

# **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ТА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Дармосюк В. М.,**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри вищої та прикладної математики  
Миколаївського національного аграрного університету

Постановка проблеми. Промислова діяльність супроводжується значними екологічними ризиками, такими як забруднення повітря, водних ресурсів і ґрунтів, а також небезпекою технологічних аварій. Ці ризики характеризуються високим рівнем невизначеності, оскільки багато факторів, що впливають на екологічний стан, не можуть бути точно виміряні або передбачені. Традиційні методи оцінки ризиків не завжди дають можливість точно врахувати складність взаємозв'язків між цими факторами. У таких випадках ефективним рішенням є застосування методів нечіткої логіки (fuzzy logic), що дозволяє працювати з нечіткими даними та невизначеністю, створюючи адаптивні моделі для оцінки й управління екологічними ризиками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нечітка логіка дуже активно застосовується для аналізу ризиків у різних галузях, зокрема промисловій екології. Дослідники застосовують нечіткі моделі для оцінки якості повітря та прогнозування впливу промислових викидів на здоров'я населення [1]. На підприємствах хімічної та нафтової промисловості використовуються системи на основі нечіткої логіки для визначення рівня ризику аварій та ефективності заходів безпеки [2]. У наукових статтях підкреслюється, що нечіткі системи прийняття рішень підвищують точність оцінки ризиків завдяки здатності працювати з неповними або суперечливими даними.

Мета та завдання дослідження. Метою цього дослідження є аналіз можливостей застосування методів нечіткої логіки для оцінки та управління екологічними ризиками в промисловості. Завдання дослідження: визначити ключові принципи та методи нечіткої логіки, що застосовуються в екологічному

аналізі, а також розглянути інформаційні технології для реалізації нечітких моделей.

Виклад основного матеріалу. Нечітка логіка дозволяє моделювати ситуації, де дані є неповними або нечіткими. На відміну від класичної логіки, де значення параметрів є або «істинними», або «хибними», нечітка логіка використовує ступені належності – значення між 0 і 1. Це особливо важливо для оцінки екологічних ризиків, де параметри (наприклад, рівень забруднення) можуть мати розмиті межі між «нормальним» та «небезпечним».

Застосування нечіткої логіки включає в себе низку взаємопов'язаних кроків. Спочатку процес фазифікації перетворює вхідні дані на нечіткі множини, що представляють поняття, такі як «низький», «середній» або «високий» рівень забруднення. Це дозволяє системі працювати з неточною або нечіткою інформацією, імітуючи людське прийняття рішень. Наступний етап – нечіткого висновку, де застосовуються правила «якщо-то» до нечітких вхідних даних. Наприклад, правило «Якщо рівень забруднення високий і швидкість вітру низька, то екологічний ризик є критичним» можна використати для виведення нечітких результатів на основі заданих умов. Заключним етапом є дефазифікація, де нечіткі результати перетворюються на конкретні, числові значення, які можна використовувати для прийняття рішень. Цей крок сприяє переходу від абстрактної нечіткої логіки до конкретних дій або результатів, необхідних для прийняття рішень.

Для впровадження методів нечіткої логіки в практичні застосунки використовується широкий спектр сучасних ІТ-рішень. Одним з найбільш популярних інструментів є MATLAB, який містить спеціалізований інструментарій для побудови нечітких моделей та їх інтеграції з іншими алгоритмами управління ризиками.

Мова програмування Python також активно використовується для реалізації методів нечіткої логіки завдяки бібліотекам, таким як scikit-fuzzy. Ці бібліотеки дозволяють створювати адаптивні моделі, які можуть бути ефективно застосовані в задачах екологічного аналізу. Наприклад, нечіткі моделі можуть допомогти у

прогнозуванні забруднення повітря чи оцінці впливу промислових об'єктів на навколишнє середовище.

Крім того, методи нечіткої логіки активно впроваджуються у SCADA-системах, які використовуються для моніторингу промислових процесів у режимі реального часу. Ці системи дозволяють застосовувати правила нечіткої логіки для автоматичного управління ризиками, наприклад, для своєчасного реагування на позаштатні ситуації чи оптимізації виробничих процесів.

Нарешті, хмарні платформи, такі як ThingSpeak, забезпечують обробку великих обсягів даних з різноманітних датчиків, що використовуються для екологічного моніторингу. Методи нечіткої логіки можуть бути застосовані для аналізу цих даних та прийняття обґрунтованих рішень щодо управління навколишнім середовищем.

**Висновки.** Методи нечіткої логіки є ефективним інструментом для оцінки та управління екологічними ризиками в промисловості. Вони дозволяють працювати з неповними даними та знижувати невизначеність при прийнятті рішень, що є критично важливим у складних виробничих системах. Використання сучасних інформаційних технологій для реалізації нечітких моделей підвищує швидкість і точність управління ризиками. Проте, для впровадження таких систем потрібні підготовлені фахівці та належна інфраструктура. Подальший розвиток цих підходів сприятиме підвищенню екологічної стійкості промислових підприємств і зменшенню їхнього впливу на довкілля.

### **Список використаних джерел**

1. Application of Fuzzy Inference System in the Prediction of Air Quality Index / N. H. Shafii et al. Journal of Computing Research and Innovation. 2021. Vol. 6, no. 3. P. 75–85. URL: <https://doi.org/10.24191/jcrinn.v6i3.242>.
2. Do H., Ly T., Do T. Combining semi-quantitative risk assessment, composite indicator and fuzzy logic for evaluation of hazardous chemical accidents. Scientific Reports. 2020. Vol. 10, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75583-8>