

УДК 504.4.06

М.Ю. Лосєв

*Харківський національний економічний університет ім. Семена Кузнеця, Харків*

## НЕЧІТКО-МНОЖИННИЙ АНАЛІЗ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВА НА ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

*В роботі пропонується аналіз результатів функціонування підприємства приладобудівної промисловості з точки зору його негативного впливу на якість атмосферного повітря. Для моделювання невизначеної інформації використовується апарат теорії нечітких множин. Програмна реалізація здійснена в середовищі MatLab при використанні нечіткого виводу Сугено. Ранжування параметрів в системі за ступенем важливості проводиться відповідно до Держстандарту.*

**Ключові слова:** нечітка множина, багатокритеріальна оцінка, складна система, функція приналежності, стан системи, лінгвістична змінна, показник якості, невизначеність, атмосферне повітря, забруднююча речовина, екологічна система, ризик зараження повітря, клас небезпеки.

### Вступ

Зростаючі масштаби впливу людини на навколишнє середовище породили гострі проблеми, пов'язані з її якістю, що представляє велику загрозу не тільки здоров'ю людства, а і всьому навколишньому середовищу. Тому найважливішими проблемами суспільства в даний час є екологічні питання. Вирішенням цих питань є дотримання екологічних вимог при експлуатації підприємства, його споруд та при інших видах діяльності. Ці вимоги можна реалізувати на підставі впровадження та більш ефективного використання природоохоронних заходів, серед котрих чільне місце посідають заходи щодо попередження забруднення атмосфери, будь-яке порушення чистоти атмосферного повітря впливає на стан води та землі. При цьому необхідна розробка заходів та засобів попередження забруднення атмосферного повітря.

Задача оцінювання стану системи вимагає побудови оціночної моделі, що дозволяє отримати узагальнену оцінку стану на основі ряду різномірних критеріїв і показників якості – цілей функціонування системи. Узагальнення показників якості можливе різними способами, кожний з яких має свої переваги і недоліки [1].

Оцінка екологічного стану навколишнього середовища припускає наявність вихідної інформації про параметри, її характеристик і адекватних методів оцінювання. Проте в реальній дійсності дослідники та особи, що приймають рішення в галузі екології змушені враховувати при оцінці поряд з кількісними показниками та інформацію якісного характеру. Крім того, величезна різноманітність параметрів призводить до незрівнянності оцінюваних природних об'єктів в цілому. Таким чином, екологічний моніторинг є складним багатокритеріальним завданням, який підлягає впливу великої кількості факторів. Отже, необхідний підхід, суть якого в пос-

туповому наближенні до повного набору знань. Це можливо зробити, застосовуючи методику багатокритеріальної оцінки стану складних систем [2].

**Метою роботи** є оцінка впливу діяльності підприємства приладобудівної промисловості на стан атмосферного повітря міста, що дає можливість попередити та виявити причини змін стану зовнішнього середовища, та на основі цієї інформації прийняти подальші рішення щодо заходів, спрямованих на покращення його екологічного стану.

### Основний матеріал

Застосування теорії нечітких множин в різних проблемах ухвалення рішень в багатьох випадках пов'язане з використанням нечітких відносин. Будучи узагальненням звичайних відносин, вони дозволяють формалізувати нечітку інформацію про зв'язки між об'єктами і тим самим зменшити можливі помилки, пов'язані з втратою чи надмірним огрубленням вихідних даних.

Думка застосувати нечіткі множини до екологічного аналізу підприємств є одним із способів, який допоможе боротися з невизначеністю не тільки статистичної, але й лінгвістичної, тобто з невизначеністю висловлювань природною мовою [3]. Якщо говоритися, що ймовірність зараження «мала», а значення того чи іншого показника «задовільно», то слід було б підшукати формалізми і кількісні описи для висловлювань подібного роду, щоб вже на суворому мові математики дати зрозуміти, що все-таки мається на увазі. І не тільки зрозуміти, але і зробити наукові висновки на основі отриманих нечітких описів.

На даний момент, теорія нечітких множин знайшла досить широке застосування і в техніці, і в економіці [4 – 7]. Однак у вітчизняній практиці екологічного аналізу ці методи використовуються або вкрай рідко, або ж взагалі не використовуються.

Можливо посилити підхід до аналізу ризику зараження атмосферного повітря, об'єднуючи облік

кількісних і якісних показників в аналізі, причому розглядаючи їх не тільки в статистиці, але і в динаміці. Проте наявні методи не надають аналітикам подібної можливості.

Для того, щоб втілити методику, необхідно пройти декілька етапів [5]:

ввести базові множини і підмножини станів, описані природною мовою;

побудувати набір окремих показників  $X = \{X_i\}$  загальним числом  $N$ , які, на думку експерт-аналітика, з одного боку, впливають на оцінку ризику зараження підприємства, а з іншого боку, оцінюють різні підприємства (щоб уникнути дублювання показників з точки зору їх значущості для аналізу);

визначити для кожного показника  $X_i$  рівень його значущості, щоб оцінити цей рівень, потрібно розташувати всі показники по порядку убудання значущості.

сформулювати правила, за якими приймається рішення про екологічний стан повітря.

Введемо наступні базові множини і підмножини станів, описані природною мовою. Повне безліч станів – це стан повітря на даному підприємстві, яке розбите на п'ять підмножин виду:

- підмножина станів "граничного неблагополуччя";
- підмножина станів "неблагополуччя";
- підмножина станів "середньої якості";
- підмножина станів "відносного благополуччя";
- підмножина станів "граничного благополуччя".

Пропонується наступне ранжування підприємств по 5 категоріям оцінки впливу на атмосферне повітря, в разі визначення категорії підприємства така оцінка виконується щодо заходів державного регулювання і розробки природоохоронних заходів.

Для підприємств 5-ї категорії ступінь негативного впливу їх викидів на атмосферне повітря не перевищує 10% від величини використовуваних критеріїв якості атмосферного повітря. Відносно таких об'єктів, надають мінімальний вплив на навколишнє середовище, передбачається не застосовувати заходи державного регулювання.

До четвертої категорії відносяться підприємства, викиди яких не створюють умов для порушення стандартів якості атмосферного повітря. Для таких підприємств необхідно проведення розрахунків забруднення атмосфери, але не потрібна розробка природоохоронних заходів, і нормативи гранично допустимих викидів можуть встановлюватися на рівні існуючих викидів.

Викиди підприємств 3-ї категорії в окремі періоди часу можуть створювати зони підвищеного забруднення в районах житлової забудови, проте їх внесок у середньорічне забруднення не перевищує допустимого. Для таких підприємств необхідна розробка заходів щодо зниження негативного впливу на атмосферне повітря максимальних разових викидів.

До 2-ї категорії належать підприємства, викиди яких створюють особливо значиму навантаження на атмосферне повітря в районі їх розташування, для зниження якої необхідне проведення комплексу заходів по скороченню максимальних разових і валових викидів забруднюючих речовин. В зонах забруднення, створених викидами таких підприємств, концентрації можуть у кілька разів перевищувати оптимальні параметри якості атмосферного повітря. Також необхідний ретельний контроль за викидами забруднюючих речовин.

До 1-ї категорії належать підприємства, викиди яких завдають непоправної шкоди екології на місці їх розташування. Необхідно проведення невідкладного комплексу заходів по скороченню як максимальних разових, так і валових викидів забруднюючих речовин. В зонах забруднення необхідне проведення заходів з ліквідації наслідків забруднення.

В системі MatLab, в fis-редакторі Fuzzy Logic Toolbox системи типу Сугено задамо чотири вхідних змінних з іменами «оксид вуглецю», «діоксид сірки», «діоксид азоту», «пил» і задамо їм функції приналежності. Для лінгвістичної оцінки цих змінних будемо використовувати 4 терми функції приналежності: Добрий стан, Нормальний стан, Середній стан та Поганий стан. Інтервали і функції задаються щодо універсальних множин [7].

На практиці зручно використовувати ті функції приналежності, які допускають аналітичне подання у вигляді деякої простої математичної функції. Розглянемо функції, які складаються з відрізків прямих ліній, утворюючи безперервну або частково безперервну функцію. Найбільш характерним прикладом таких функцій є трапецієподібна функція приналежності. Це спрощує не тільки відповідні чисельні розрахунки, але і скорочує обчислювальні ресурси, необхідні для зберігання окремих значень цих функцій приналежності. Кожна з цих функцій задана на певному інтервалі, в якості якого обраний замкнутий інтервал дійсних чисел. У загальному випадку вибір інтервалу може бути довільним, і не обмежений ніякими правилами.

Кожному інтервалу трапецієподібної функції приналежності відповідає певний стан забруднюючої речовини, тому складемо універсальну безліч для приблизних середньодобових показників кожного елемента, відштовхуючись від нормативних значень гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин: оксид вуглецю {0; 1; 2; 3}, діоксид сірки {0; 0,01; 0,02; 0,03}, діоксид азоту {0; 0,015; 0,025; 0,04}, пил {0; 0,035; 0,065; 0,1} [8, 9]. Задамо кордони нечіткої приналежності результатів середньодобових показників забруднюючих речовин для кожного можливого стану (рис. 1 – 4): оксид вуглецю  $\pm 0,15$ , діоксид сірки  $\pm 0,002$ , діоксид азоту  $\pm 0,002$ , пил  $\pm 0,007$  [9].

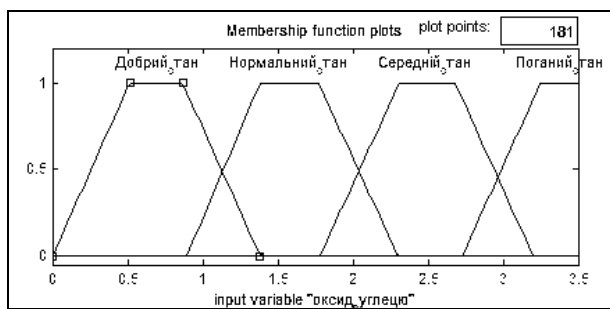


Рис. 1. Функції приналежності оксида вуглецю

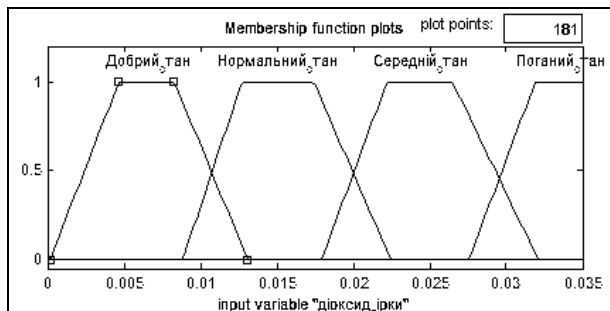


Рис. 2. Функції приналежності діоксида сірки

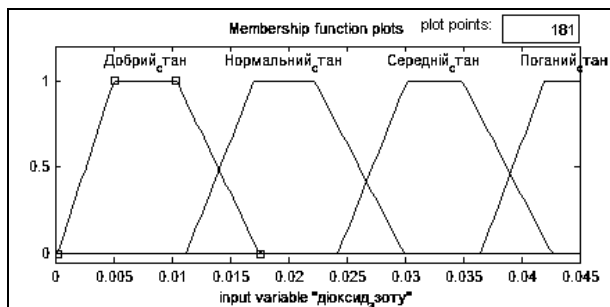


Рис. 3. Функції приналежності діоксида азоту

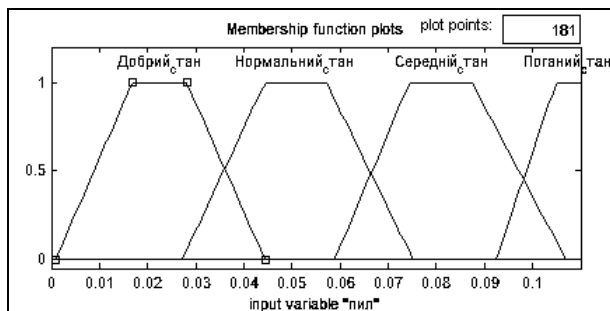


Рис. 4. Функції приналежності пилу (зважених частинок)

На виході задамо 5 категорій безпеки підприємств. Для того щоб визначити рівень забруднення для підприємства необхідно ранжувати основні забруднюючі речовини згідно з класами безпеки. Клас безпеки шкідливих речовин – умовна величина, призначена для спрощеної класифікації потенційно небезпечних речовин. Клас безпеки встановлюється відповідно до нормативних галузевими документами для різних об'єктів, для хімічних речовин, для відходів [4]. Проранжуємо речовини, відповідно до Держстандарту, які найбільш часто зустрічаються на підприємствах.

Оксид вуглецю  $\geq$  Діоксид сірки  $\geq$   
 $\geq$  Пил  $\geq$  Діоксид азоту.

Щодо ранжування даних в системі Matlab задаємо такі правила:

1. Якщо всі елементи відносяться до поганого стану, то привласнити 5-ту категорію.
2. Якщо елемент діоксид азоту або пил відносяться до поганого стану, а діоксид сірки і оксид вуглецю до середнього стану, то привласнити 5-ту категорію.
3. Якщо всі елементи в поганому стані, крім діоксида азоту, то привласнити 4-ту категорію.
4. Якщо всі елементи в середньому стані, то привласнити 4-ту категорію і т.д.

В результаті отримуємо множину правил виводу та візуалізацію нечіткого висновку щодо центру області.

Якщо ввести значення вимірювання забруднюючої речовини, то отримаємо результати, наведені на рис. 5.

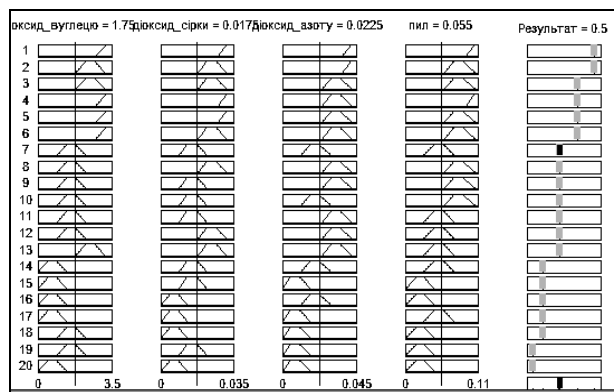


Рис. 5. Візуалізація нечіткого висновку

В результаті ми отримали значення інтегрального показника, яке дорівнює 0,5, що означає третю категорію безпеки підприємства, викиди якого не створюють умов для порушення стандартів якості атмосферного повітря. Викиди підприємств 3-ї категорії в окремі періоди часу можуть створювати зони підвищеного забруднення в районах житлової забудови, проте їх внесок у середньорічне забруднення не перевищує допустимого. Для таких підприємств необхідна розробка заходів щодо зниження негативного впливу на атмосферне повітря максимально разових викидів.

Для більш тонкої настройки побудованої нечіткої моделі необхідно доповнити її конкретними концентраціями забруднюючих речовин. Такі методи в значній мірі залежать від конкретного підприємства.

Побудована нечітка модель володіє досить високою точністю, що обумовлює її успішне застосування в практиці оцінки категорії безпеки підприємства і дозволяє отримувати більш точні результати в порівнянні з традиційними аналітичними моделями.

## Висновки

Сьогодні в усьому світі прийнято приділяти велику увагу проблемам екології. Діяльність людини з освоєння природного середовища породила не тільки нові можливості зростання добробуту людства, а й призвела до глибокої кризи стану навколишнього середовища. Оскільки жоден керівник не працюватиме собі у збиток, дуже важливо дотримати баланс між екологічною безпекою, що вимагає значних грошових вливань, та економічною ефективністю діяльності господарюючого суб'єкта.

Основні особливості постановки задачі оцінювання стану екологічної системи характеризуються великою кількістю критеріїв, антагоністичні і нерівнозначністю приватних критеріїв, важливістю обліку критеріїв, заснованих на суб'єктивних оцінках, необхідністю одночасного обліку невизначеностей різної природи. Багатокритеріальні оцінки якості повітряного середовища можуть бути використані територіальними природоохоронними органами в наступних випадках:

розробці щорічного і перспективного прогнозів соціально-економічного розвитку регіонів;

оцінці результатів діяльності територіальних природоохоронних органів;

при нормуванні чисельності і фінансового забезпечення територіальних природоохоронних органів;

розробці і узгодженні програм і заходів, направлених на зниження (запобігання) негативних наслідків господарської діяльності для навколишнього природного середовища і її окремих еколого-ресурсних компонентів (атмосферне повітря, водні ресурси, земельні ресурси, біоресурси).

Практична реалізація запропонованого підходу дозволить без участі експертів визначити оцінку ступеня впливу підприємства на навколишнє середовище.

На основі оцінки якості повітряного середовища можна виконувати ранжування різноманітних об'єктів і регіонів по ступеню забрудненості повітряних ресурсів і рекомендувати природоохоронним організаціям ретельніше контролювати стан навколишнього середовища.

## Список літератури

1. Габитов Р.Х. *Методологические аспекты правовой охраны атмосферы земли в современных условиях* / Р.Х. Габитов. – Уфа: БГУ, 2007.
2. Наполов О.Б. *Влияние техногенных факторов на состояние окружающей среды и здоровья человека. Экологические проблемы современности* / О.Б. Наполов, М.В. Анисимова // Сборник статей между. НПК «Экология жизни». – Пенза, 2005. – 153 с.
3. Дилигенский Н.В. *Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология* / Н.В. Дилигенский, Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов. – М.: Машиностроение – 1, 2004. – 397 с.
4. Ковалев В.В. *Финансовый анализ: управление капиталом, выбор инвестиций, анализ отчетности* / В.В. Ковалев. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 512 с.
5. Недосекин А.О. *Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций* / А.О. Недосекин. – СПб.: «Сезам», 2002. – 181 с.
6. Лосев М.Ю. *Методика многокритериальной оценки состояния технико-экономических систем на основе нечетко-множественного анализа показателей* / М.Ю. Лосев, Ю.Н. Кононов, Ю.М. Лосева / Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2012. – Вып. 4(102). – С. 24-29.
7. Калмыков С.А. *Методы интервального анализа* / С.А. Калмыков, Ю.И. Шокин, З.Х. Юлдашев. – Новосибирск: Наука, 2006. – 223 с.
8. СНиП 17.2.1.01-76. *Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу.*
9. ГОСТ 17.2.3.02-78. *Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями.*

Надійшла до редколегії 29.01.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. К.О. Метешкін, Харківська національна академія міського господарства, Харків.

## НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

М.Ю. Лосев

*В работе анализируются результаты функционирования предприятия приборостроительной промышленности с точки зрения его негативного влияния на качество атмосферного воздуха. Для моделирования неопределенности в информации используется аппарат теории нечетких множеств. Программная реализация выполнена в среде MatLab с использованием нечеткого вывода Сугено. Ранжирование параметров по степени важности осуществляется в соответствии с ГОСТ.*

**Ключевые слова:** нечеткое множество, многокритериальная оценка, функция принадлежности, состояние системы, лингвистическая переменная, показатель качества, неопределенность, атмосферный воздух, загрязняющее вещество, экологическая система, риск заражения воздуха, класс опасности.

## FUZZY SET ANALYSIS OF NEGATIVE INFLUENCE ON A QUALITY OF AMBIENT AIR

M.Y. Losev

*The paper analyzes the results of enterprise functioning of instrument-making industry in terms of its negative impact on air quality. Apparatus of the theory of fuzzy sets used for modeling uncertainty in the information. Software implementation is made in MatLab using Sugeno fuzzy inference. Ranking parameters of importance made in accordance with GOST.*

**Keywords:** fuzzy set, multi-criteria evaluation, membership function, system status, linguistic variable, Quality Score, the uncertainty, the atmosphere, pollutants, ecological system, the risk of contamination of air, the hazard class.