чітких значень вихідних змінних, які найкраще відповідають вхідним даним і базі продукційних правил. Алгоритми нечіткого виведення розрізняються, в основному, за способом отримання чіткого виходу.

На території підприємства зберігається хлор і введена система безпеки життєдіяльності, яка не завжди відображає повну і точну інформацію. Отже, завжди існує ризик витоку хлору і, відповідно, наслідки впливу на здоров'я і життя людей. Якщо витік хлору стався безпосередньо з резервуара, то цей вид ризику характеризується як зовнішній ризик, оскільки він вже не може бути усунутий в разі події і його наслідки складно контролювати.

Менеджери ставлять перед собою завдання оцінити ризик операційної діяльності підприємства на життєдіяльність співробітників і жителів території, розташованої поблизу від підприємства.

Результати дослідження

Рішення поставленої задачі здійснюється за допомогою методів нечіткої логіки. Для моделювання системи використовувався Fuzzy Logic Toolbox — пакет розширення MATLAB, що містить інструменти для проектування систем нечіткої логіки. Використовуючи алгоритм нечіткого виводу Мамдані, були отримані оцінки ризику.

Для оцінки ризиків необхідно задати *вхідні* змінні, якими є фактори ризику: *надійності* системи

безпеки життєдіяльності; наслідки від витоку хлору. **Вихідною** змінною є *ступінь ризику*.

Для оцінки першої з вхідних змінних експертом була складена таблиця критеріїв надійності системи безпеки життєдіяльності (таблиця 1, використовується шкала від 0 до 100).

Таблиця 1. Критерії надійності системи безпеки життєдіяльності

Надійність	Критерій	Шкала від 0 до 100
Низька	Система не відповідає необхідним умовам безпеки, немає тренінгів для персоналу з техніки безпеки та ін.	25 – 44
Середня	Система, в цілому, відповідає вимогам безпеки, але немає достатньої підготовки персоналу.	45 – 75
Висока	Система, яка повністю інтегрована в процес діяльності підприємства, персонал ознайомлений системою.	>75

Для завдання функцій приналежності використовується трапецеїдална і трикутна форма. Графічний інтерфейс редактора функцій приналежності після завдання вхідної змінної «надійність» показаний на рис. 1.

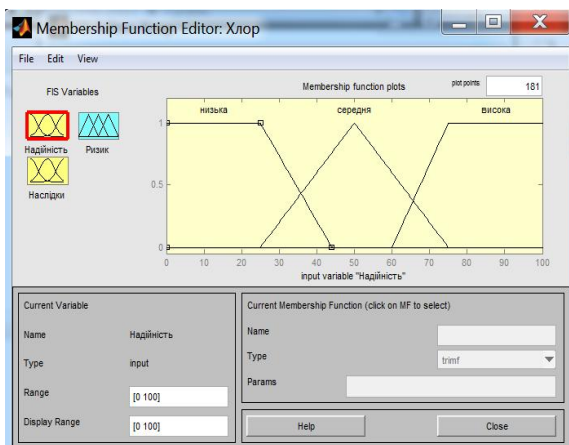


Рис. 1. Функція приналежності змінної «Надійність»

Оцінка другої вхідної змінної заснована на аналізі тиску/ концентрації хлору в резервуарі. Для цього була складена таблиця категорій наслідків у разі витоку хлору (таблиця 2, використовується шкала від 0 до 100).

Таблиця 2. Категорії наслідків витоку хлору

Категорія	Критерій	Шкала від 0 до 100
Категорія 1	Концентрація хлору не перевищує 50 PPM і в разі витоку не принесе шкоди людям.	0 – 12
Категорія 2	Концентрація хлору може досягати на короткі проміжки часу 100 PPM і в разі витоку лише з малою вірогідністю принесе лише незначні пошкодження.	12 – 37
Категорія 3	Концентрація хлору не перевищує 100 PPM і в разі витоку принесе лише незначні пошкодження.	37 – 62
Категорія 4	Концентрація хлору не перевищує 200 PPM і в разі витоку принесе пошкодження матеріальних цінностей з низькою ймовірністю смертельного результату.	62 – 87
Категорія 5	Концентрація хлору перевищує 200 PPM і в разі витоку з високою ймовірністю (припустимо, 50%) призведе до смертельних наслідків.	87 – 100

Графічний інтерфейс редактора функцій приналежності категорій наслідків витоку хлору показаний на рис. 2.

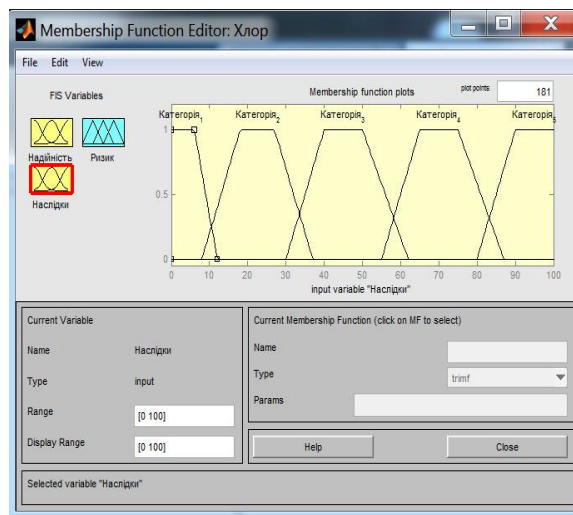


Рис. 2. Функції приналежності категорій наслідків витоку хлору

Вихідна змінна «ризик» операційної діяльності була оцінена за наступними параметрами.

Таблиця 3. Ризик операційної діяльності

Категорія ризику	Критерій
Дуже висока	Є висока ймовірність смертельних випадків на заводі і прилеглої території;
Висока	Низька ймовірність смертельних випадків, але висока ймовірність шкоди для здоров'я;
Помірна	Залишається ймовірність легких пошкоджень для здоров'я.
Низька	Немає ризику смерті або шкоди для здоров'я.
Дуже низька	Повна відсутність ризику для резидентів.

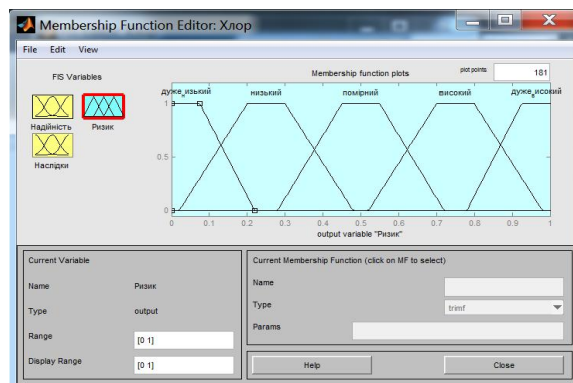


Рис. 3. Функція приналежності змінної категорій ризику

Графічний інтерфейс редактора функцій приналежності змінної категорій ризику показаний на рис.3.

Як терм-множину вихідної лінгвістичної змінної «Ризик» будемо використовувати множину: $T_3 = \{\text{Дуже низький ризик; Низький ризик; Помірний ризик; Високий ризик; Дуже високий ризик}\}$.

Для формування системи нечіткого виведення були складено 12 правил (формуються з урахуванням результатів експертного аналізу):

1. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Низька "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 5 > тоді <Ризик Дуже високий>
2. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Середня "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 5 > тоді <Ризик Високий>
3. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Висока "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 5 > тоді <Ризик Помірний>
4. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Низька "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 4 > тоді <Ризик Високий>
5. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Середня "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 4 > тоді <Ризик Помірний>
6. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Висока "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 4 > тоді <Ризик Низький>
7. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Низька "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 3 > тоді <Ризик Помірний>

8. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Середня "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 3 > тоді <Ризик Низький>

9. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Висока "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 3 > тоді <Ризик Дуже низький>

10. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Середня "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 2 > тоді <Ризик Низький>

11. Якщо < НАДІЙНІСТЬ Висока "і" Наслідки витоку відповідають Категорії 2 > тоді <Ризик Дуже низький>

12. Якщо <Наслідки витоку відповідають Категорії 1> тоді <Ризик Дуже низький>

База правил нечіткого виведення наведена на рис.4.

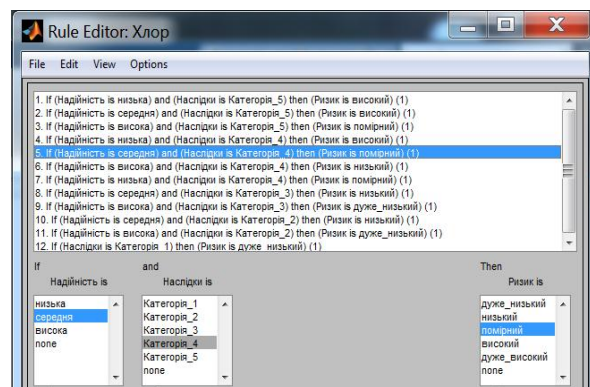


Рис. 4. Правила нечіткого виведення

Припустимо, що комісія експертів, вивчивши операційну діяльність заводу, оцінила наслідки витоку ризику в 65 балів зі 100, що відповідає категорії 4, надійність системи безпеки була оцінена в 70 балів зі 100, що попадає в клас високої надійності системи. Відповідно до сформульованих правил, а також застосовуючи алгоритм нечіткого висновку Мамдані, була отримана вихідна оцінка ризику, що дорівнює 0,308 бала (рис.5).

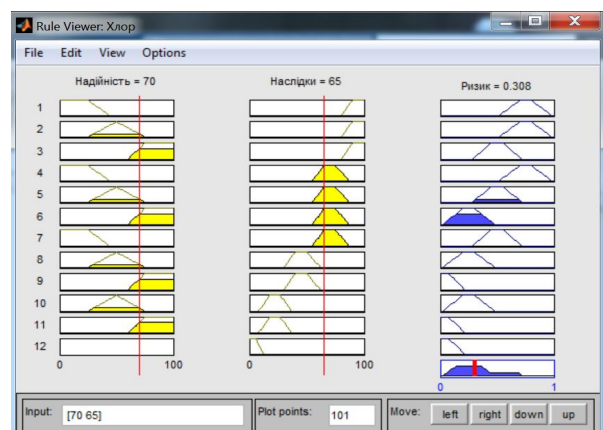


Рис. 5. Графічний інтерфейс програми перегляду правил після виконання процедури нечіткого виведення

У разі більшої кількості вхідних і вихідних змінних при складанні правил і для розуміння впливу вхідних змінних на вихідні, зручно скласти матрицю

рівнів впливу з ваговими факторами від 1 до 3 (1 — низький, 2 — середній, 3 — високий рівень впливу).

Графічний інтерфейс програмного інструментарію дозволяє отримати графік залежності вихідної величини від кожної з вхідних змінних (ризик залежно від надійності, ризик від витоку хлору або візуалізація поверхні значень ризику від вхідних змінних) (рис. 6, 7).

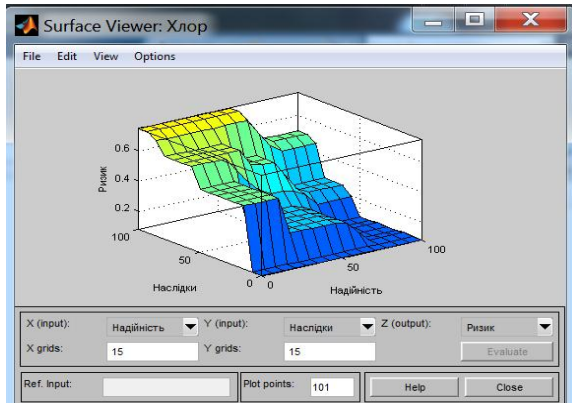


Рис. 6. Візуалізація поверхні нечіткого виведення

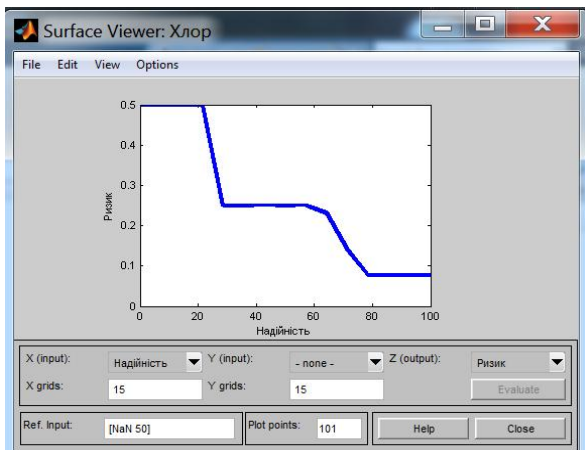


Рис. 7. Залежність змінної "Ризик" від "надійності"

Припустимо, що комісія експертів, вивчивши операційну діяльність заводу, оцінила наслідки витоку ризику в 65 балів зі 100, що відповідає категорії 4, надійність системи безпеки була оцінена в 70 балів зі 100, що попадає в клас високої надійності системи. Відповідно до сформульованих правил, а також застосовуючи алгоритм нечіткого висновку Мамдані, була отримана вихідна оцінка ризику, що дорівнює 0,308 бала (рис. 5).

Таким чином, отриманий результат відповідає середнього ступеня ризику, тобто ризик помірний.

Налаштувавши систему, у компанії з'являється інструмент для подальшого моніторингу та контролю ризиків.

Висновки

Дана методика дає можливість оцінювати ризику виробничої безпеки з використанням нечіткої логіки та дозволяє наочно уявити стан системи безпеки життєдіяльності, а також комплексно оцінити можливі загрози безпеки й отримати оцінки ризиків.

Розроблена нечітка продукційна модель дозволяє істотно розширити можливості існуючих методик, зняти обмеження на кількість урахованих вхідних змінних та інтегрувати як якісні, так і кількісні підходи до оцінки ризиків. Використовувані в методиці механізми оцінки ризику на основі нечіткої логіки дозволяють отримати лінгвістичний опис ступеня ризику, що дозволяє IT-менеджерам виявити пріоритети ризиків (дуже низький ризик; низький ризик; помірний ризик; високий ризик; дуже високий ризик) і вибрати план заходів щодо зниження рівня найбільш небезпечних загроз.

Основна складність механізму отримання оцінок ризику на основі нечіткої логіки полягає в побудові моделі для проведення лінгвістичного аналізу ризиків системи. Даний механізм є ефективним інструментом у разі, коли інші підходи до оцінки ризику неприйнятні. Він володіє широкими можливостями і дозволяє адаптувати його до наявних на підприємстві моделей управління ризиками.

Розглянута методика побудови функцій приналежності на основі експертних даних і моделювання нечіткої системи аналізу ризиків виробничої безпеки є одним з етапів вирішення завдання управління виробничою безпекою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Качинський А.Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи/А.Б. Качинський. – Київ, 2004. – 472 с.
2. Стоєцький В.Ф. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки / В.Ф. Стоєцький, Л.В. Дранишников, А.Д. Есипенко, В.М. Жартовський, А.В. Найверт. – Тернопіль: «Видавництво Астон». 2006. – 408 с.
3. Дранишников Л.В. Системний ризик-аналіз техногенних аварій / Л.В. Дранишников // Ж. Математичне моделювання. Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2015. – № 1(32). – С. 22–28.
4. Стоєцький В.Ф. Оценка риска при авариях техногенного характера / В.Ф. Стоєцький, Л.В. Дранишников, В.И. Голинько // Науковий вісник НГУ. – 2014. – № 3 – С. 117–124.

пост. 23.11.2017