

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Визначення порогових значень для оцінки рівня забруднення атмосфери з використанням методів ГІС-аналізу під час війни»

ХАІ.407.462М.22О193. 9793977 ПЗ

Виконав: студент _____ б_ курсу групи № 462М

Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій

(код та найменування)

Освітня програма Геоінформаційні системи та технології

(найменування)

Багнюк М.А

(прізвище та ініціали студента (ки))

Керівник: _____ Бутенко О.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ Висоцька Н.Ю. _____

(прізвище та ініціали)

Харків – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. М.Є. ЖУКОВСЬКОГО
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 193 Геодезія та землеустрій
(назва і шифр)

Освітня програма Геоінформаційні системи та технології
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

к.т.н. Горелик С.І.

“ ” 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Багнюк Мартін Артурович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної роботи: Визначення порогових значень для оцінки рівня забруднення атмосфери з використанням методів ГІС-аналізу під час війни

керівник випускної роботи: Бутенко Ольга Станіславівна, професор, д.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету №1546-уч від «03» листопада 2022 року

2. Строк подання студентом випускної роботи 15.12.2022

3. Вихідні дані до випускної роботи Показники індексу якості повітря та забруднення повітря PM_{2,5} в Україні, Супутникові знімки високої роздільної здатності пошкодженої цивільної інфраструктури зроблені Махаг Technologies, Показники нормативів забруднення атмосферного повітря релевантними елементами, Склад диму при згорянні житлової інфраструктури.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Збір та аналіз матеріалів, Аналіз методів визначення рівня забруднення, Формування функцій належності, Формування бази правил, Створення методу визначення рівня забруднення, Перевірка адекватності методу. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Структурна схема основних етапів роботи. Графіки функцій належності. Графіки бази продукційних правил в кількості 27 зображень. Результати етапів активізації та акумуляції.

6. Консультанти розділів випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Бутенко О.С.	31.10.2022	15.12.2022
	<i>професор</i>		

Нормоконтроль Красовська І.Г. « 15 » грудня 2022 р.

7. Дата видачі завдання 31.10.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів випускної роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області	1.11.2022 – 07.11.2022	
2	Аналіз методів оцінки якості повітря які використовують Індекс якості повітря та забруднення повітря PM _{2,5} в Україні	08.11.2021 – 14.11.2022	
3	Розробка способу визначення ступеня забруднення атмосфери з використанням нечіткої логіки	15.11.2022 – 21.11.2021	
4	Перевірка адекватності метода	22.11.2021– 28.11.2021	
5	Написання пояснювальної записки	29.11.2021 – 06.12.2021	

Студент _____ Багнюк М.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Бутенко О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: 76 сторінок, 51 рисуноків, 4 таблиці, 2 додатки, 19 посилань на використану літературу.

Об'єкт дослідження: комплексний аналіз основних елементів забруднень атмосфери.

Предмет дослідження: методи визначення порогових значень для оцінки рівня забруднення атмосфери.

Метою дослідження є підвищення оперативності і точності прийняття рішень щодо рівня забруднення атмосфери певними хімічними сполуками у військовий час.

Методи дослідження: прямий метод побудови функції приладдя , метод нечіткої логіки , алгоритм Мамдані , метод центру важкості для одноточкових множин.

Отримані результати: сформована база продукційних правил системи нечіткого виводу, розраховане порогове значення - ступінь рівня небезпеки забруднення атмосфери.

Перелік ключових слів: ЛОГІКА, ФУНКЦІЯ ПРИНАЛЕЖНОСТІ, ФАЗЗИФІКАЦІЯ, АКТИВІЗАЦІЯ, АКУМУЛЯЦІЯ, АГРЕГУВАННЯ, ДЕФАЗЗИФІКАЦІЯ, ПРОДУКЦІЙНІ ПРАВИЛА.

REVIEW

Calculation and explanatory note for the degree work: 76 pages, 51 figures, 4 tables, 2 appendices, 19 references to the used literature.

Object of research: comprehensive analysis of the main elements in atmospheric pollution.

Subject of research: methods of determining threshold values for assessing the atmospheric pollution level.

The purpose of the study is to increase the efficiency and accuracy of decision-making regarding the level of atmospheric pollution by certain chemical compounds during wartime.

Research methods: direct method of construction of utility function, fuzzy logic method, Mamdani algorithm, center of gravity method for one-point sets.

The results obtained: the base of production rules of the fuzzy output system was formed, the threshold value was calculated - the degree of the level of danger of atmospheric pollution.

List of keywords: FUZZY LOGIC, DEVICE FUNCTION, PHASIFICATION, ACTIVATION, ACCUMULATION, AGGREGATION, DEPHASIFICATION, PRODUCTION RULES.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ.....	9
1.1 Потенційні загрози здоров'ю та навколишньому середовищу.....	10
1.1.1 Загрози здоров'ю людини.....	10
1.1.2 Екотоксичність.....	12
1.1.3 Вилуджування.....	15
1.1.4 Нерегульовані об'єктів цивільної інфраструктури.....	15
1.1.5 Забруднення повітря.....	17
1.1.6 Забруднення води.....	18
1.1.7 Забруднення ґрунтів.....	18
1.2 Стандартний метод визначення забруднення рівня атмосфери.....	19
1.3 Структурна схема проекту.....	20
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ.....	21
РОЗДІЛ 3 ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МЕТОДУ.....	44
РОЗДІЛ 4 ВИКОРИСТАННЯ ГІС АНАЛІЗУ ПРИ ОЦІНЦІ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ПІД ЧАС ВІЙНИ.....	43
РОЗДІЛ 5 ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ.....	50
ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	54
ДОДАТОК А Плакат на тему «Визначення порогових значень для оцінки рівня забруднення атмосфери з використанням методів ГІС-аналізу під час війни».....	55
ДОДАТОК Б Презентація на тему «Визначення порогових значень для оцінки рівня забруднення атмосфери з використанням методів ГІС-аналізу під час війни».....	56

ВСТУП

Пожежі, спричинені війною, призводять до шкідливого забруднення повітря. Стовпи диму над цивільними районами складаються з токсичних газів і твердих частинок. Там, де зберігається звичайна зброя, є перебільшення важких металів і енергетичних матеріалів.

Через збільшення забруднення через бомбардування та будівельні пожежі, викликають додаткові проблеми зі здоров'ям, які можуть бути серйозними наслідки для місцевого та регіонального населення. У менших масштабах джерелами забруднення є також згорілі танки, транспортні засоби, збиті літаки та інші залишки бойових дій. Там, де об'єкти експлуатуються протягом багатьох років, нові джерела забруднення можуть бути засновані на існуючому військовому забрудненні. [1]

Стійкий розвиток суспільства неможливий без стабільного стану природного середовища. Кількість повітря, що проходить за добу через легені людини без будь-якого попереднього очищення, становить 13-15 кілограмів, що у 6-7 разів перевищує кількість води, яку споживає людина. Ці цифри вказують на необхідність контролю якості повітряного середовища як довкілля людини.

Актуальністю цієї теми і те, що оцінка рівня забруднення атмосфери проводиться за індексом забруднення атмосфери. Цей метод не є досить гнучким. Розрахунок індексу забруднення атмосфери ґрунтується на припущенні, що при значеннях на рівні гранично допустимої концентрації всі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину, використовуючи чіткі межі, які залежать від класу речовини.

Починаючи з 2014 року, у зв'язку з перевищенням у 2-4 рази показників хімічних сполук, які потрапляють в атмосферу при пожежах цивільної інфраструктури, виникає підвищена небезпека для людини та її життєдіяльності.

Метод, який розроблятиметься в даному проекті, надає можливість більш точно оцінити ступінь забруднення атмосфери завдяки інтервальним оцінкам.

Об'єктом дослідження є комплексний аналіз основних елементів забруднень атмосфери.

Предметом дослідження є методи визначення порогових значень для оцінки рівня забруднення атмосфери.

Метою дослідження є підвищення оперативності і точності прийняття рішень щодо рівня забруднення атмосфери певними хімічними сполуками у військовий час.

РОЗДІЛ 1 ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

1.1. Потенційні загрози здоров'ю та навколишньому середовищу

Через два місяці після російського вторгнення Міністерство охорони навколишнього середовища випустило додаток, який дозволяє цивільним особам надсилати фотографії та інші потенційні докази шкоди, заподіяної навколишньому середовищу, які співробітники могли потім спробувати підтвердити. Станом тільки на середину жовтня було зареєстровано понад 2000 таких випадків. Супутникові зображення українського космічного агентства також допомагають відстежувати пошкодження в місцях, куди інспектори не можуть дістатися через триваючі бойові дії — NASA та Європейське космічне агентство також погодилися надати супутникові дані, щоб допомогти оцінити шкоду навколишньому середовищу. Міністерство охорони навколишнього середовища також незабаром шукало способи переробки та утилізації військових відходів. Україна зазнала майже нечуваних збитків під час війни з Росією. Навколишнє середовище також стало жертвою війни, оскільки це вплинуло як на здоров'я людей, так і на місцеві екосистеми. [1,2,3,4]

Масові лісові пожежі поширювалися під час бойових дій, а атаки на паливні та промислові об'єкти спричинили вимивання хімікатів у річки та ґрунтові води. Використані шини є відходами, які займають великий фізичний простір, а їх ущільнення, збирання та знищення пов'язані з труднощами. Крім візуального подразнення, неправильне видалення може призвести до блокування водних шляхів, струмків та колекторів зливових вод. Зміни, що виникають внаслідок цього, в руслах можуть призвести до ерозії і замулювання водних потоків в результаті затримання твердих відходів, що сприятиме повеням. [5]

Знищення лісів часто збільшується під час конфліктів. Здебільшого це пов'язано з надмірною вирубкою врожаю громадами, які раптово покладаються на деревину та деревне вугілля для палива та опалення. Але це також може бути результатом того, що озброєні чи злочинні угруповання скористаються крахом систем управління. Цивільні стратегії подолання також можуть призвести до

надмірного видобутку інших природних ресурсів або до екологічно шкідливих практик, таких як кустарна переробка нафти. А в деяких випадках системи спільного сталого управління ресурсами можуть бути порушені. [5]

Шкода та деградація навколишнього середовища також можуть бути спричинені видобутком ресурсів, які використовуються для фінансування конфліктів. У багатьох конфліктах озброєні групи змагаються за контроль над нафтою, мінеральними ресурсами чи лісом. Методи переробки, такі як використання ртуті при видобутку золота, можуть забруднювати водойми. Крім озброєних груп і ремісників, приватні компанії також можуть бути активними в районах, уражених конфліктом, часто діючи з мінімальним екологічним наглядом.

1.1.1. Загрози здоров'ю людини

Деякі з цих викидів були надзвичайно небезпечними — наприклад, російська атака на промисловий об'єкт у східній Україні в квітні призвела до вивільнення хмари небезпечної, висококорозійної азотної кислоти, — але про наслідки для здоров'я цивільного населення майже не повідомлялося через триваючі бойові дії. Аміак, що виділяється з хімічних об'єктів може спричинити пошкодження легенів і сліпоту, а також розмір населення, яке потенційно постраждає, і вартість проблем зі здоров'ям, які, ймовірно, можуть виникнути.

Дійсно, навіть найкращі методології не врахують усього. Наприклад, шкоду, завдану природним об'єктам України, важко виразити в грошовому еквіваленті. [6]

Концентрація найбільш розповсюджених токсичних речовин в загальних пожежах місцевої інфраструктури та їх вплив наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Концентрація летких токсичних речовин та їх вплив

Назва та хімічна формула	Опис впливу	Концентрація	Симптоми
Оксид вуглецю, чадний газ, CO	В результаті з'єднання з гемоглобіном крові утворюється неактивний комплекс - карбоксигемоглобін, що викликає порушення доставки кисню до тканин організму. Виділяється при горінні полімерних матеріалів.	0,2-1% про.	Загибель людини за період від 3 до 60 хв.
Діоксид азоту, NO ₂	При попаданні в кров утворюються нітрити та нітрати, які переводять оксигемоглобін у метгемоглобін, що викликає кисневу недостатність організму, обумовлену ураженням дихальних шляхів. Передбачається, що при пожежах у житлових будинках відсутні умови, необхідні для інтенсивного горіння. Однак відомий випадок масової загибелі людей у клінічній лікарні через горіння рентгенівської плівки.	510-760 мг/м ³ 950 мг/м ³	При вдиханні протягом 5 хв розвивається бронхо-пневмонія Набряк легенів
Сірчистий ангідрид (діоксид сірки, сірчистий газ, SO ₂)	На вологій поверхні слизових оболонок послідовно перетворюються на сірчисту та сірчану кислоту. Викликає кашель, носові кровотечі, спазм бронхів, порушує обмінні процеси, сприяє утворенню метгемоглобіну в крові, діє на кровотворні органи. Виділяється при горінні вовни, повсті, гуми та ін.	250-500 мг/м ³ 1500-2000 мг/м ³	Небезпечна концентрація Смертельна концентрація при дії протягом кількох хвилин.

Нормативи забруднення атмосферного повітря релевантними елементами вказані в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Нормативи забруднення атмосферного повітря

№	Речовина	Клас небезпеки	ПДКМР, мг/м ³	ПДКСС, мг/м ³
1	Оксид вуглецю	4	5	3
2	Діоксид азоту	2	0,2	0,04
3	Діоксид сірки	3	0,5	0,05

де ГДК_{МР} – гранично допустима максимальна разова концентрація хімічної речовини у повітрі населених місць, мг/м³. Ця концентрація при вдиханні протягом 20-30 хв не повинна викликати рефлекторні реакції в організмі людини.

ГДК_{СС} – гранично допустима середньодобова концентрація хімічної речовини у повітрі населених місць, мг/м³. Ця концентрація не повинна чинити на людину прямого чи непрямого шкідливого впливу при невизначено довгому (роки) вдиханні.

1.1.2. Екотоксичність

Загальну екотоксичність оцінити складно. У різних дослідженнях висновки про токсичність викидів спричинених конвенційними військовими діями та їх ризики для здоров'я людини сильно розходяться. У зв'язку з тим, що в викидах подібного типу міститься широкий спектр речовин, на результати досліджень впливає безліч параметрів, таких як тип вибросу, оцінювані хімічні елементи і методологія оцінки. У наукових даних про екотоксичність існують прогалини. Деякі висновки представлені у таких дослідженнях [7,8,9].

Серйозні випадки забруднення можуть бути спричинені навмисним нападом на промислові, нафтові чи енергетичні об'єкти, випадковим пошкодженням або порушенням роботи. У деяких випадках навмисні напади на

нафтові чи промислові об'єкти використовуються як зброя війни, щоб забруднити великі території та поширити терор. Інші методи випаленої землі включають знищення сільськогосподарської інфраструктури, як-от каналів, колодязів і насосів, а також спалювання посівів. Така тактика загрожує продовольчій безпеці та засобам існування, підвищуючи вразливість сільських громад. Ці масштабні випадки забруднення можуть призвести до транскордонних наслідків через забруднення повітря або через забруднення річок, водоносних горизонтів або моря, чи то ненавмисні чи навмисні. У деяких випадках вони навіть можуть впливати на погоду чи глобальний клімат.

Зброя та військова техніка, які використовувалися під час конфліктів, також залишають екологічну спадщину. Наземні міни, касетні боєприпаси та інші вибухонебезпечні пережитки війни можуть обмежити доступ до сільськогосподарських угідь і забруднювати ґрунти та джерела води металами та токсичними енергетичними матеріалами. Під час великих конфліктів можуть бути вироблені або залишені великі обсяги військового брухту, який може містити низку забруднюючих матеріалів, забруднювати ґрунти та ґрунтові води, наражаючи тих, хто працює на ньому, на гострі та хронічні ризики для здоров'я. Розбиті або пошкоджені кораблі, підводні човни та морська нафтова інфраструктура можуть спричинити забруднення моря.

Багато звичайних видів зброї містять токсичні компоненти, інші, наприклад збіднений уран, також є радіоактивними. Запалювальна зброя, така як білий фосфор, не тільки токсична, але й може завдати шкоди середовищу існування через вогонь. Незважаючи на обмеження, широке використання хімічних дефоліантів завдало шкоди громадському та екологічному здоров'ю на великих територіях В'єтнаму.

Легкий доступ до стрілецької зброї та легкої зброї може завдати шкоди дикій природі через сприяння полюванню та браконьєрству, а неконтрольовані простори, створені конфліктом, створюють ідеальні умови для злочинів проти дикої природи. Вчені та дослідники можуть не мати доступу до територій через проблеми з безпекою, що шкодить програмам збереження. Крім гострої чи

короткострокової токсичності слід також враховувати дослідження довгострокової токсичності. Багаторічні дослідження показують, що деякі викиди з високим вмістом нафтових ароматичних масел, можуть за певних умов піддаватися вилуговуванню з виділенням значної кількості поліциклічних ароматичних вуглеводнів у водне середовище, що впливає, наприклад, на динаміку популяцій деревних жаб.

Попередні дослідження показали, що, наприклад, частинки протекторів автомобільних шин мають токсичність для водних організмів, але лише деякі дослідження були присвячені вимірюванню токсичності таких частинок з вивченням осадових порід, де, очевидно, накопичуються частинки, що виникають в результаті зносу шин у природному середовищі. У цьому дослідженні проводилася оцінка гострої токсичності частинок, що виникають внаслідок зношування шин і дорожнього покриття (ЧШД) для *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Daphnia magna* та *Pimephales promelas* з використанням очищених осадових порід (100, 500, 1000 або 10000 мг/л ЧШД). За стандартних температурних умов реакції "концентрація-ефект" не спостерігалось і значення ЕК/ЛК (50) перевищили 10000 мг/л. Були проведені додаткові випробування на *Daphnia magna*, як у присутності, так і без осадових відкладень у зливних залишках, які були зібрані в жарких умовах, щоб підвищити виділення токсинів з гуми, та зрозуміти, які фактори навколишнього середовища можуть вплинути на токсичність ЧШД. Токсичність спостерігалася тільки для зливних залишків, отриманих з ЧШД, які були вимиті за високих температур, і найнижчий показник ЕК/ЛК (50) становив 5000 мг/л. Щоб визначити потенційну токсичність хімічного (-их) компонента (-ів) нагрітих фільтратів, було проведено оцінки виявлення токсичності (ОВТ) та хімічний аналіз фільтратів. ОВТ разом із хімічним аналізом фільтратів дозволили визначити, що можливими токсинами є цинк та анілін. Однак у зв'язку з низькими показниками ЕК/ЛК та обмеженими умовами, за яких спостерігалася токсичність, ЧШД повинні належати до категорії низького ризику для водних екосистем в умовах сильного впливу.

1.1.3. Вилуджування

Вода, що з'являється в результаті вилуговування, може заразити як ґрунт, так і поверхневі та ґрунтові води на ділянці та в прилеглих районах. Виходячи зі спеціалізованої літератури та власного досвіду, міністерство охорони навколишнього середовища Нової Зеландії відзначило низку факторів, які можуть впливати на темпи вилуговування та/або концентрацію продуктів вилуговування шин у ґрунті, наземних та ґрунтових водах.

Винятком є вилуговування цинку. Вміст розчиненого органічного вуглецю та органічного азоту, мабуть, дуже швидко скорочується від початку, а потім зводиться до мінімуму в залежності від часу і типу речовини. Під час випробувань у бланковій пробі (гравійний шар без поверхні) було виявлено ідентичні, дуже низькі концентрації поліциклічних ароматичних вуглеводнів у гранулах; вони відповідають (повсюдним) рівням забруднення довкілля. У додаванні II наводиться інформація про польову роботу, проведену для вивчення вилуговування.

1.1.4. Нерегульовані об'єкти цивільної інфраструктури

У процесі спалювання звичайних цивільних об'єктів утворюється ціла низка продуктів розкладання [3], включаючи:

- попіл (містить вуглець, окис цинку, двоокис титану, двоокису кремнію, кадмій, свинець та інші важкі метали);
- з'єднання сірки;
- поліциклічні ароматичні вуглеводні;
- окису вуглецю та азоту;
- тверді частки;

– легкі фракції ароматичних вуглеводнів (таку як толуол, диметилбензол і бензол).

У процесі спалювання утворюється досить багато продуктів розкладання, які варіюються залежно від таких факторів, як:

- швидкість горіння;
- причина пожежі;
- температура навколишнього середовища;
- вологість.

Склад диму при згорянні об'єктів цивільної інфраструктури вказано у табл.

1.5.

Таблиця 1.5 – Склад диму при згорянні об'єктів цивільної інфраструктури

Складовий елемент	Утворення диму (г/кг матеріалу що горить)
Вуглекислий газ	626
Чадний газ	42
Оксид азоту	0,75
Окис азоту	1,6
Двоокис сірки	4
Синильна кислота	0,6
Соляна кислота	2
Пил	20
Метали (всього) в тому числі алюмінію та цинку > 99%	22,74
Поліциклічні ароматичні вуглеводні (всього)	0,093
Поліхлоровані дифеніли (всього)	$2,16 \times 10^{-5}$
Діоксини/фурані (всього)	$1,9 \times 10^{-7}$

Неконтрольоване згорання об'єктів інфраструктури має серйозні екологічні наслідки для повітря, води та ґрунту.

1.1.5. Забруднення повітря

Пожежі під відкритим небом генерують викиди чорного диму, двоокису вуглецю (що посилює парниковий ефект), летких органічних сполук і небезпечних забруднювачів повітря, таких як ПАУ, діоксини, фурані, хлорводень, бензол, ПХД, миш'як, хром та ванадій.

Можливе вилуговування таких забруднювачів дощовою водою може також призвести до зараження ґрунту та вод. Це може статися за допомогою двох різних атмосферних процесів відомих як вимивання (коли маленькі частинки, що злиплися, вимиваються дощовою водою) і випадання (коли краплі дощу безпосередньо захоплюють більші частинки).

1.1.6. Забруднення води

Випадання також можуть бути винесені водою, якщо вода використовується при гасінні пожежі, або за допомогою перколяції через ґрунт, потрапляючи до ґрунтових вод або довколишніх водотоків. Інші залишкові продукти процесу горіння, такі як цинк, кадмій та свинець, можуть бути вимиті водою. Залежно від ситуації можуть бути присутніми такі забруднюючі речовини, як миш'як, бензол, ртуть, мідь, діоксини, поліхлоровані дифеніли та поліциклічні вуглеводні.

1.1.7. Забруднення ґрунтів

Речовини, що залишаються на землі після пожежі можуть мати подвійні наслідки: негайне забруднення рідкими продуктами розпаду, які проникають у ґрунт, та поступове забруднення внаслідок вилуговування попелу та інших незгорілих залишків. І те, й інше відбувається здебільшого внаслідок дощів і вбирання води цьому ділянці. Використання таких практик, як ями горіння, піддає військовий персонал і громади небезпечному забрудненню, залишаючи людей з проблемами зі здоров'ям.

Забруднення родючого ґрунту та гірських порід є результатом багатьох деструктивних процесів, включаючи розрив оболонки, витік забруднюючих і небезпечних речовин із пошкоджених резервуарів і відходів внаслідок руйнування дамб поля фільтрації, руйнування очисних або гідротехнічних споруд. Крім того, внаслідок масової загибелі людей і тварин трупною отрутою забруднені ґрунт і підземні води. Усі ці екологічні катастрофи призводять до потрапляння хімічних речовин у ґрунт [10].

Крім того, території, забруднені вибухівкою та заміновані території, будуть загрозою протягом десятиліть.

1.2. Стандартний метод визначення забруднення рівня атмосфери.

Для оцінки рівня забруднення атмосфери використовуються такі величини:

- середня концентрація домішки у повітрі;
- середнє квадратичне відхилення;
- максимальна разова концентрація домішки.

Оцінка забруднення атмосфери проводиться шляхом порівняння дійсних значень середніх та максимальних разових концентрацій домішок із гранично допустимими концентраціями (ГДК) [11].

Інтегральним показником забруднення атмосфери є відповідний індекс (ІЗА). Розрахунок індексу забруднення атмосфери проводиться у разі величинам середньорічних концентрацій, тому ІЗА показує тривалу—«хронічну»— забрудненість повітря.

ІЗА враховує як концентрації, а й ступінь впливу забруднювачів для здоров'я. Розрахунок індексу забруднення атмосфери провадиться за формулою (1.1).

$$\begin{aligned} & \text{ІЗА} \\ & = \sum \frac{X_i}{\text{ПДК}_i} \cdot C_i \end{aligned} \quad (1.1),$$

де X_i - Середньорічна концентрація речовини i , C_i - Коефіцієнт, що показує ступінь небезпеки i -тої речовини в порівнянні з діоксидом сірки.

ІЗА менше ніж 5 відповідає низькому рівню забруднення, від 5 до 8 – підвищеному, від 8 до 13 – високому. ІЗА більше 13 означає дуже високий рівень забрудненості повітря.

1.3. Структурна схема проекту.

Структурну схему проекту зображено на рис. 1.1



Рисунок 1.1 – Структурна схема проекту

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

Нечітка логіка полягає в використанні таких оборотів природної мови, як «далеко», «близько», «холодно», «гаряче». Багато сучасних завдань управління неможливо знайти вирішені класичними методами через дуже велику складність описують їх математичних моделей. Разом про те, щоб використовувати теорію нечіткості на комп'ютерах, необхідні математичні перетворення, дозволяють перейти від лінгвістичних змінних до числовим аналогам .

Класичні методи управління добре працюють при повністю детермінованому об'єкті управління та детермінованому середовищі, а для визначення рівня небезпеки необхідні нечіткі методи управління. Вони допоможуть визначити рівень небезпеки як процентного співвідношення.[12,13,14].

Основними етапами нечіткого висновку є:

- 1) Постановка завдання нечіткого управління ;
- 2) Формування термів та його функцій приналежності;
- 3) формування бази правил системи нечіткого висновку;
- 4) Фазифікація вхідних змінних ;
- 5) Агрегування умов у нечітких правилах продукції;
- 6) Активізація підукладень у нечітких правилах продукції;
- 7) Акумуляування висновків нечітких правил продукції;
- 8) Дефазифікація вихідних змінних .

Визначимо поставлене завдання як відшукування рівня небезпеки сумування трьох хімічних сполук, а саме діоксиду азоту, оксиду вуглецю та діоксиду сірки – наші лінгвістичні змінні. Введемо вихідну лінгвістичну змінну, що означає небезпеку забруднення атмосфери – D (Danger).

Наступним кроком для оцінки вихідної лінгвістичної змінної D ми визначимо терми, до яких можуть належати лінгвістичні змінні: L (low) низький ступінь, M (medium) середній ступінь, H (high) високий ступінь забруднення.

Для зручності визначення приналежності речовини до терм-множини введени такі позначення:

AH^1 - ангідрид, що належить терм-множині Low

AH^2 - ангідрид, що належить терм-множині Medium

AH^3 – ангідрид, що належить терм-множині High

A^1 – азот, що належить терм-множині Low

A^2 - азот, що належить терм-множині Medium

A^3 – азот, що належить терм-множині High

Y^1 – вуглець, що належить терм-множині Low

Y^2 – вуглець, що належить терм-множині Medium

Y^3 - вуглець, що належить терм-множині High

На наступному етапі було складено базу правил нечітких продукцій представлену 27 правилами нечітких висновків виду:

Rule 1IF $AH^1 \cap A^1 \cap Y^1$ THEN D is L

Rule 2IF $AH^1 \cap A^1 \cap Y^2$ THEN D is L

Rule 3IF $AH^1 \cap A^1 \cap Y^3$ THEN D is M

Rule 4IF $AH^1 \cap A^2 \cap Y^1$ THEN D is M

Rule 5IF $AH^1 \cap A^2 \cap Y^2$ THEN D is M

Rule 6IF $AH^1 \cap A^2 \cap Y^3$ THEN D is M

Rule 7IF $AH^1 \cap A^3 \cap Y^1$ THEN D is M

Rule 8IF $AH^1 \cap A^3 \cap Y^2$ THEN D is M

Rule 9IF $AH^1 \cap A^3 \cap Y^3$ THEN D is M

Rule 10IF $AH^2 \cap A^1 \cap Y^1$ THEN D is L

Rule 11IF $AH^2 \cap A^1 \cap Y^2$ THEN D is M

Rule 12IF $AH^2 \cap A^1 \cap Y^3$ THEN D is M

Rule 13IF $AH^2 \cap A^2 \cap Y^1$ THEN D is M

Rule 14IF $AH^2 \cap A^2 \cap Y^2$ THEN D is M

Rule 15IF $AH^2 \cap A^2 \cap Y^3$ THEN D is H

Rule 16IF $AH^2 \cap A^3 \cap Y^1$ THEN D is M

Rule 17IF $AH^2 \cap A^3 \cap Y^2$ THEN D is H

Rule 18IF $AH^2 \cap A^3 \cap Y^3$ THEN D is H

Rule 19IF $AH^3 \cap A^1 \cap Y^1$ THEN D is M

Rule 20IF $AH^3 \cap A^1 \cap Y^2$ THEN D is M

Rule 21IF $AH^3 \cap A^1 \cap Y^3$ THEN D is M

Rule 22IF $AH^3 \cap A^2 \cap Y^1$ THEN D is M

Rule 23IF $AH^3 \cap A^2 \cap Y^2$ THEN D is H

Rule 24IF $AH^3 \cap A^2 \cap Y^3$ THEN D is H

Rule 25IF $AH^3 \cap A^3 \cap Y^1$ THEN D is H

Rule 26IF $AH^3 \cap A^3 \cap Y^2$ THEN D is H

Rule 27IF $AH^3 \cap A^3 \cap Y^3$ THEN D is H

Наступним кроком необхідно провести фазифікацію вхідних змінних системи нечіткого виведення для визначення конкретних значень функцій приналежності щодо кожного з лінгвістичних термів, які використовуються в умовах бази правил нечіткої продукції.

Під фазифікацією розуміється як окремий етап виконання нечіткого висновку, а й процес чи процедура знаходження значень функцій приналежності нечітких множин (термів) з урахуванням звичайних (не нечітких) вихідних даних. Фазифікацію ще називають запровадженням нечіткості.

Метою етапу фазифікації є встановлення відповідності між конкретним (зазвичай чисельним) значенням окремої вхідної змінної системи нечіткого виведення та значенням функції належності їй терму вхідної лінгвістичної змінної.

У цій роботі використовувалися симетрична гауссівська функція приналежності, узагальнена дзвоноподібна функція приналежності, s-подібна та z-подібна функції приналежності.

Кожна функція задано на універсумі $X = [0, 10]$. Графіки залежностей функцій приналежності від кількісних значень трьох параметрів представлені нижче. Причому вісь абсцис приведена до загального масштабу. Щоб перевести реальні значення вмісту в повітрі речовин до цього масштабу необхідно збільшити значення сірчистого ангідриду в 10 разів, а діоксиду азоту - в 50 разів.

У функціях приналежностей є зони невизначеності. На рис. 2.1, 2.2, 2.3 вони показані зонами , залитими сірим кольором.

На рис. 2.1 представлений графік визначальний функцію приналежності всіх термів-множин, ступінь забруднення атмосфери в залежності від вмісту в повітрі сірчистого ангідриду. У легенді вказано функції, що описують графіки.

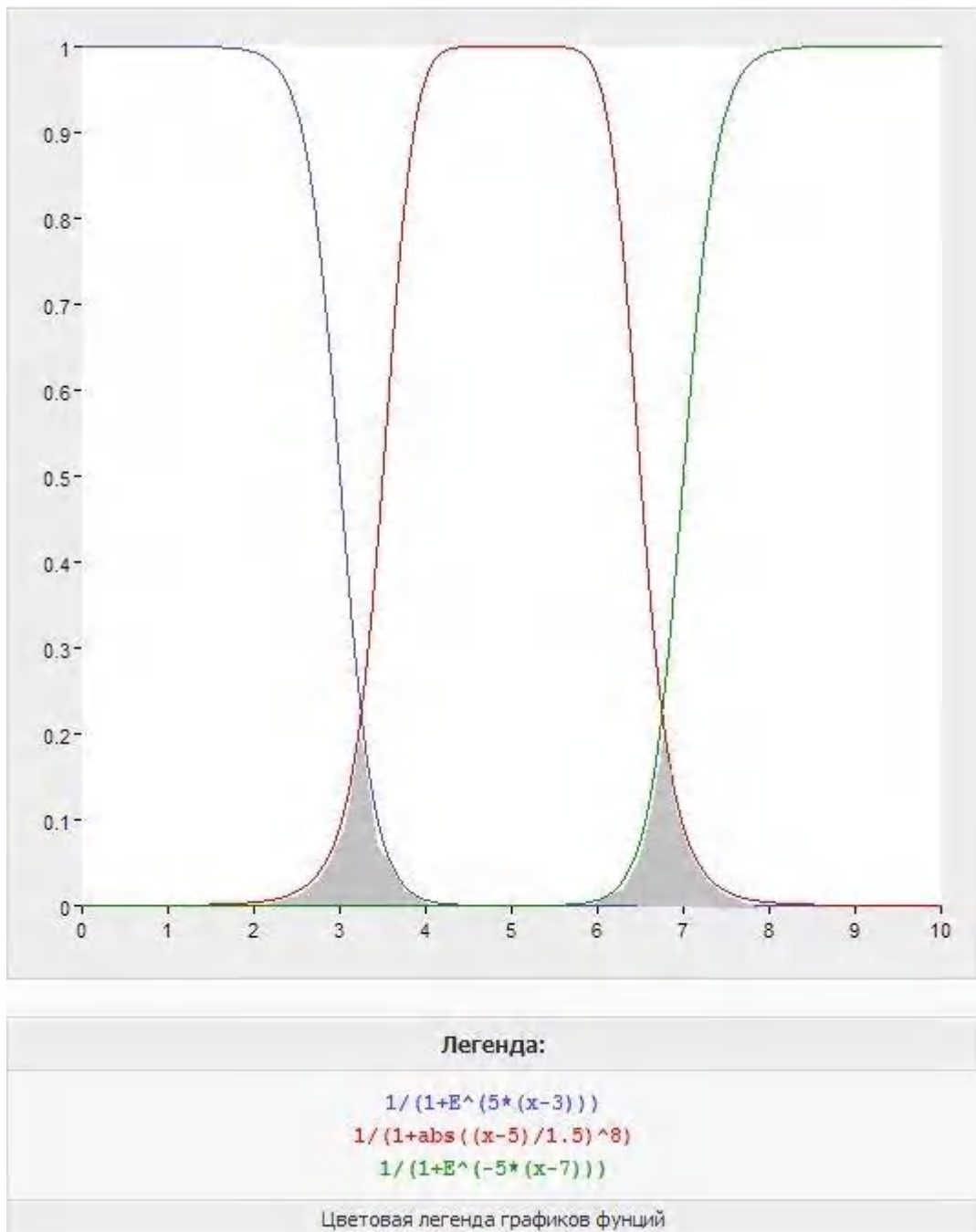


Рисунок 2.1 – Графік функцій належності якісних термів залежно від вмісту сірчистого ангідриду

На рис. 2.2 представлений графік, що визначає функції належності всіх термів-множин, ступінь забруднення атмосфери в залежності від вмісту в повітрі діоксиду азоту.

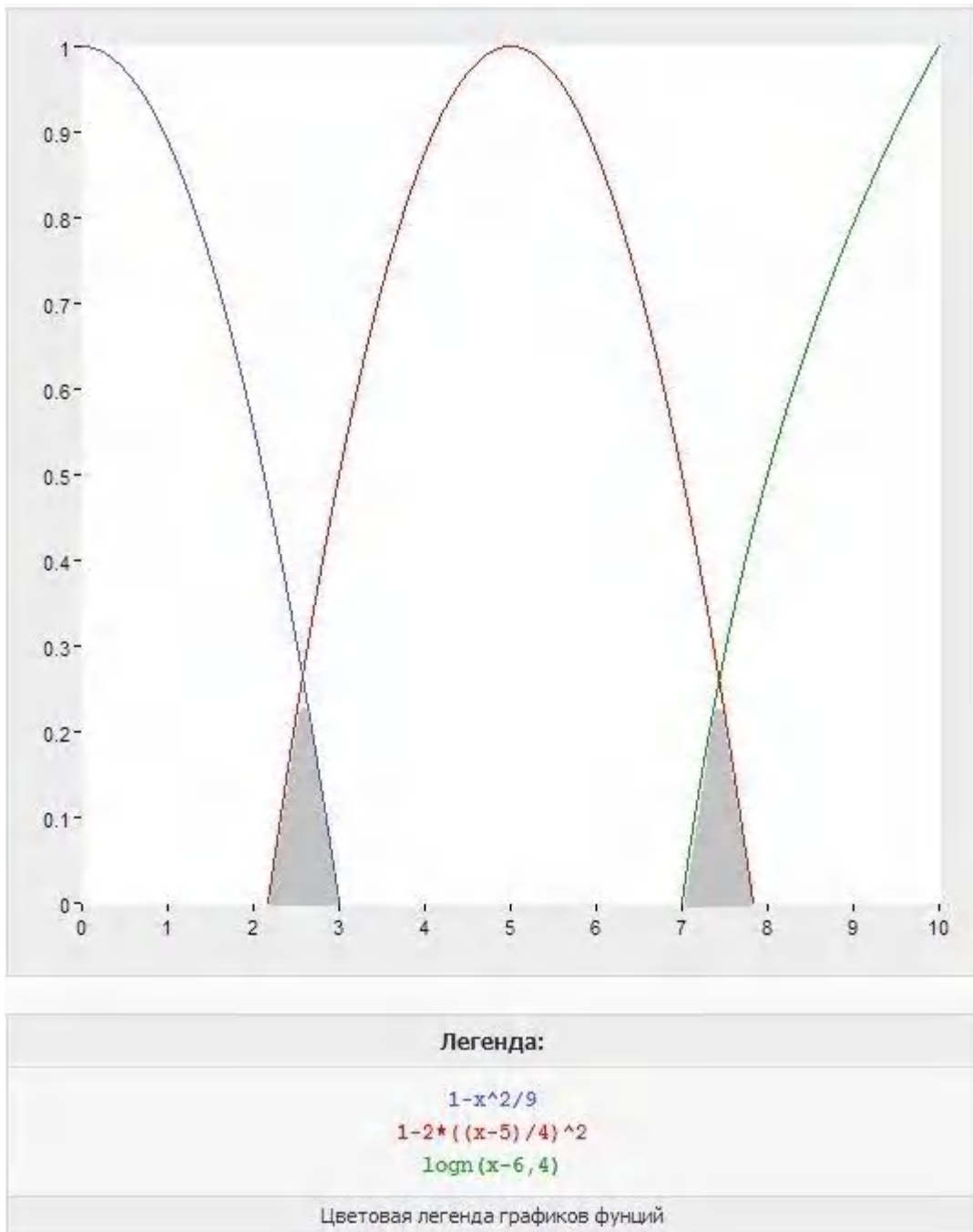


Рисунок 2.2 – Графік функцій належності якісних термів залежно від азоту

На рис. 2.3 представлений графік, що визначає функції належності всіх термів-множин, ступінь забруднення в залежності від вмісту в повітрі оксиду вуглецю.

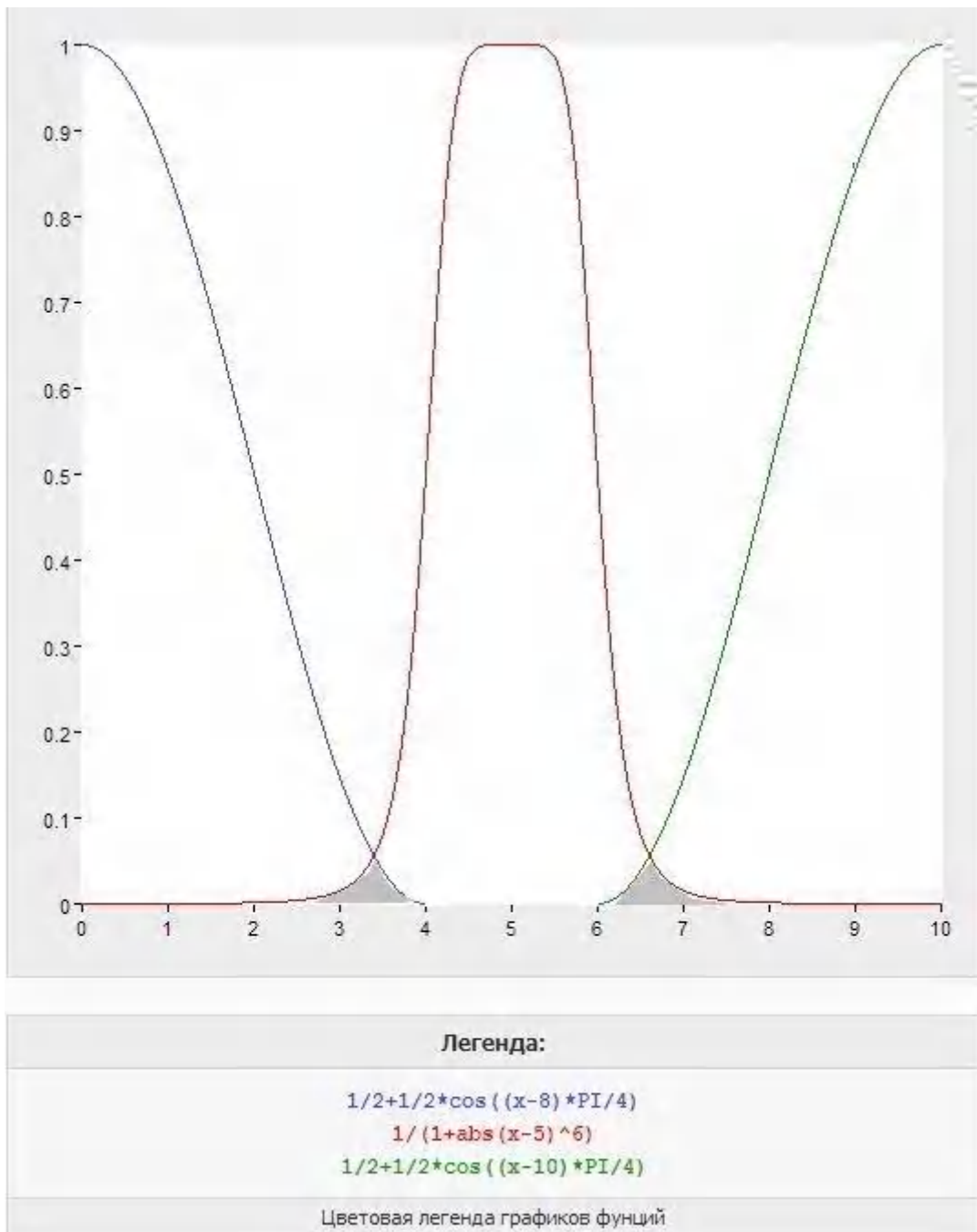


Рисунок 2.3 – Графік функцій належності якісних термів залежно від вмісту оксиду вуглецю

Для аналітичного опису функціональних залежностей використані такі функції:

Ангідрид:

AH^1 :

$$\frac{1}{1 + e^{5(x-3)}};$$

(2.1)

$AH^2:$

$$\frac{1}{1 + \left| \frac{x-5}{1.5} \right|^8}; \quad (2.2)$$

 $AH^3:$

$$\frac{1}{1 + e^{-5(x-7)}}; \quad (2.3)$$

Азот:

 $A^1:$

$$-\frac{x^2}{9}; \quad 1 \quad (2.4)$$

 $A^2:$

$$2 \left(\frac{x-5}{4} \right)^2; \quad 1 - \quad (2.5)$$

 $A^3:$

$$6); \quad \log_4(x - \quad (2.6)$$

Вуглець:

 $y^1:$

$$+\frac{1}{2} \cos \left(\frac{x-8}{4} \pi \right); \quad \frac{1}{2} \quad (2.7)$$

 $y^2:$

$$\frac{1}{1 + |x-5|^6}; \quad (2.8)$$

 $y^3:$

$$+\frac{1}{2} \cos \left(\frac{x-10}{4} \pi \right). \quad \frac{1}{2} \quad (2.9)$$

Наступним етапом нечіткого висновку є агрегування. Агрегування є процедуру визначення ступеня істинності умов за кожним із правил системи нечіткого висновку. Так як умова складається з декількох умов, причому лінгвістичні змінні в умовах попарно не рівні один одному, то визначається ступінь істинності складного висловлювання на основі відомих значень істинності підумов.

Значення вхідних змінних системи нечіткого висновку, взятих на основі статистичних даних, наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Значення вхідних змінних

Чинник	Значення
Низький рівень ангідриду	4,5
Середній рівень ангідриду	6,5
Високий рівень ангідриду	8,1
Низький рівень азоту	3
Середній рівень азоту	7,9
Високий рівень азоту	9
Низький рівень вуглецю	4
Середній рівень вуглецю	6
Високий рівень вуглецю	9

0 - 5 - слабкий ступінь забруднення

5 - 8 - середній ступінь забруднення

8 - 10 - високий ступінь забруднення

Оскільки у всіх продукційних правилах як логічне зв'язування для умов застосовується нечітка кон'юнкція, то як метод агрегування необхідно використовувати операцію \min -кон'юнкції. Вона визначається за такою формулою (2.10).

$$T(A \wedge B) = \min(T(A), T(B)). \quad (2.10)$$

Далі подано графіки на рис. 2.4 – 2.30, що зображують продукційні правила, рішення про активність яких буде прийнято за формулою (2.10)

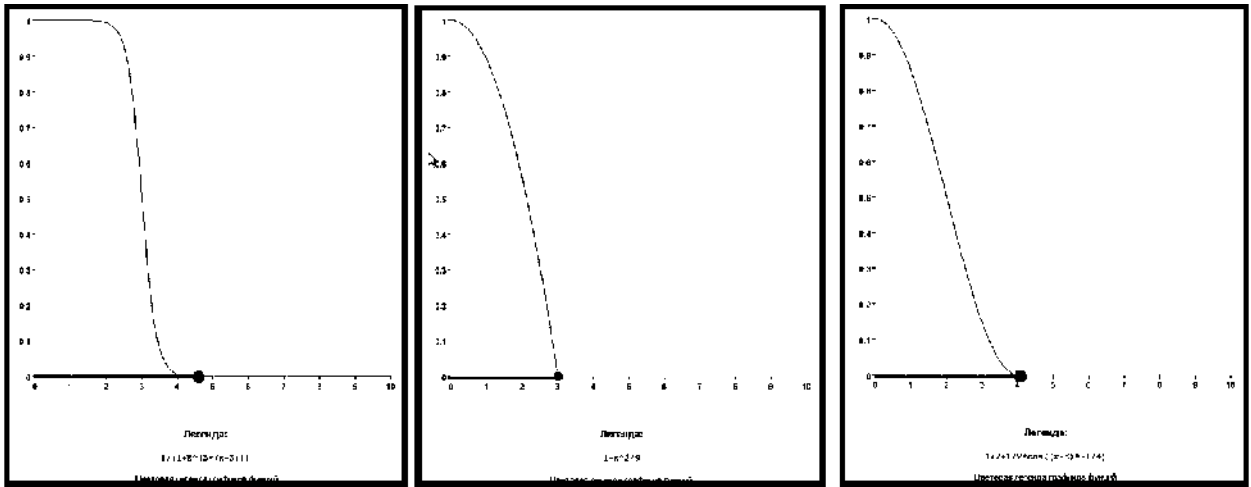


Рисунок 2.4 – Правило №1

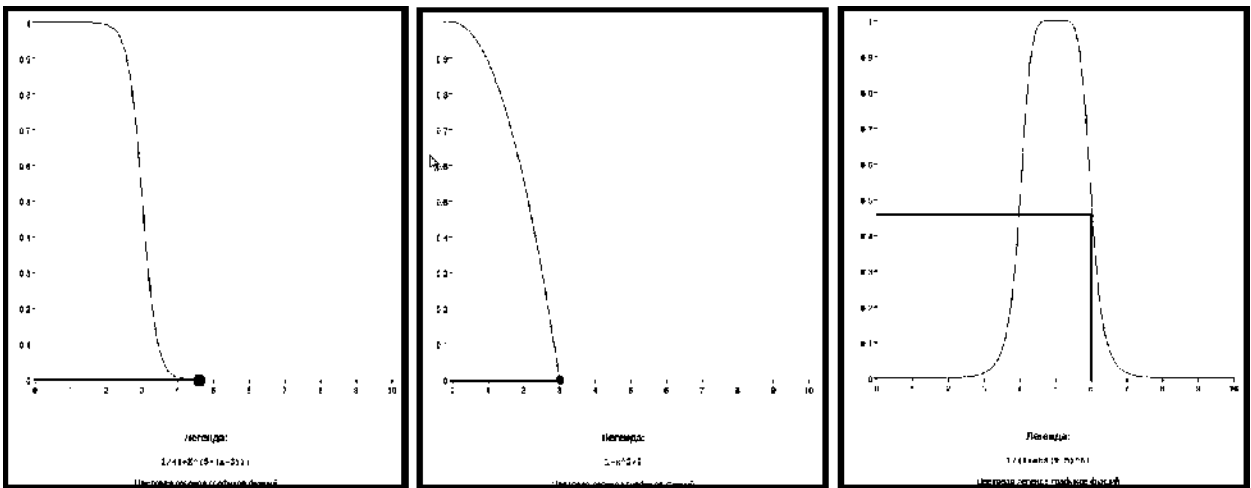


Рисунок 2.5 – Правило №2

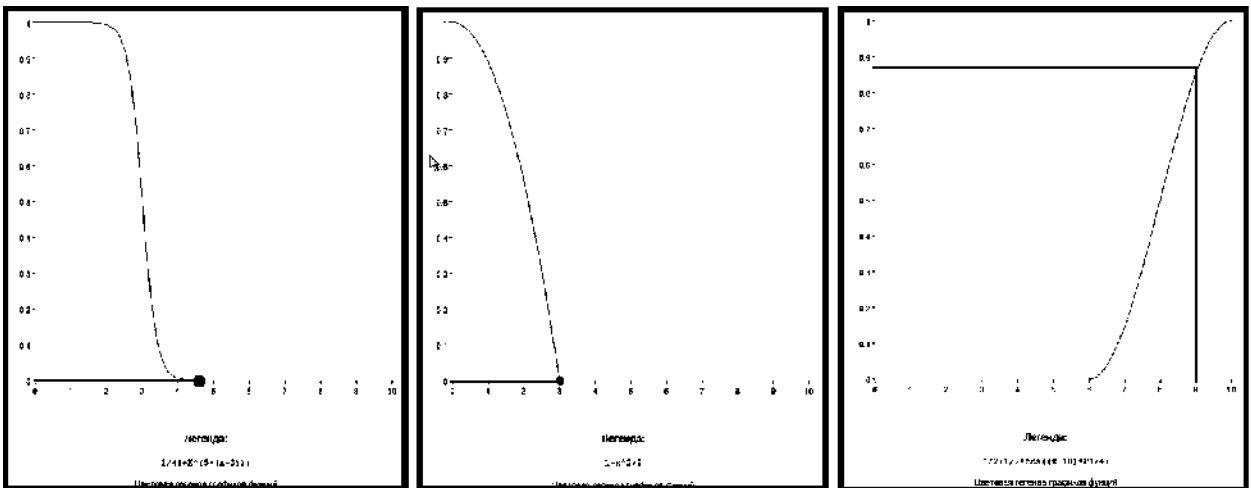


Рисунок 2.6 – Правило №3

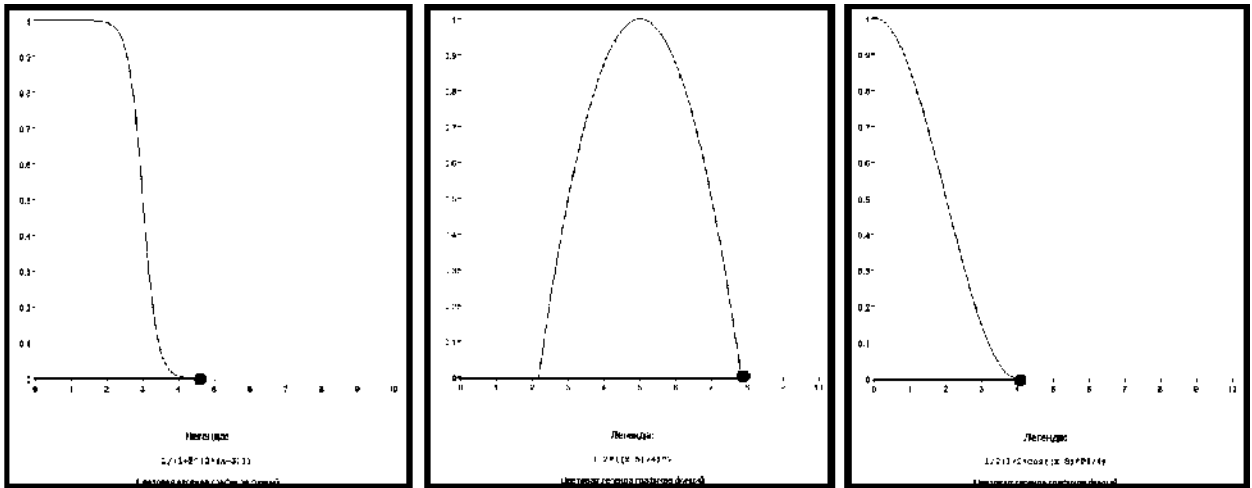


Рисунок 2.7 – Правило №4

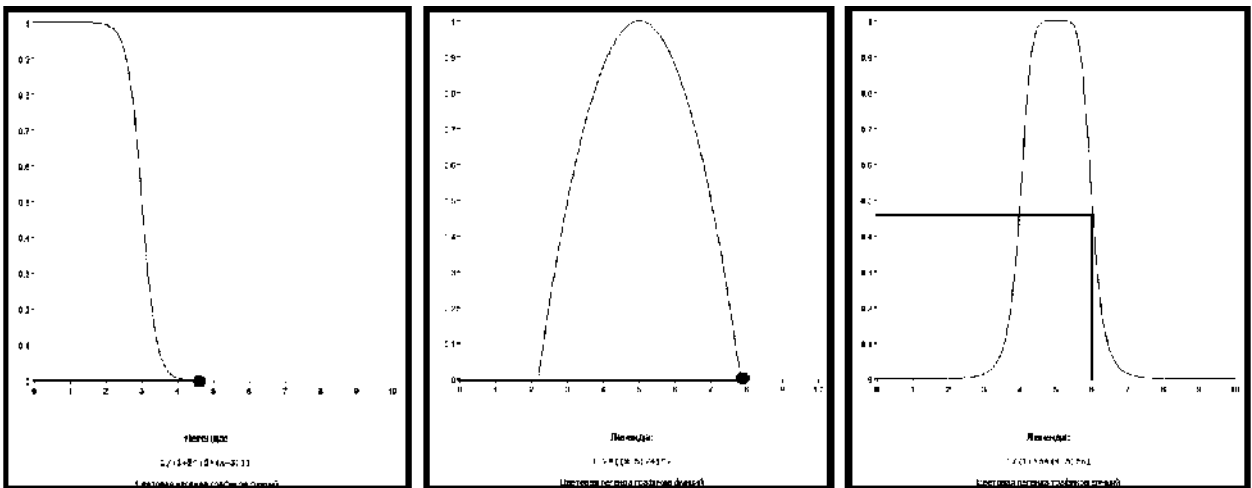


Рисунок 2.8 – Правило №5

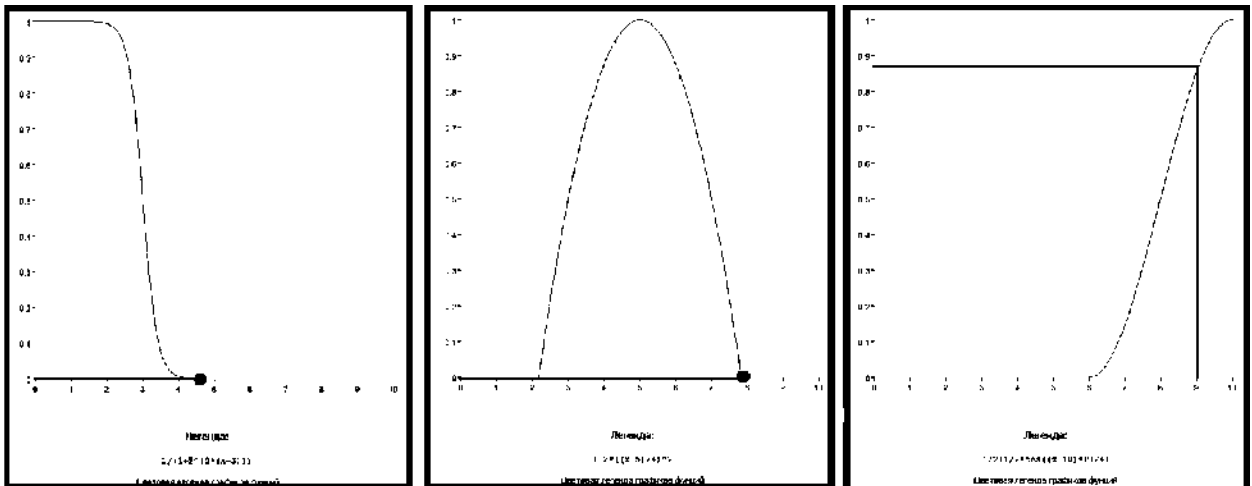


Рисунок 2.9 – Правило №6

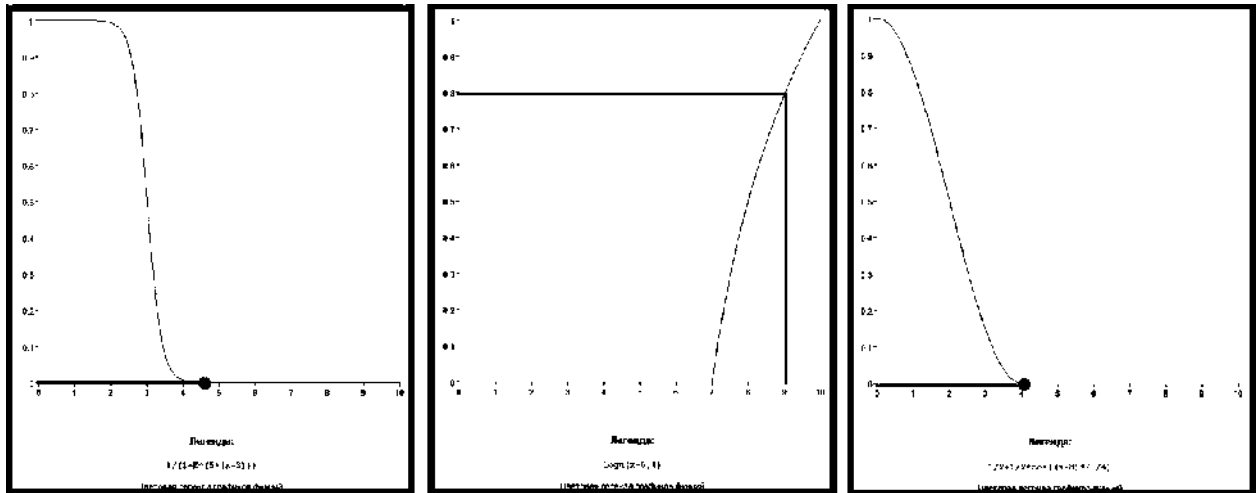


Рисунок 2.10 – Правило №7

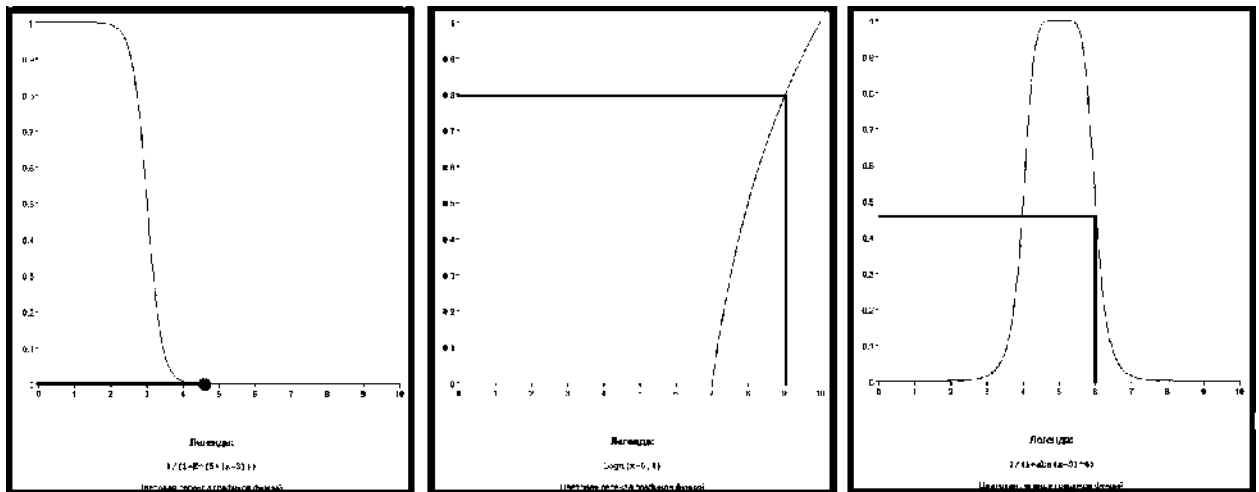


Рисунок 2.11 – Правило №8

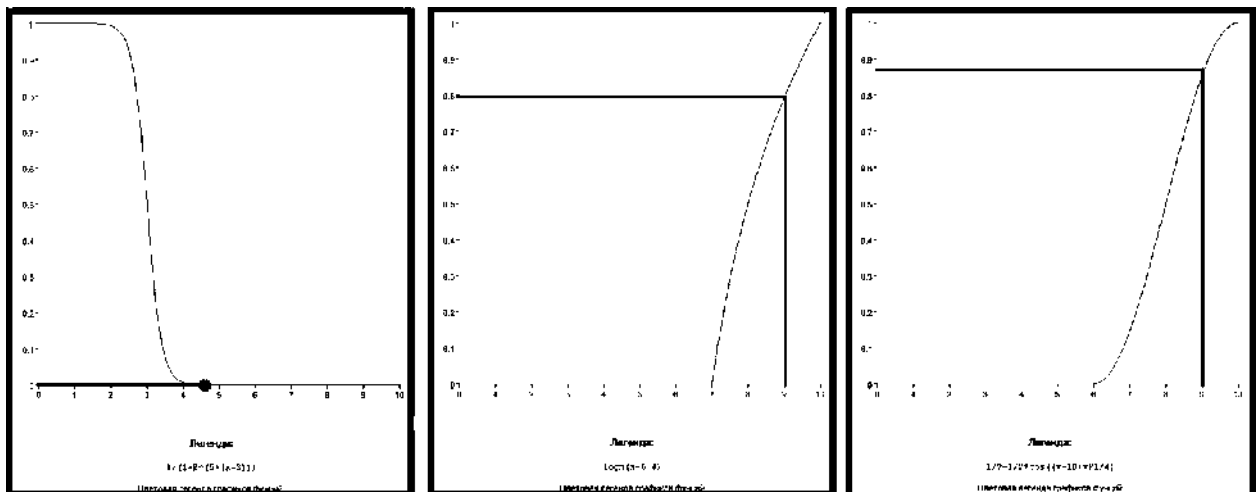


Рисунок 2.12 – Правило №9

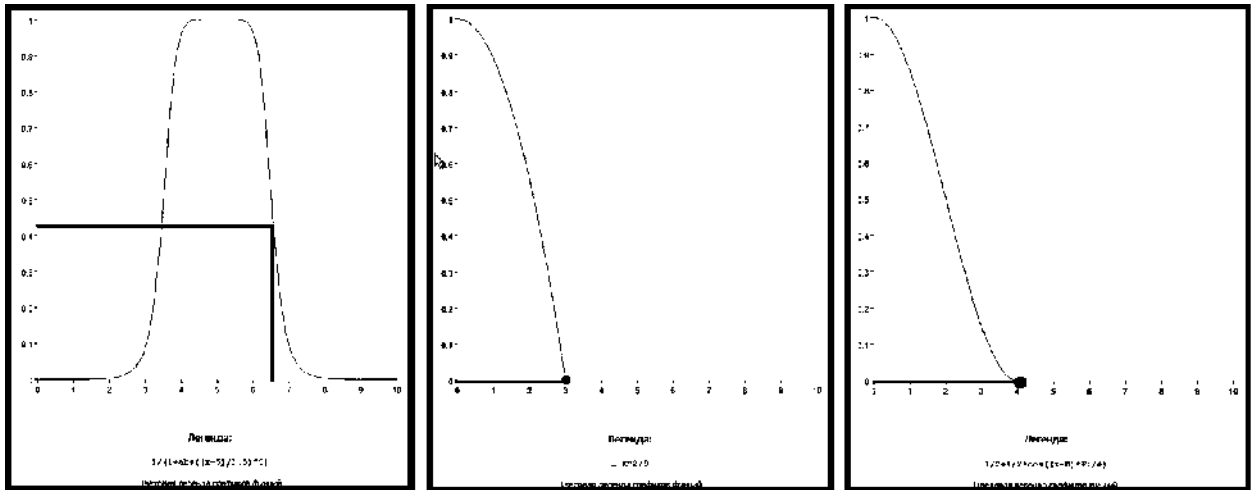


Рисунок 2.13 – Правило №10

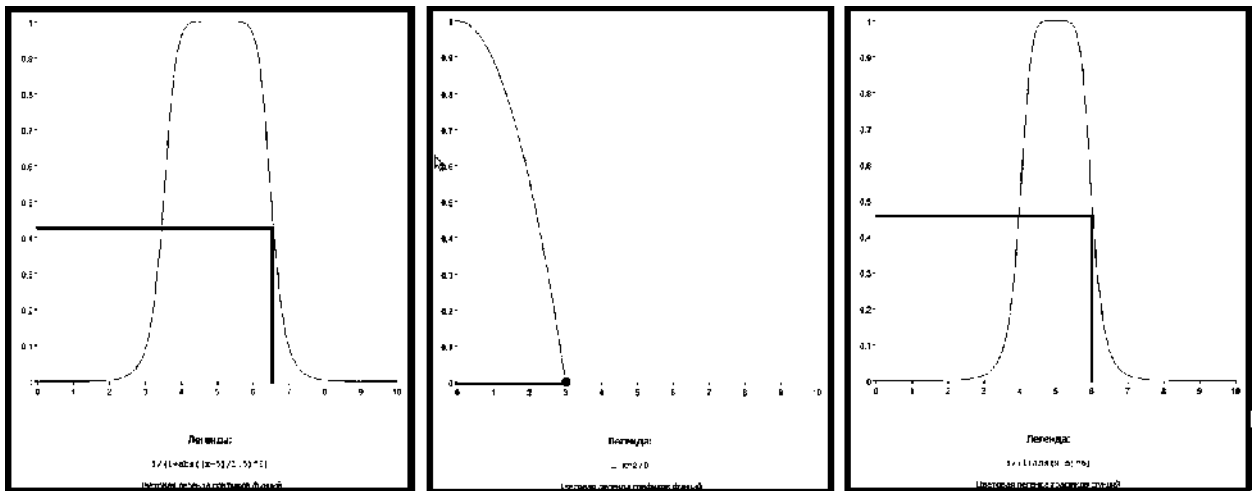


Рисунок 2.14 – Правило №11

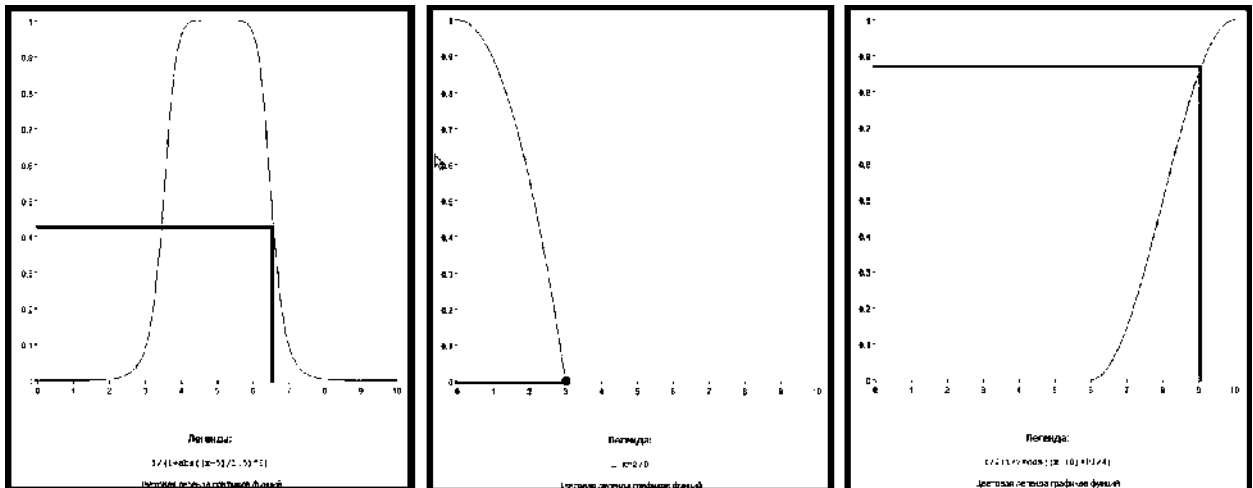


Рисунок 2.15 – Правило №12

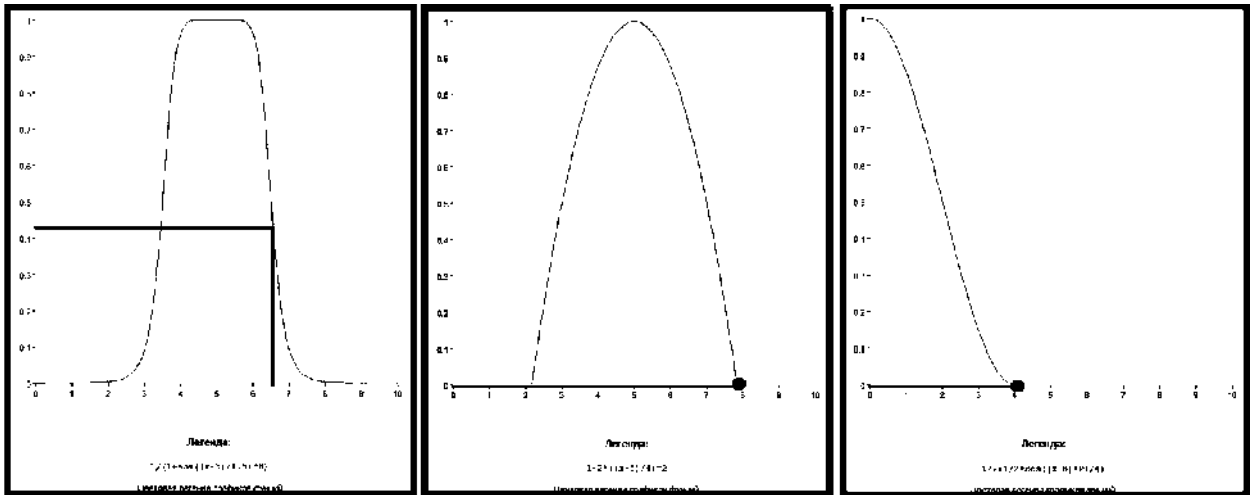


Рисунок 2.16 – Правило №13

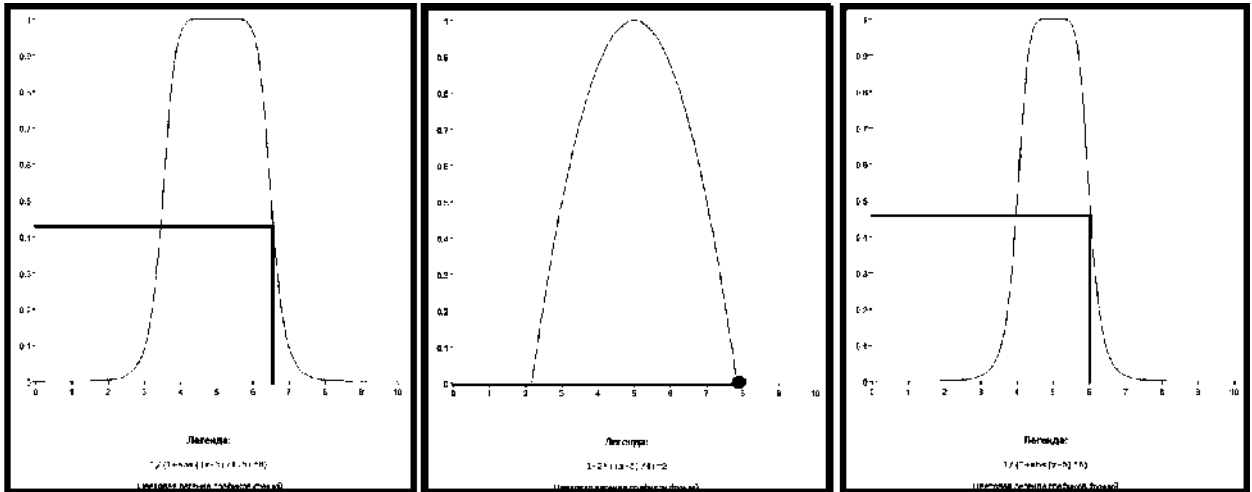


Рисунок 2.17 – Правило №14

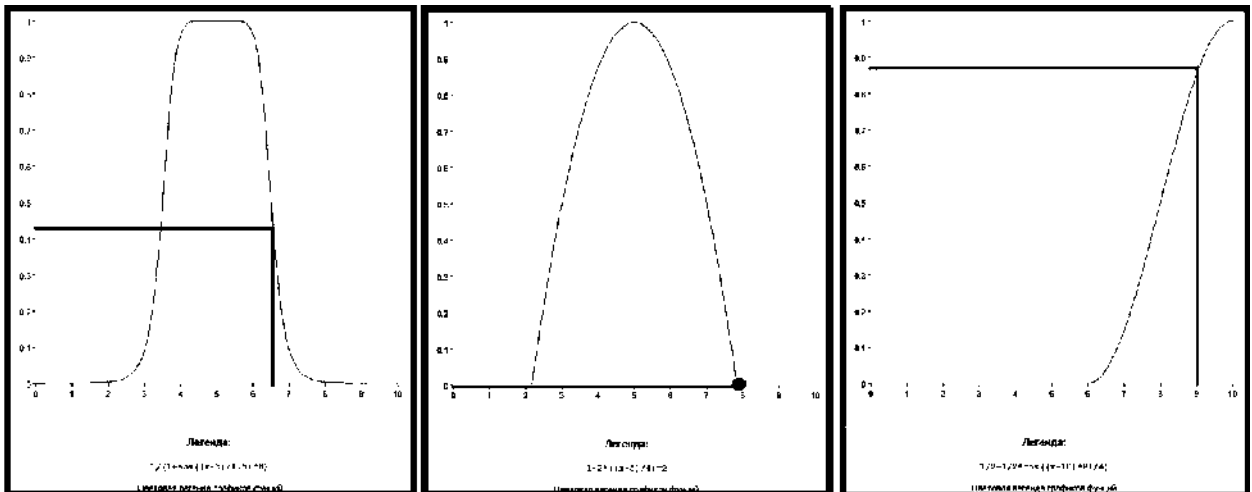


Рисунок 2.18 – Правило №15

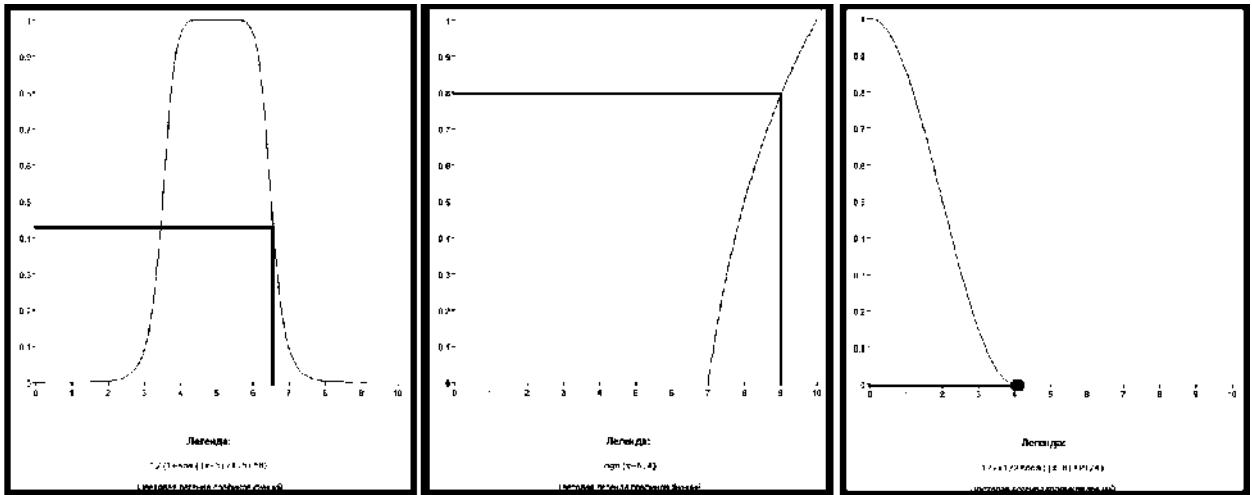


Рисунок 2.19 – Правило №16

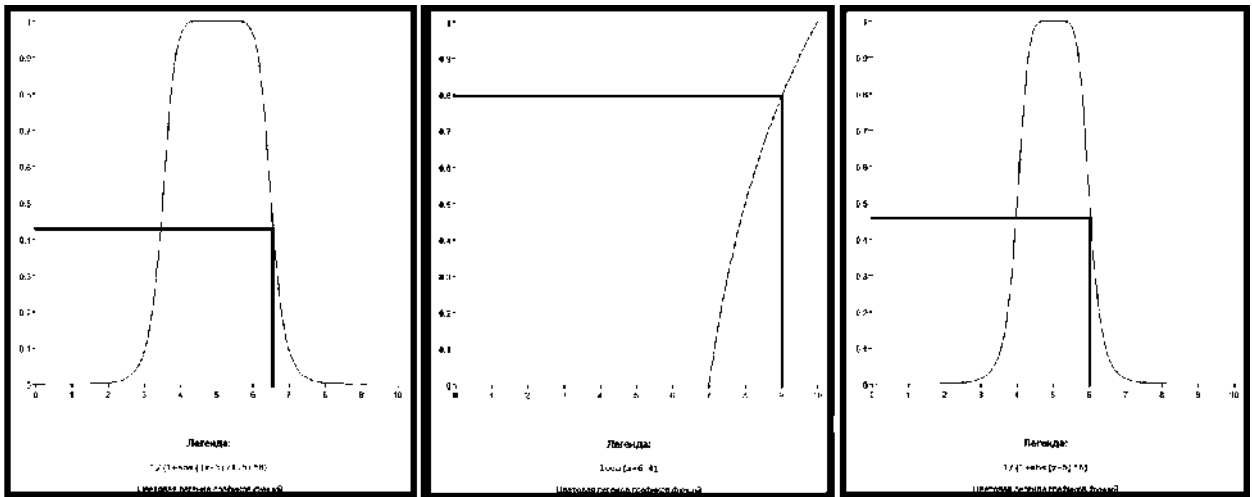


Рисунок 2.20 – Правило №17

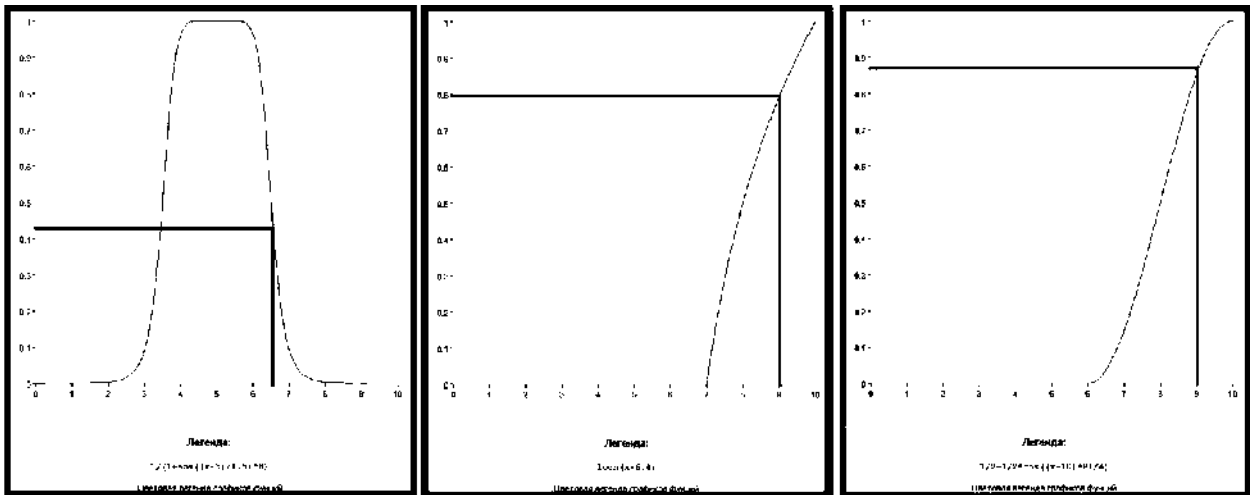


Рисунок 2.21 – Правило №18

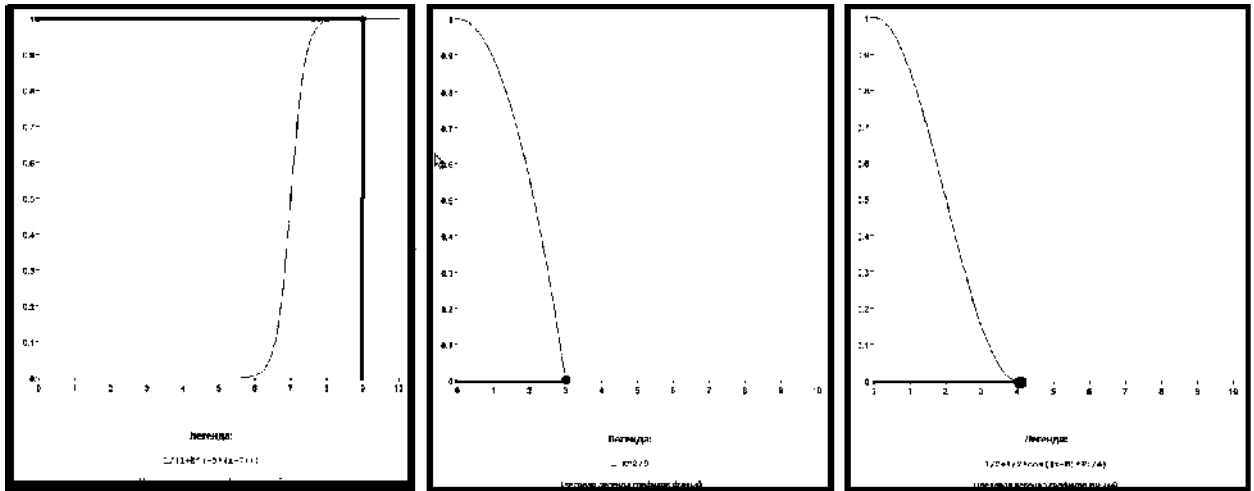


Рисунок 2.22 – Правило №19

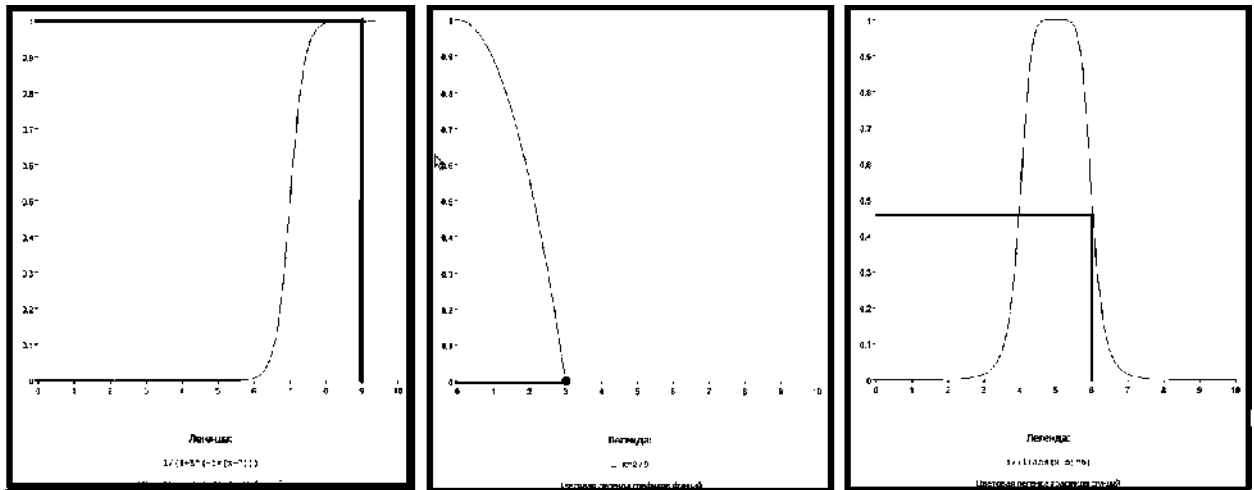


Рисунок 2.23 – Правило №20

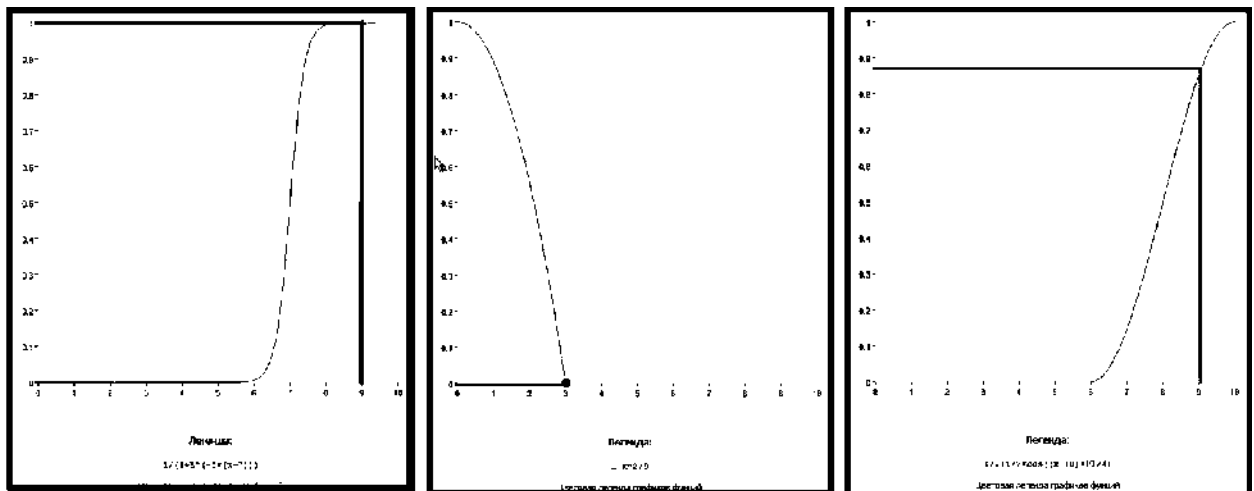


Рисунок 2.24 – Правило №21

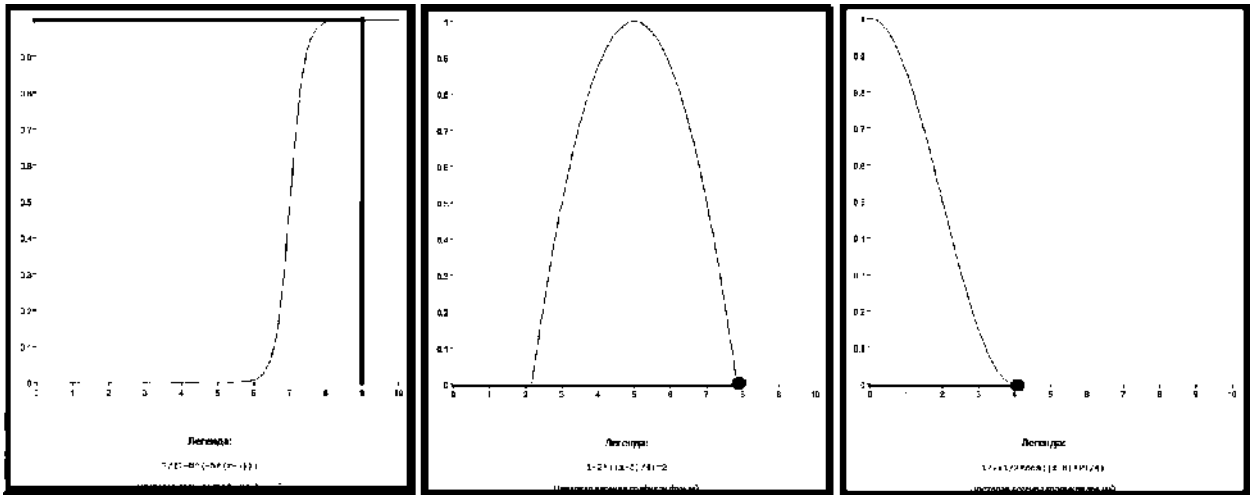


Рисунок 2.25 – Правило №22

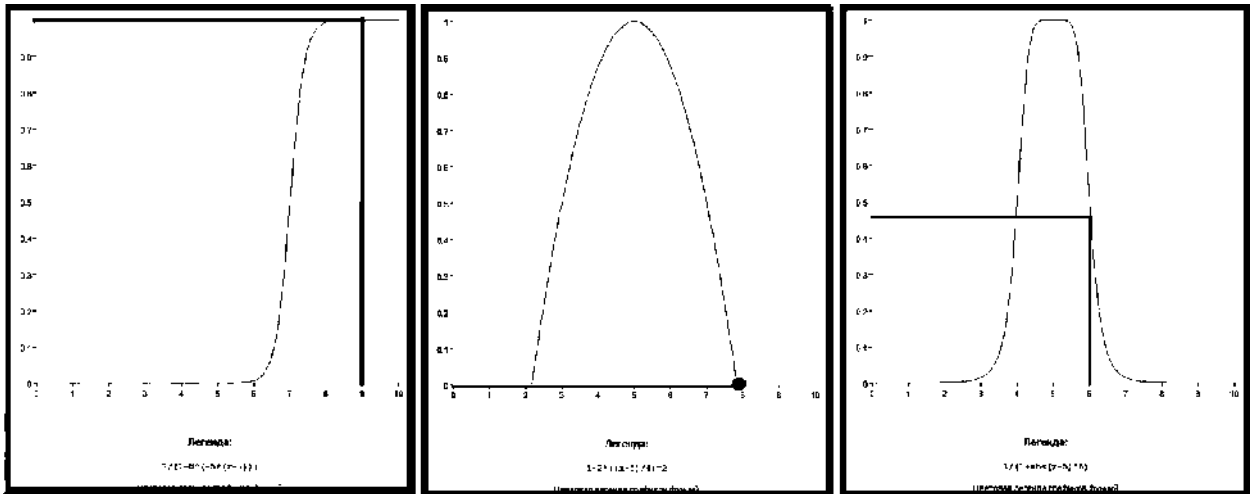


Рисунок 2.26 – Правило №23

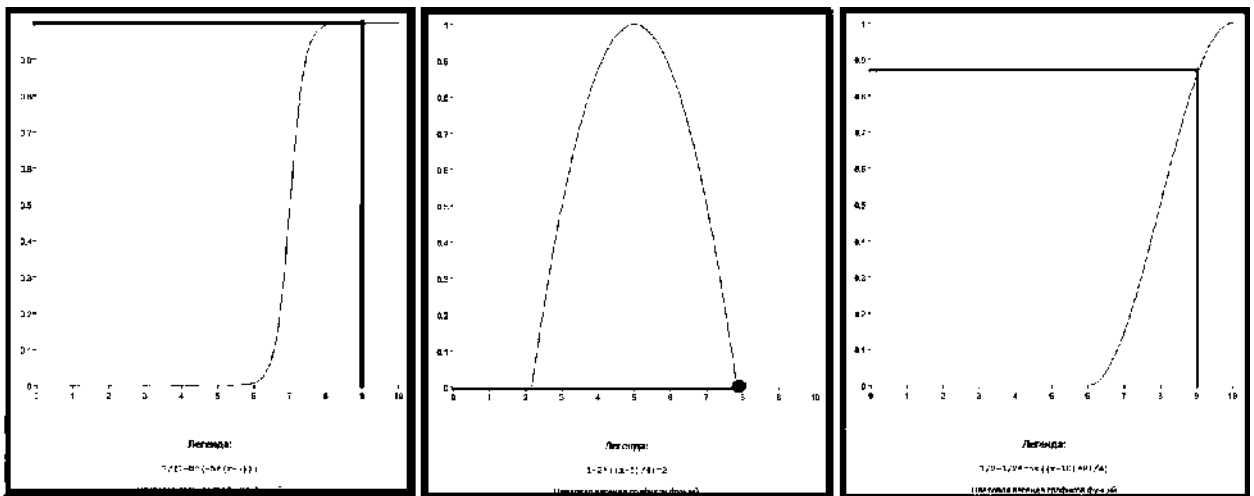


Рисунок 2.27 – Правило №24

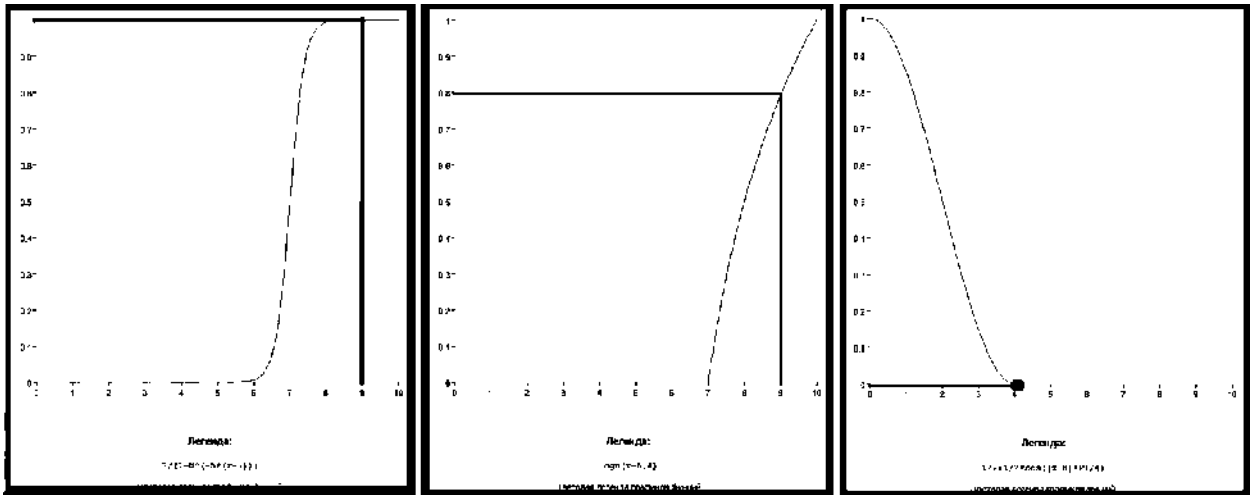


Рисунок 2.28 – Правило №25

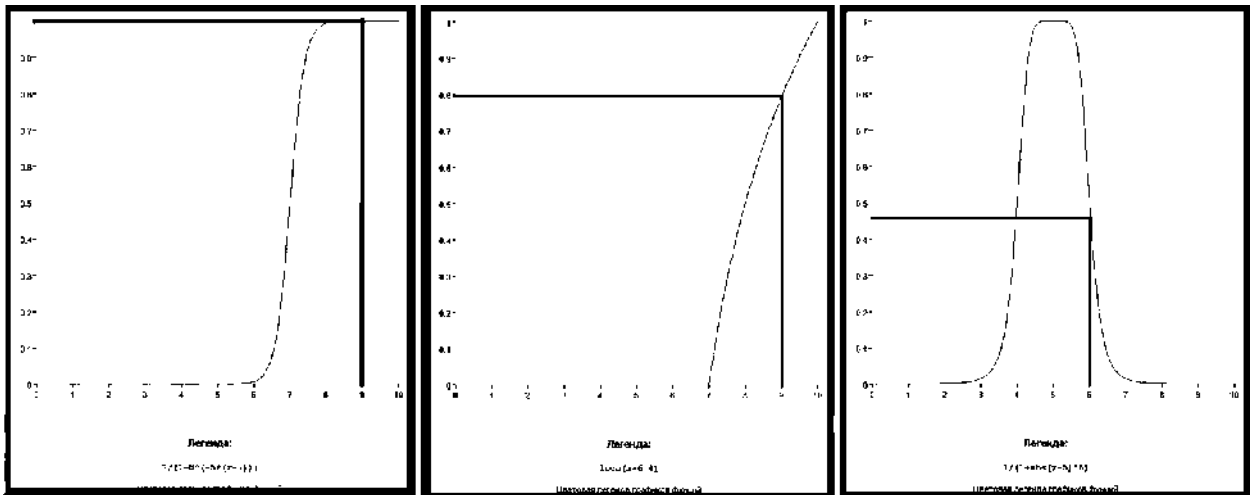


Рисунок 2.29 – Правило №26

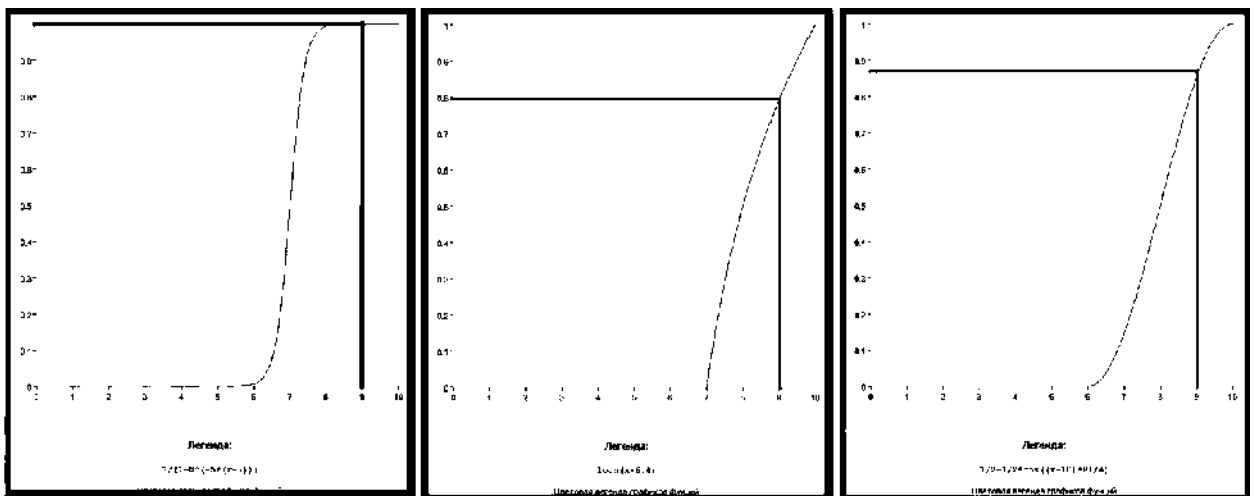


Рисунок 2.30 – Правило №27

Проаналізувавши вище подані графіки, робимо висновок, що активними продукційними правилами зі ступенем істинності відмінною від нуля є правило №17, правило №18, правило №26, правило №27.

Активізація у системах нечіткого висновку – це процедура знаходження ступеня істинності кожного з елементарних логічних висловлювань (підзаключень). Оскільки висновки робляться щодо вихідних лінгвістичних змінних, то ступеням істинності елементарних підскладання при активізації ставляться у відповідність елементарні функції належності.

Функції приналежності кожного з елементарних підскладання всіх продукційних правил знаходяться за допомогою методу нечіткої композиції під назвою *min*-активізація, що визначається за формулою (2.11).

$$\mu^i(y) = \min(c, \mu(y)), \quad (2.11)$$

де c – ступінь істинності підскладання для кожного з правил,

$\mu(y)$ - функція приналежності терму, який є значенням певної вихідної змінної.

Графічна реалізація активізації підзаключень показана на рис. 2.31.

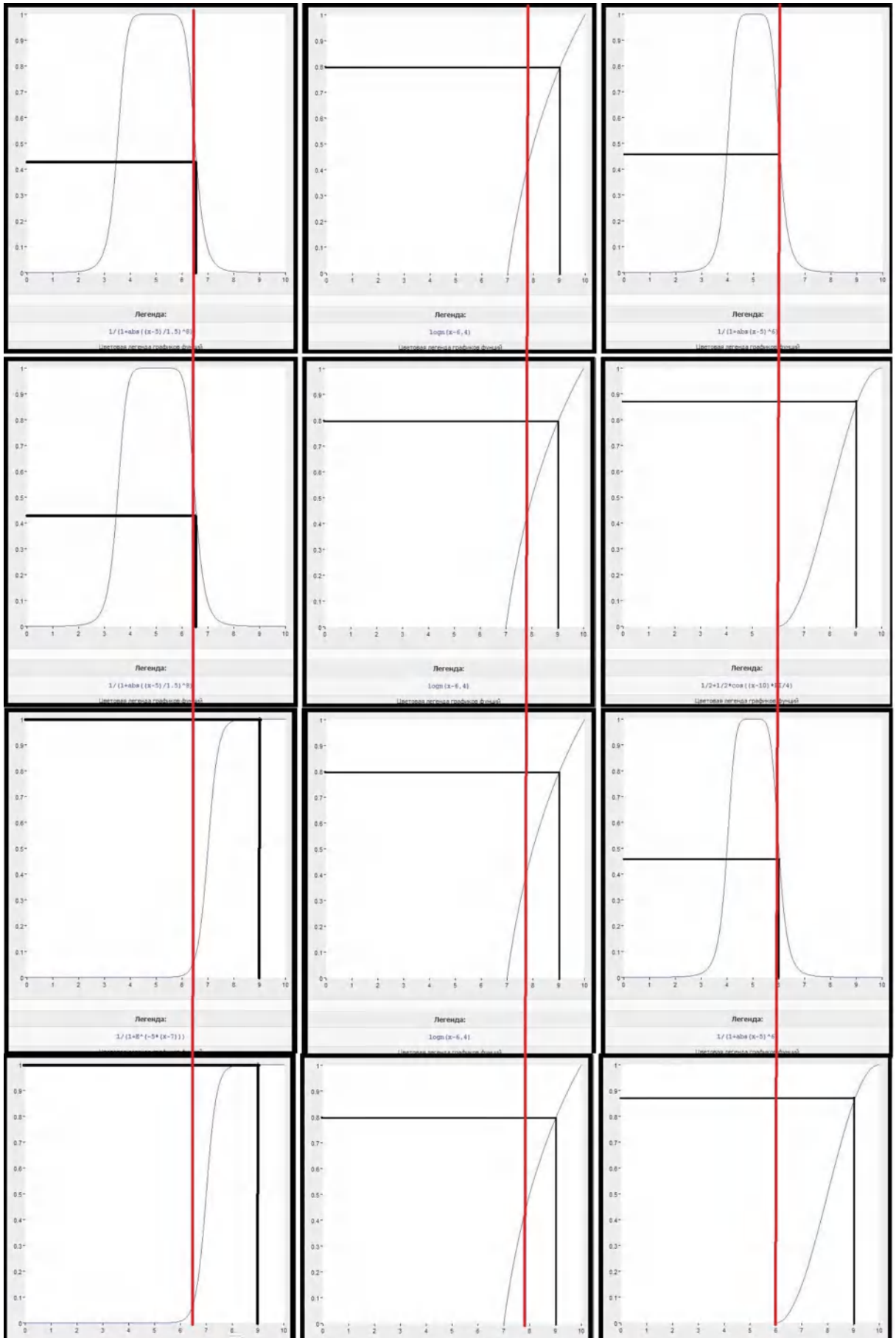


Рисунок 2.31 – Активізація підскладання правил нечіткої продукції

Акумуляція в системах нечіткого виведення – це процес знаходження функції приналежності кожної з вихідних лінгвістичних змінних. Мета акумуляції в об'єднанні всіх ступенів істинності підв'язків для отримання функції належності кожної з вихідних змінних. Результат акумуляції для кожної вихідної лінгвістичної змінної визначається як об'єднання нечітких множин всіх підзаключень нечіткої бази правил щодо відповідної лінгвістичної змінної. Об'єднання функцій приналежності всіх підзаключень проводиться за допомогою операції max-диз'юнкції (2.12):

$$T(A \vee B) = \max(T(A), T(B)). \quad (2.12)$$

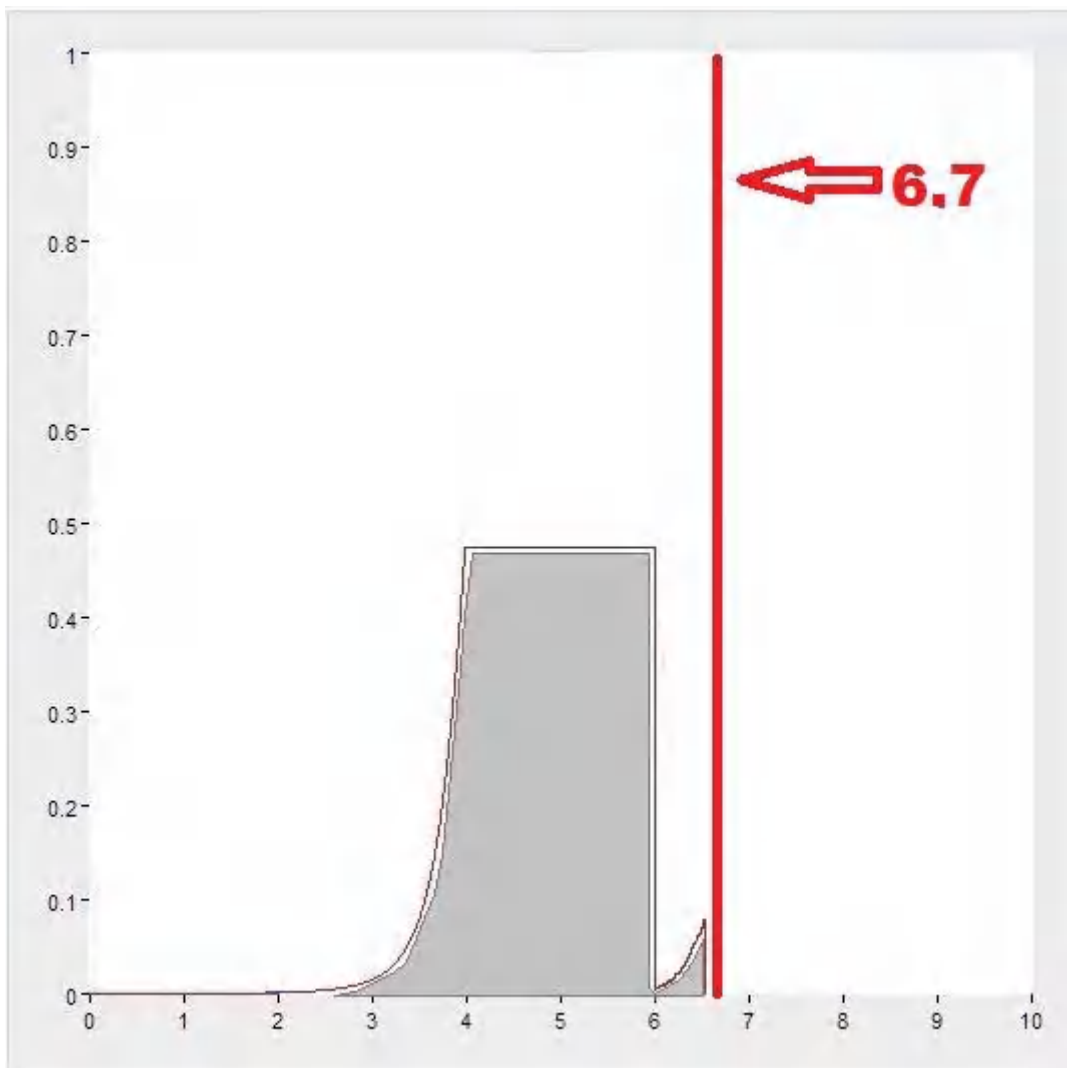


Рисунок 2.32 – Акумуляція підскладання правил нечіткої продукції

Дефазифікація в системах нечіткого виведення – це процес переходу від функції належності вихідній лінгвістичної змінної до її чіткого значення. Мета дефазифікації полягає в тому, щоб, використовуючи результати акумуляції всіх вихідних лінгвістичних змінних, отримати кількісні значення для кожної вихідної змінної. Для дефазифікації використовуємо метод центру тяжкості для однокрапкових множин (2.13).

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)}, \quad (2.13)$$

де n - число одноточкових нечітких множин, кожна з яких характеризує єдине значення вихідної лінгвістичної змінної.

В результаті вийшло таке значення вихідний змінної $y = D$:

$$D = 6.7.$$

РОЗДІЛ 3 ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МЕТОДУ

Для перевірки адекватності цього методу були використані реальні дані. Державна санітарно-епідеміологічна служба 24 січня провела лабораторні дослідження на вулиці Грушевського у Києві щодо наявності у повітрі шкідливих речовин.

«Зміст у відібраних пробах повітря діоксиду азоту, вуглецю оксиду та сірчистого ангідриду перевищує гранично допустиму концентрацію відповідно до вимог "Санітарних правил охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)" у 2-4 рази. – про це повідомляє прес-служба Міністерства охорони здоров'я України . - "Експертиза виявила, що перевищення діоксиду азоту становить 0,12 мг/м³, вуглецю оксиду -7,4-7,5 мг/м³, ангідриду сірчистого - 0,2 мг/м³. У зв'язку з перевищенням у 2-4 рази показників хімічних сполук, які потрапляють в атмосферу при спалюванні автомобільних шин, виникає підвищена небезпека для людини", - йдеться у повідомленні Міндовкілля. [2]

Для того, щоб застосувати розроблений метод, нам необхідно дізнатися про значення хімічних елементів. Ангідрид сірчистий набуває значення 0,25 мг/м³, що за нашою шкалою дорівнює 2,5 одиницям. Діоксид азоту становить 0,16 мг/м³, що за нашою шкалою дорівнює 8 одиниць. Оксид вуглецю становить 10,5, що у нашій шкалі ми приймемо за 10.

Застосування даного методу, з використанням зазначених вище даних, дає нам певний результат. Зокрема, на етапі дефазифікації значення вихідної змінної Danger для даних конкретних значень становить $D = 9,2$.

Як ми бачимо два з трьох значень спочатку потрапили в терм-множину, що їх відносить до високого рівня небезпеки. За результатами застосування методу ступінь забруднення атмосфери є вкрай небезпечним, про що і заявило МОЗ України.

РОЗДІЛ 4 ВИКОРИСТАННЯ ГІС АНАЛІЗУ ПРИ ОЦІНЦІ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Для відображення якості повітря у Європі використовують загальний індекс якості повітря (англ. Common Air Quality Index, CAQI). Візуалізація на мапі має такий вигляд (рис.4.1):

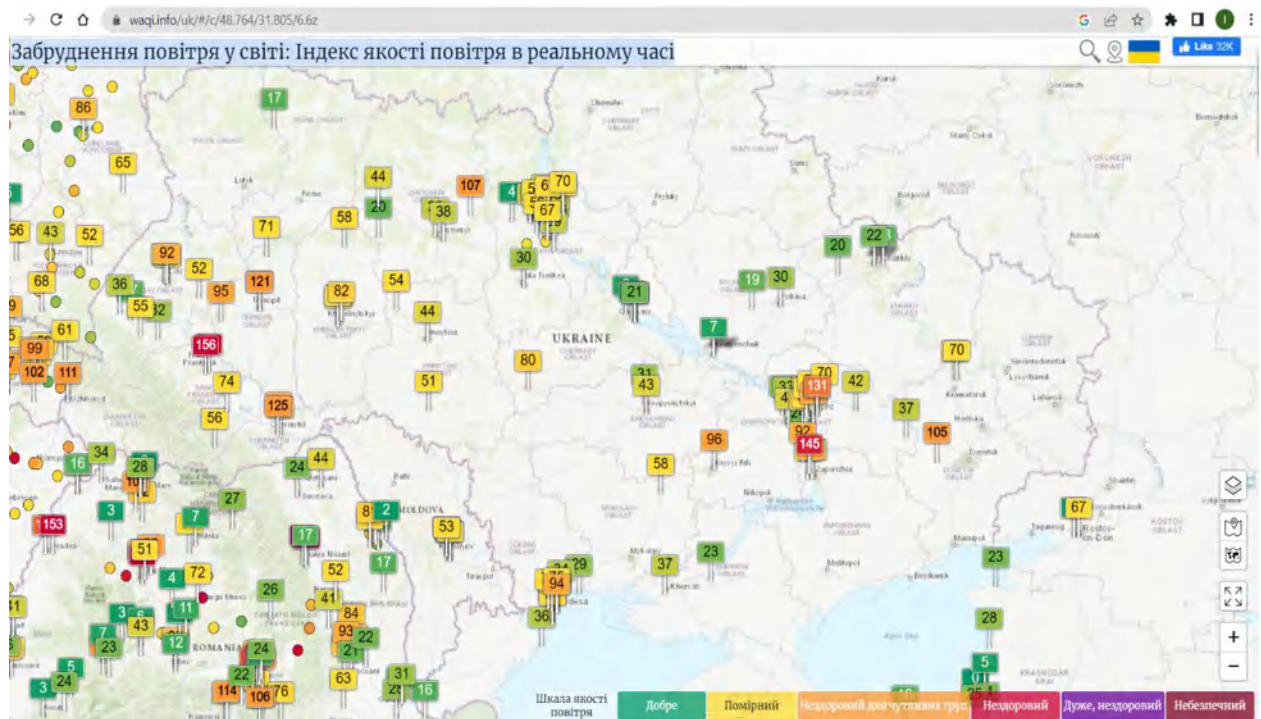


Рисунок 4.1 - Забруднення повітря у світі: Індекс якості повітря в реальному часі

Як видно, Україна також має відмітки індексів в деяких місцях, де є лабораторії аналізу повітря. Індекс враховує частки пилу та хімічні сполуки (рис. 4.2).

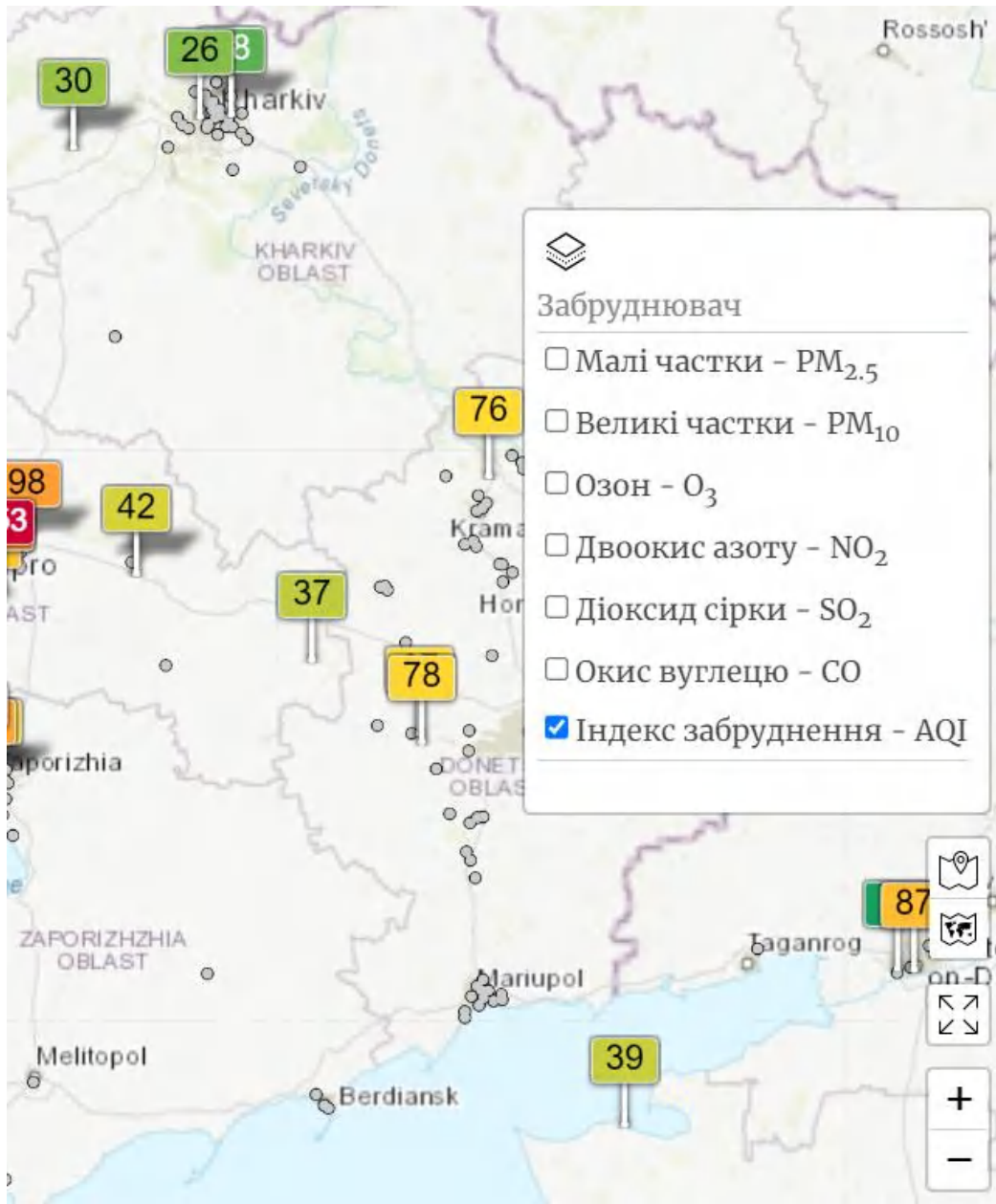


Рисунок 4.2 – Список забруднюючих речовин

Загальний SAQI має шість рівнів небезпеки для здоров'я людини. Для розрахунку беруться дані на рисунку 4.3.

O ₃ (ppb)	O ₃ (ppb)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	AQI	AQI
<i>C_{low} - C_{high} (avg)</i>	<i>C_{low} - C_{high} (avg)</i>	<i>C_{low} - C_{high} (avg)</i>	<i>C_{low} - C_{high} (avg)</i>	<i>C_{low} - C_{high} (avg)</i>	<i>C_{low} - C_{high} (avg)</i>	<i>C_{low} - C_{high} (avg)</i>	<i>I_{low} - I_{high}</i>	Категорія
0-54 (8-hr)	-	0.0-12.0 (24-hr)	0-54 (24-hr)	0.0-4.4 (8-hr)	0-35 (1-hr)	0-53 (1-hr)	0-50	Добрий
55-70 (8-hr)	-	12.1-35.4 (24-hr)	55-154 (24-hr)	4.5-9.4 (8-hr)	36-75 (1-hr)	54-100 (1-hr)	51-100	Задовільний
71-85 (8-hr)	125-164 (1-hr)	35.5-55.4 (24-hr)	155-254 (24-hr)	9.5-12.4 (8-hr)	76-185 (1-hr)	101-360 (1-hr)	101-150	Шкідливий для групи ризику
86-105 (8-hr)	165-204 (1-hr)	55.5-150.4 (24-hr)	255-354 (24-hr)	12.5-15.4 (8-hr)	186-304 (1-hr)	361-649 (1-hr)	151-200	Шкідливий
106-200 (8-hr)	205-404 (1-hr)	150.5-250.4 (24-hr)	355-424 (24-hr)	15.5-30.4 (8-hr)	305-604 (24-hr)	650-1249 (1-hr)	201-300	Дуже шкідливий
-	405-504 (1-hr)	250.5-350.4 (24-hr)	425-504 (24-hr)	30.5-40.4 (8-hr)	605-804 (24-hr)	1250-1649 (1-hr)	301-400	Небезпечний
-	505-604 (1-hr)	350.5-500.4 (24-hr)	505-604 (24-hr)	40.5-50.4 (8-hr)	805-1004 (24-hr)	1650-2049 (1-hr)	401-500	

Рисунок 4.3 – Класифікаційні дані індексів якості повітря

Також можна подивитися більш детальну інформацію по кожному відміченим на мапі пункту з отриманням адреси його знаходження (рис. 4.4).

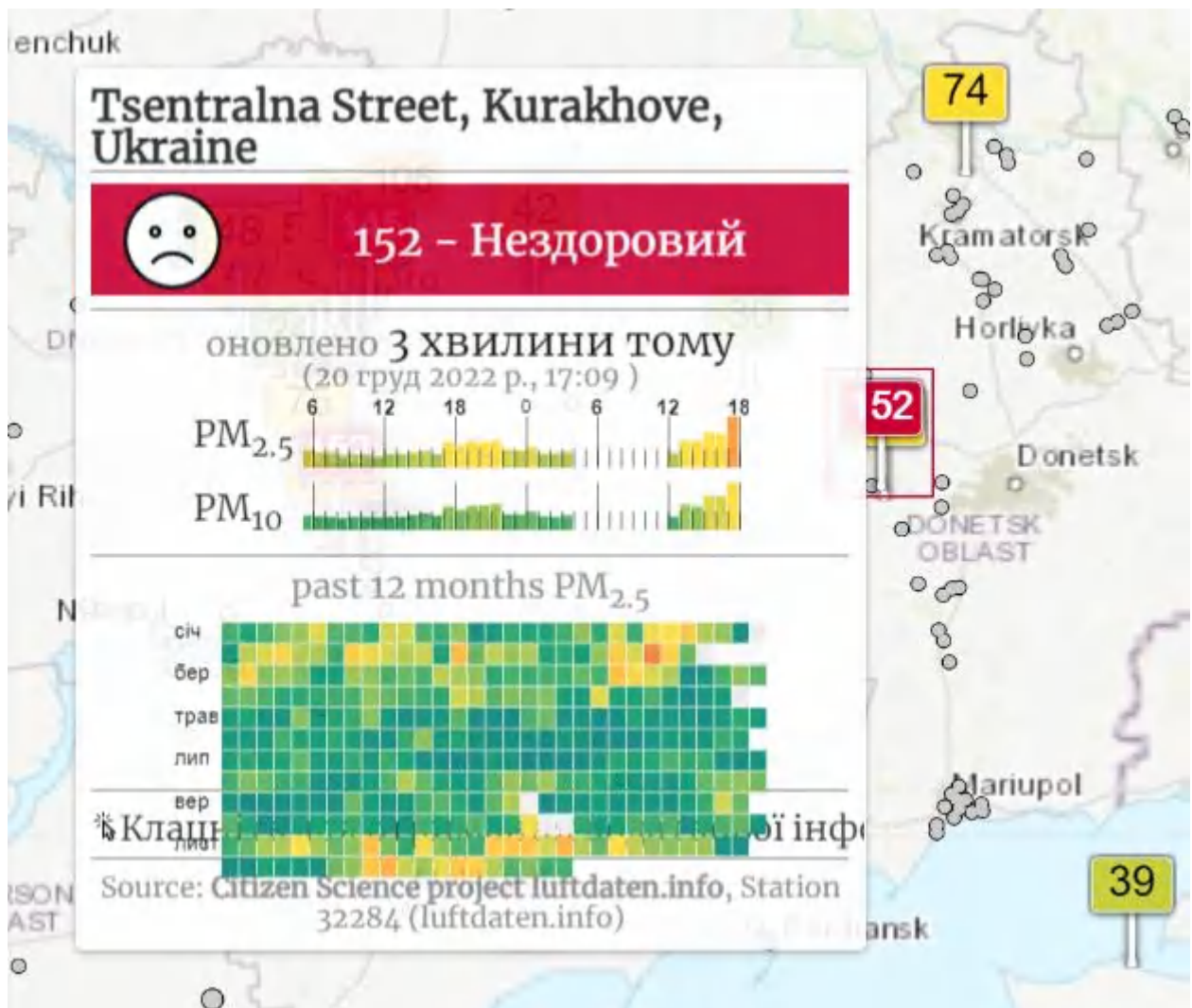


Рисунок 4.4 – Інформація з пункту фіксації забруднення

Загальний погодинний SAQI визначається як найвище значення з п'яти індивідуальних індексів забруднюючих речовин, розрахованих за один і той же час. Для прикладу, якщо індекси O₃, NO₂, SO₂, PM_{2,5} і PM₁₀ дорівнюють 1, 3, 1, 2, 2 відповідно, середній індекс дорівнюватиме трьом [10].

На жаль, в багатьох місцях України, як в окупованих так і ні, немає пунктів спостереження, або вони не працюють (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 – Інформація що до відсутності даних якості повітря

Зараз під час війни ми спостерігаємо підвищення забруднення повітря, що вказано у першому розділі. Дані дистанційного зондування Землі та інструменти ГІС аналізу дозволяють дистанційно виявляти та фіксувати локальні місця погіршення екологічного стану [16]. Далі наведені знімки комерційні та з відкритих джерел. Знімки Кампанії Махар (<https://news.satnews.com/2022/05/02/maxar-captures-mariupol-ukraine-imagery-of->

[the-continuing-russian-invasion-of-the-country/](#)) з розрізненням 30 см представлені на рисунку 4.6.



Рисунок 4.6 – Маріуполь, Азовсталь

Використовуючи відкритий ресурс Sentinel Hub, було отримано знімок Sentinel 2 з розрізненням 10 м на цю ж територію (рис. 4.7).

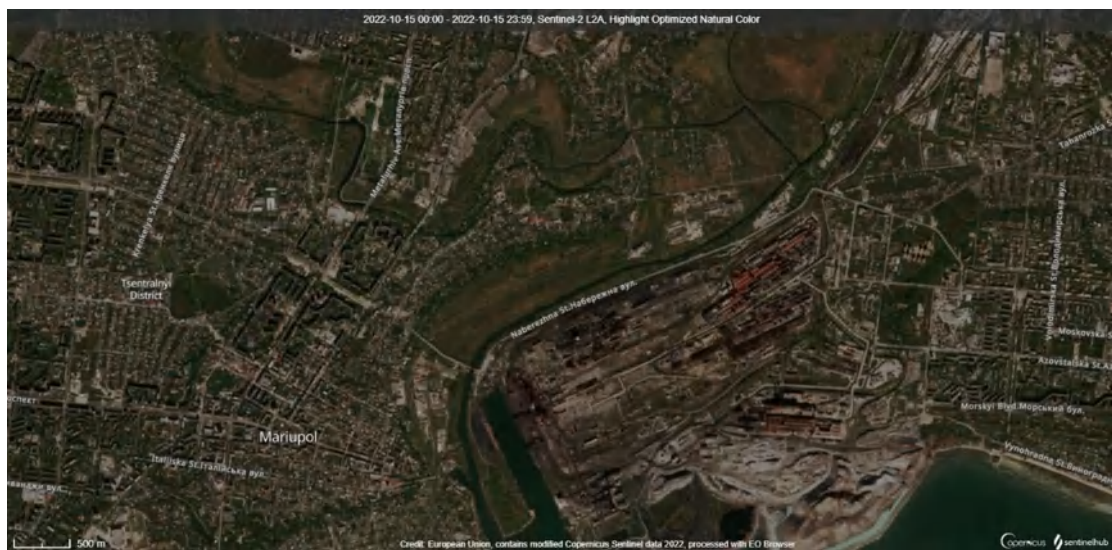


Рисунок 4.7 – Маріуполь. Азовсталь від 15.10.2022

Збільшений знімок Махар та Sentinel 2 на однакову територію представлені на рисунках 4.8 та 4.9.



Рисунок 4.8 – Азовсталь (Махар)



Рисунок 4.9 – Азовсталь (Sentinel 2)

Аналізуючи знімки, є велика різниця у деталізації зображення. І, звичайно, виявляти осередки атмосферних забруднень в результаті військових дій набагато легше по знімках високого розрізнення. Сучасні ГІС дозволяють проводити різноманітний просторовий аналіз [17,18,19]. Використовуючи дані з адресами пунктів забору повітря, можна проводити геокодування і розрахунок найближчого пункту від осередка забруднення та брати контактні дані для методики описаної в другому розділі. ГІС дозволяють аналізувати динаміку показників ступеню забруднення по регіонах, містах і в цілому по Україні. Також можливо зробити кластеризацію територій за різним ступенем впливу якості повітря на здоров'я людини. Комерційні знімки дуже коштовні, тому треба використовувати всі можливості ГІС аналізу на безкоштовних знімках. Далі наведено приклад побудови буферних зон максимального забруднення на території Азовсталі, виходячи з візуального аналізу Sentinel 2 на платформі QGIS (рис. 4.10).

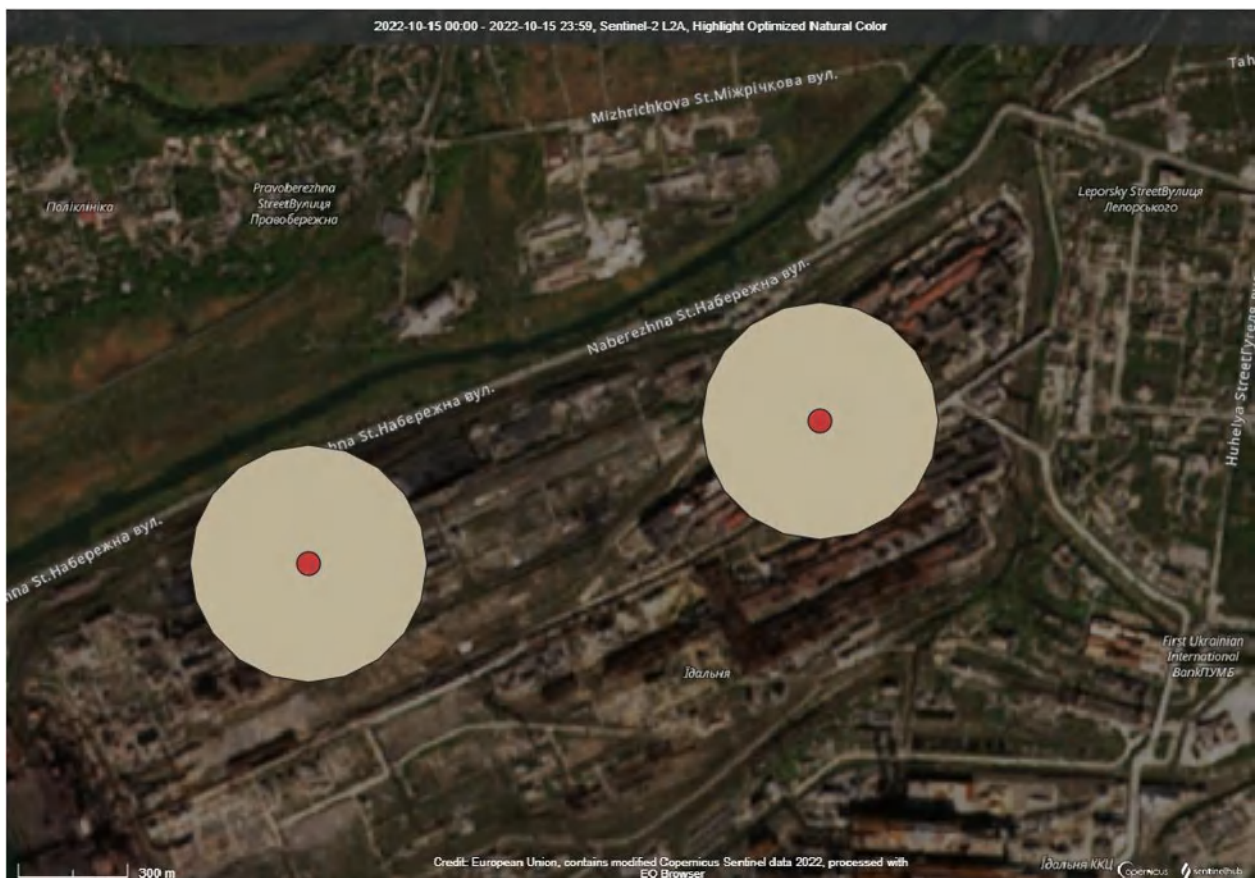


Рисунок 4.10 – Буферні зони максимального забруднення повітря

Таким чином, розраховані за методикою другого розділу показники рівня забруднення можуть ефективно використовуватись в геоінформаційних системах та підвищити ефективність прийняття рішень по зменшенню впливу брудного повітря на людину.

РОЗДІЛ 5 ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

Цілями захисту інформації є:

- запобігання витоку, розкрадання, втрати, спотворення, підробки інформації;
- запобігання загрозам безпеці особистості, суспільства, держави;
- запобігання несанкціонованим діям зі знищення, модифікації, спотворення, копіювання, блокування інформації;
- запобігання іншим формам незаконного втручання в інформаційні системи, забезпечення правового режиму документованої інформації як об'єкта власності;
- захист конституційних прав громадян на збереження особистої таємниці та конфіденційності персональних даних, що є в інформаційних системах;
- збереження державної таємниці, конфіденційності документованої інформації відповідно до законодавства;
- забезпечення прав суб'єктів в інформаційних процесах та при розробці, виробництві та застосуванні інформаційних систем, технологій та засобів їх забезпечення.

Завдання захисту в інформаційних обчислювальних системах вирішується, зазвичай, досить просто: забезпечуються засоби контролю над виконанням програм, мають доступом до зберігається у системі інформації. Для цього використовуються або списки абонентів, яким дозволено доступ, або паролі, що забезпечує захист інформації при малій кількості користувачів. Однак при

поширенні обчислювальних та інформаційних систем, особливо в таких сферах, як обслуговування населення, банківська справа, цих коштів виявилось недостатньо.

Система, що забезпечує захист інформації, не повинна дозволяти доступ до даних користувачів, які не мають такого права. Така система захисту є невід'ємною частиною будь-якої системи колективного користування засобами обчислювальної техніки, незалежно від того, де вони використовуються. Дані експериментальних досліджень різних систем колективного користування показали, що користувач може написати програми, що дають йому доступ до будь-якої інформації, що знаходиться в системі. Як правило, це обумовлено наявністю якихось помилок у програмних засобах, що породжує невідомі шляхи обходу встановлених перешкод.

У процесі розробки систем захисту виробилися деякі загальні правила:

1) Простота механізму захисту. Оскільки засоби захисту ускладнюють і так складні програмні і апаратні засоби, які забезпечують обробку даних у ЕОМ, природно прагнення спростити ці додаткові кошти. Чим краще збігається уявлення користувача про систему захисту з її фактичними можливостями, тим менше помилок виникає у процесі роботи.

2) Дозволи мають переважати заборони. Нормальним режимом роботи вважається відсутність доступу, а механізм захисту має бути заснований на умовах, за яких доступ дозволяється. Допуск дається лише тим користувачам, яким він потрібний.

3) Перевіряє повноваження будь-якого звернення до будь-якого об'єкта інформації. Це означає, що захист виноситься загальносистемний рівень і передбачає абсолютно надійне визначення джерела будь-якого звернення.

4) Поділ повноважень полягає у визначенні для будь-якої програми та будь-якого користувача в системі мінімального кола повноважень. Це дозволяє зменшити шкоду від збоїв та випадкових порушень та скоротити ймовірність навмисного чи помилкового застосування повноважень.

5) Трудомісткість проникнення у систему. Чинник трудомісткості залежить від кількості проб, які потрібно зробити для успішного проникнення. Метод прямого перебору варіантів може дати результат, якщо аналізу використовується сама ЕОМ.

6) Реєстрація проникнень у систему. Іноді вважають, що вигідніше реєструвати випадки проникнення, аніж будувати складні системи захисту.

ВИСНОВКИ

Розроблена методика визначення ступеня небезпеки була адаптована для трьох хімічних елементів: сірчистий ангідрид, діоксид азоту, оксид вуглецю на основі алгоритму Мамдані, що дозволяє оцінити комплексний рівень концентрації забруднень в автоматичному режимі.

Складена база продукційних правил дозволяє приймати точніші рішення щодо рівня небезпеки забруднення атмосфери за рахунок використання інтервальних оцінок.

Отримане порогове значення за результатами комплексування викидів трьома хімічними елементами є основою для оперативного прийняття рішень про ступінь небезпеки.

Підвищення оперативності досягається за рахунок побудови шкали оцінювання, в якій на відміну від існуючих мінімальне значення є ПДК. Тому порогове значення ступеня небезпеки дозволяє зробити висновок про найбільш забруднені ділянки місцевості для попередження негативних наслідків.

Розраховані за методикою показники рівня забруднення можуть ефективно використовуватись в геоінформаційних системах та підвищити ефективність прийняття рішень по зменшенню негативного впливу неякісного повітря на людину.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1) Kyiv School of Economics (2022) [Електронний ресурс], — Прямий збиток, завданий інфраструктурі України під час війни, сягнув понад 105,5 мільярдів доларів США, <https://kse.ua/about-the-school/news/direct-damage-caused-to-ukraine-s-infrastructure-during-the-war-has-reached-over-105-5-billion/>
- 2) Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів (2022) [Електронний ресурс], «Шкода природним заповідникам та заповідним екосистемам», <https://mepr.gov.ua/en/news/39144.html>.
- 3) Інструкція про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря, затверджена наказом Міндовкілля від 10 травня 2002 року № 177. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0061-95>
- 4) EU4Environment (2022 Forthcoming), «На шляху до зеленої трансформації України: поточний стан у 2021 р. Моніторинг прогресу на основі показників зеленого зростання ОЕСР»
- 5) Регламент ЄС № 691/2011 від 06 липня 2011 року "Про Європейську систему еколого-економічних рахунків". URL: [http://www.dst.dk/ext/322569151/0/ukraine/UKR_Proposal-amendingCOMMISSION-REGULATION-\(EC\)-No-691_2011-doc](http://www.dst.dk/ext/322569151/0/ukraine/UKR_Proposal-amendingCOMMISSION-REGULATION-(EC)-No-691_2011-doc)
- 6) ОЕСД/ВОЗ (2015), «Економічна вартість наслідків забруднення повітря для здоров'я в Європі. Чисте повітря, здоров'я та добробут» — Режим доступу: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impactair-pollution-en.pdf
- 7) Solarin SA, Al-Mulati U, Ozturk I. Determinants of pollution and the role of the military sector: evidence from a maximum likelihood approach with two structural breaks in the USA. Environ Sci Pollut Res 2018;25:30949–33096.
- 8) Bordeleau G, et al. Environmental impacts of training activities at an air weapons range. J Environ Qual 2008;37:308–317.

- 9) Wang KH та ін. Чи впливають залежність від сирової нафти та викиди CO₂ та військові витрати в країнах-імпортерах нафти? *Енергетична політика* 2021;153:112281.
- 10) Удалов, І. В. Еколого-геологічна оцінка впливу техногенного карстоутворення на навколишнє середовище м. Слов'янськ [Текст] / І. В. Удалов, О. В. Чубар // *Вісник НТУ "ХП", Хімія, хімічна технологія та екологія* . - 2011. - № 59. - С. 111-118.
- 11) Індекс забруднення атмосфери // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапшина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 102.
- 12) Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 166 с.
- 13) Зак Юрий Александрович. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-технологии. — М.: «ЛИБРОКОМ», 2013. — 352 с.
- 14) Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH/ - СПб.: Санкт-Петербург, 2005 – 736 с.
- 15) Географічна інформація – Еталонна модель: Нац. стандарт України (ДСТУ ISO 19101:2002(E)). – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 65 с.
- 16) Дистанційне зондування Землі з космосу. Цифрова обробка зображень/ Кашкін В.Б., Сухінін А.І./ Логос, 2001. — 12 с
- 17) Морозов В. В. Моделювання та прогнозування для проектів геоінформаційних систем / В. В. Морозов, С. Я. Плоткін, М. Г. Поляков та ін. – Херсон : ХДУ, 2007. – 328 с.
- 18) Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики: навчальний посібник/ За заг. ред. О.О. Світличного. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. - 295 с.
- 19) Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы: Учебное пособие для вузов. М.: 2000. – 222 с

ДОДАТОК А

ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВИХ ЗНАЧЕНЬ ДЛЯ ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ГІС-АНАЛІЗУ ПІД ЧАС ВІЙНИ

ВИКОНАВ: СТУДЕНТ ГРУПИ 462-М
БАГНЮК М.А.

КЕРІВНИК: Д.Т.Н., ПРОФЕСОР
БУТЕНКО О.С.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Оцінка рівня забруднення атмосфери проводиться за індексом забруднення атмосфери. Цей метод не є негнучким. Розрахунок індексу забруднення атмосфери ґрунтується на припущенні, що при значеннях на рівні гранично допустимої концентрації всі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину, використовуючи чіткі межі, які залежать від класу речовини. Методика, представлена в даній роботі, надає можливість більш точно оцінити ступінь забруднення атмосфери завдяки інтервальним оцінкам.



МЕТА РОБОТИ

Підвищення оперативності і точності прийняття рішень щодо рівня забруднення атмосфери певними хімічними сполуками у військовий час.



ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

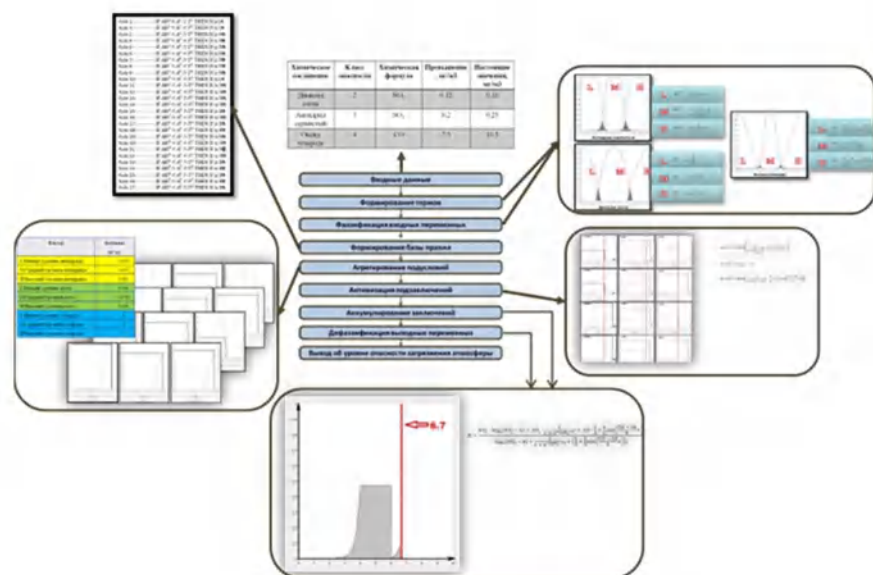
Комплексний аналіз основних елементів забруднень атмосфери.



ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВИХ ЗНАЧЕНЬ ДЛЯ ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

СТРУКТУРНА СХЕМА



ДОДАТОК Б
СЛАЙД № 1

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВИХ ЗНАЧЕНЬ ДЛЯ
ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ
АТМОСФЕРИ З ВИКОРИСТАННЯМ
МЕТОДІВ ГІС-АНАЛІЗУ ПІД ЧАС ВІЙНИ**

ВИКОНАВ: СТУДЕНТ ГРУПИ 462-М

БАГНЮК М.А.

КЕРІВНИК: Д.Т.Н., ПРОФЕСОР

БУТЕНКО О.С.

ХАРКІВ 2022

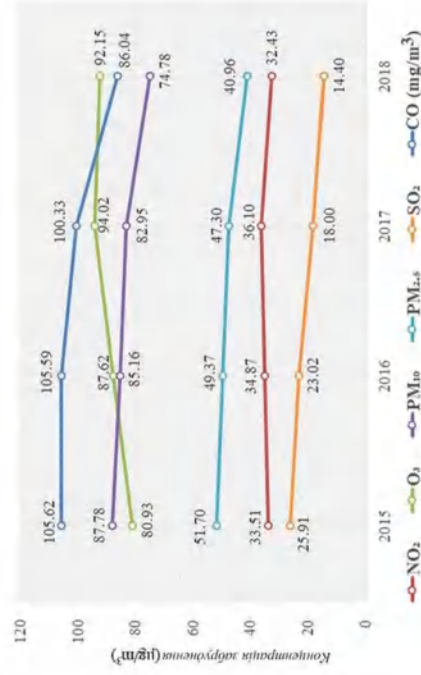




АКТУАЛЬНІСТЬ

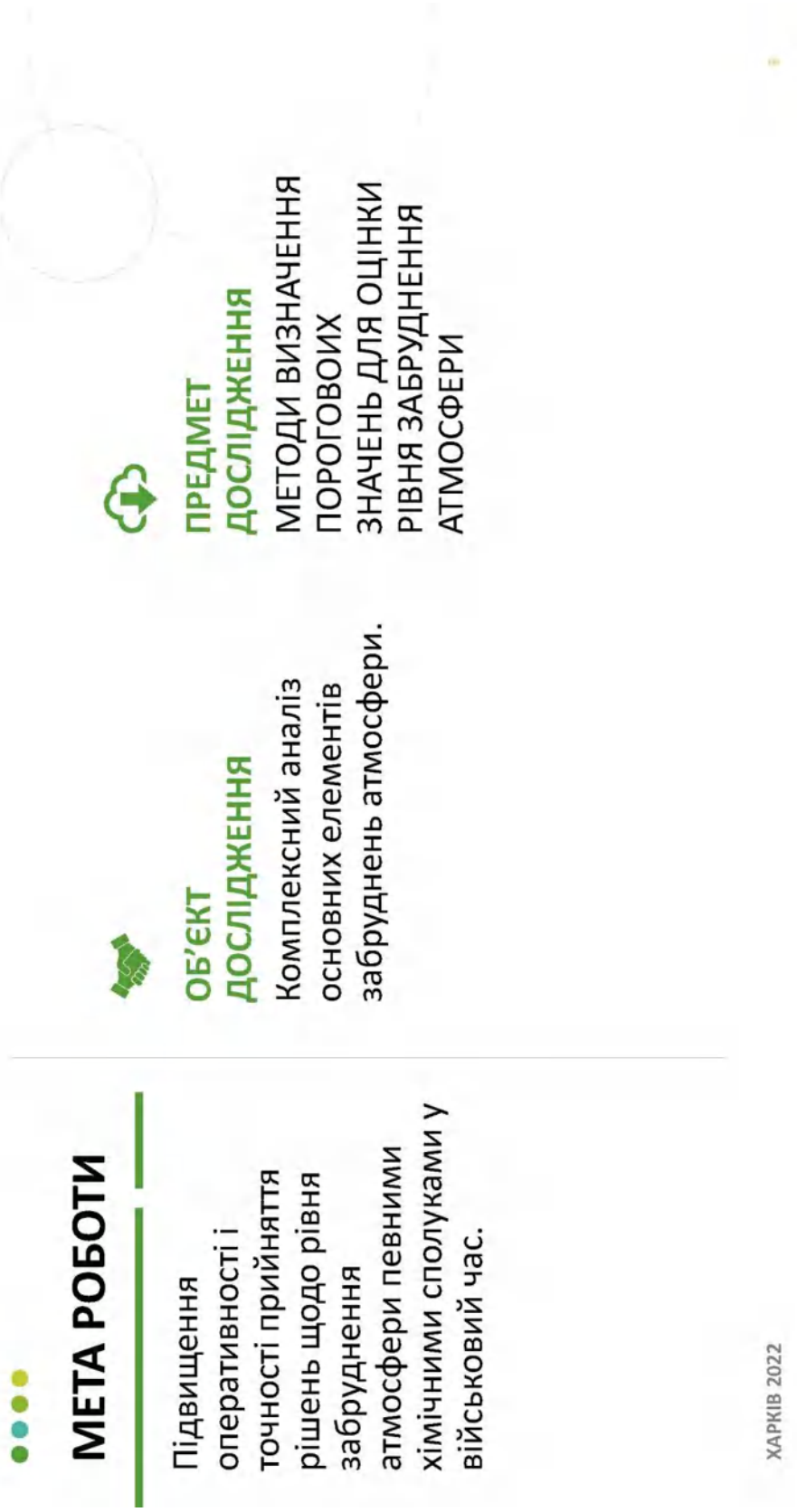
- Оцінка рівня забруднення атмосфери проводиться за **індексом забруднення атмосфери**.
- Пожежі, спричинені війною, призводять до шкідливого забруднення повітря. Стовпи диму над цивільними районами складаються з токсичних газів і твердих частинок. Там, де зберігається звычайна зброя, є перебільшення важких металів і енергетичних матеріалів.
- **Цей метод не є негнучким**. Розрахунок індексу забруднення атмосфери ґрунтується на припущенні, що при значеннях на рівні гранично допустимої концентрації всі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину, використовуючи чіткі межі, які залежать від класу речовини.

- Методика, представлена в даній роботі, надає можливість більш точно оцінити ступінь забруднення атмосфери завдяки інтервальним оцінкам.



МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ.
ІНДЕКС ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ – ОФІЦІЙНИЙ
ІНТЕРНЕТ-САЙТ ПРОЕКТУ ЮНІДО/ГЕФ,

СЛАЙД № 3

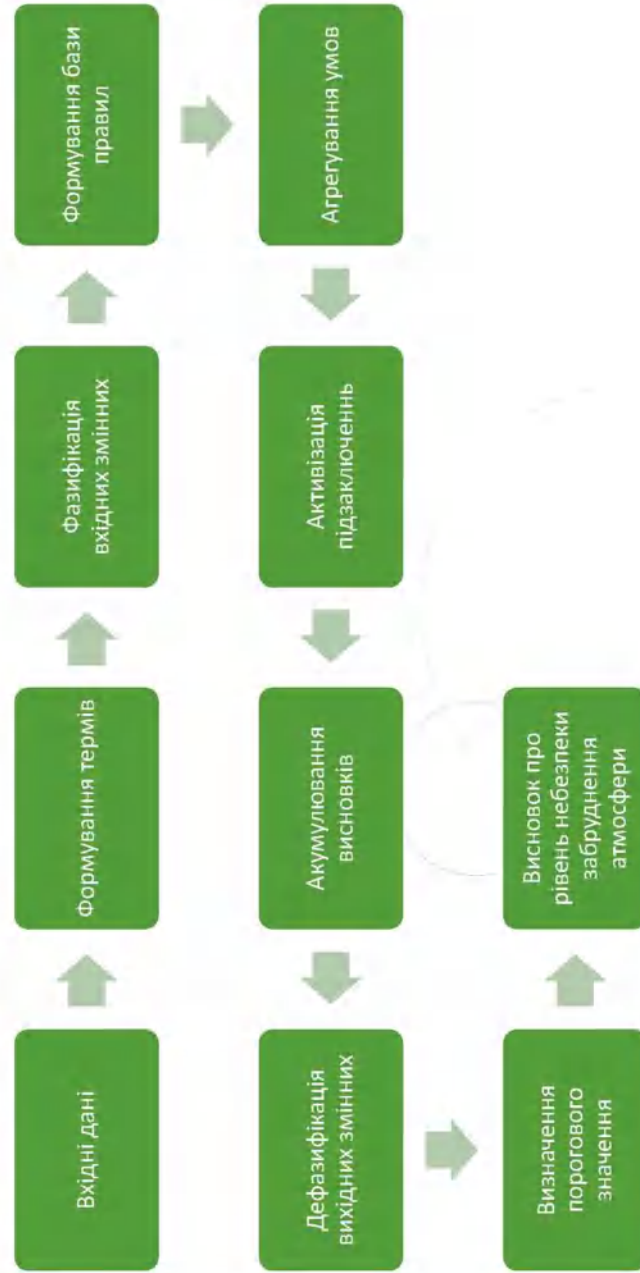




ЗАДАЧІ

- 1) Огляд існуючих методів створення систем підтримки прийняття рішень;
- 2) Аналіз вхідних даних та постановка задачі;
- 3) Формування бази продукційних правил системи нечіткого виводу;
- 4) Розробка методу визначення визначення порогових значень рівня забруднення атмосфери для прийняття оперативних рішень щодо ступеня небезпеки;
- 5) Перевірка адекватності розробленої методики.

СЛАЙД № 5

**СТРУКТУРНА СХЕМА МЕТОДИКИ**



АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

- Індекс забруднення атмосфери (ІЗА) визначається за такою формулою:

$$ІЗА = \sum \frac{C_i}{ГДК_i} \cdot a_i$$

ІЗА < 5	«Низький рівень забруднення»
5 ≤ ІЗА ≤ 8	«Підвищений рівень забруднення»
8 ≤ ІЗА ≤ 13	«Високий рівень забруднення»
ІЗА > 13	«Дуже високий рівень забруднення»

C_i – середня концентрація речовини, мг/м³; $ГДК_i$ – середньодобова гранично допустима концентрація речовини, мг/м³; a_i – безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості речовини до шкідливості сірчистого газу.

6



ВХІДНІ ДАНІ



Хімічне з'єднання	Клас небезпеки	Хімічна формула	Перевищення, мг/м3	Справжні значення, мг/м3
Діоксид азоту	2	NO_2	0.12	0.16
Ангідрид сірчистий	3	SO_2	0.2	0.25
Оксид вуглецю	4	CO	7.5	10.5

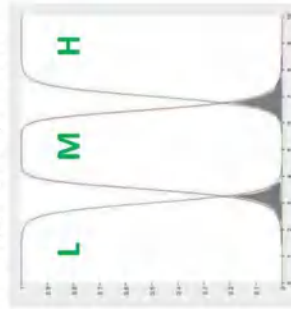
ФОРМУВАННЯ ТЕРМІВ ТА ЇХ ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ. ФАЗИФІКАЦІЯ.

- Графіки функцій приналежності.
- Заліті сірим кольором ділянки – зони невизначеності.

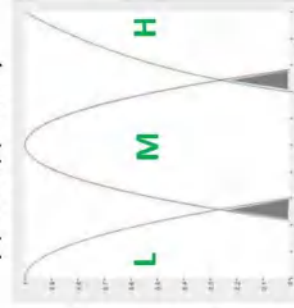
Терм-множини:

L (low) низький ступінь
 M (medium) середній ступінь
 H (high) високий рівень забруднення

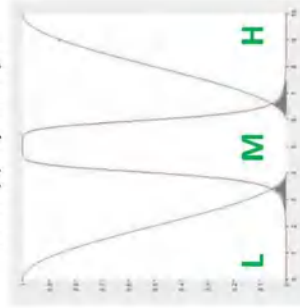
Ангідрид Сірчистий



Діоксид Азоту



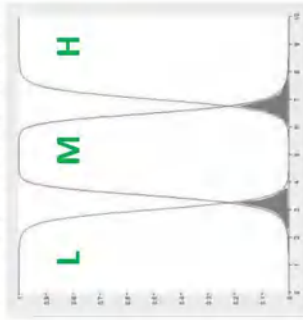
Оксид Вуглецю





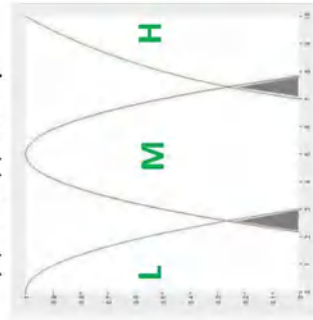
ФОРМУВАННЯ ТЕРМІВ ТА ЇХ ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ. ФАЗИФІКАЦІЯ.

Ангідрид Сірчистий



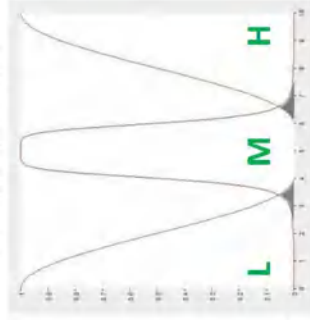
L $AH^1: \frac{1}{1 + e^{5(x-3)}}$
M $AH^2: \frac{1}{1 + \left| \frac{x-5}{1.5} \right|}$
H $AH^3: \frac{1}{1 + e^{-5(x-7)}}$

Діоксид Азоту



L $A^1: 1 - \frac{x^2}{9}$
M $A^2: 1 - 2 \left(\frac{x-5}{4} \right)^2$
H $A^3: \log_4(x-6)$

Оксид Вуглецю

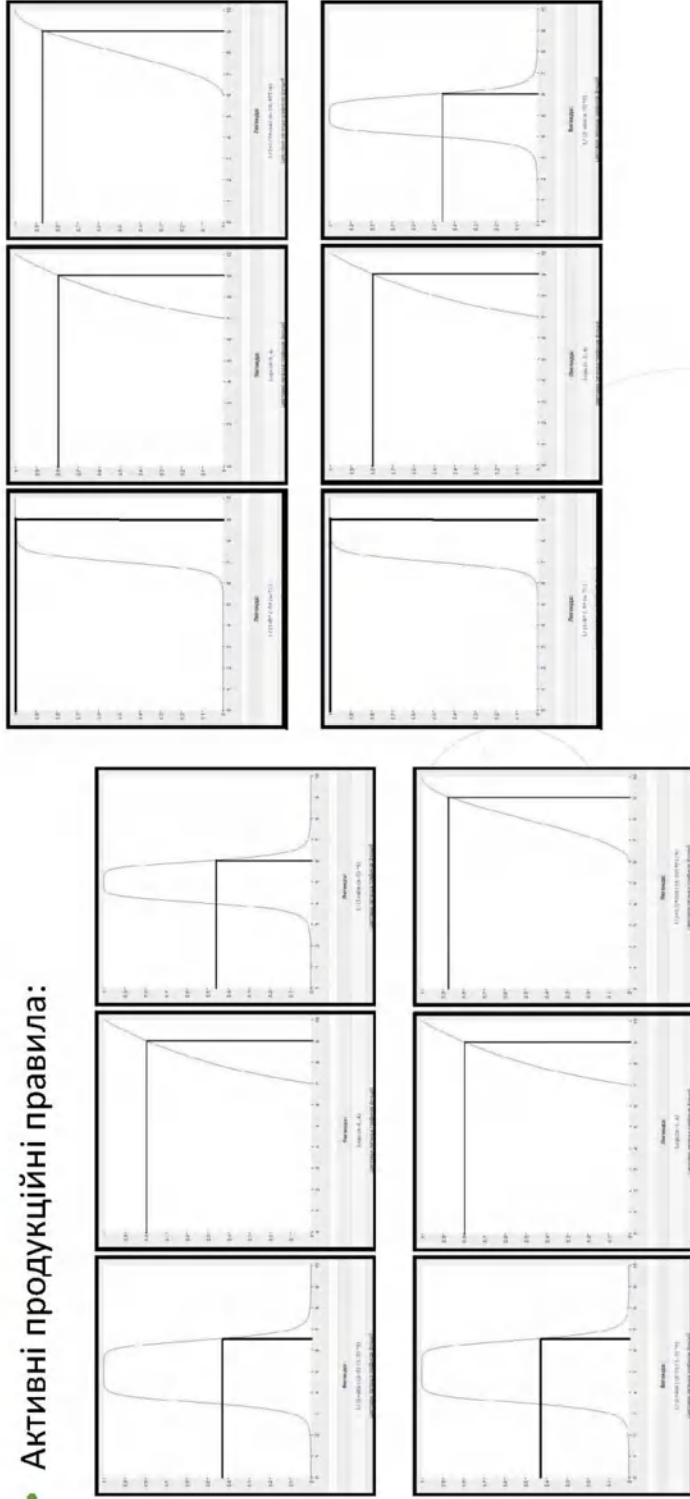


L $Y^1: \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos \left(\frac{x-8}{4} \pi \right)$
M $Y^2: \frac{1}{1 + |x-5|^6}$
H $Y^3: \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos \left(\frac{x-10}{4} \pi \right)$



ФОРМУВАННЯ БАЗИ ПРАВИЛ СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ВИВОДУ.

- Активні продукційні правила:



ФОРМУВАННЯ БАЗИ ПРАВИЛ СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ВИВОДУ.

- База продукційних правил у кількості 27 правил:

Rule 1	IF $A^1 \cap A^1 \cap Y^1$ THEN D is L
Rule 2	IF $A^1 \cap A^1 \cap Y^2$ THEN D is L
Rule 3	IF $A^1 \cap A^1 \cap Y^3$ THEN D is M
Rule 4	IF $A^1 \cap A^2 \cap Y^1$ THEN D is M
Rule 5	IF $A^1 \cap A^2 \cap Y^2$ THEN D is M
Rule 6	IF $A^1 \cap A^2 \cap Y^3$ THEN D is M
Rule 7	IF $A^1 \cap A^3 \cap Y^1$ THEN D is M
Rule 8	IF $A^1 \cap A^3 \cap Y^2$ THEN D is M
Rule 9	IF $A^1 \cap A^3 \cap Y^3$ THEN D is M
Rule 10	IF $A^2 \cap A^1 \cap Y^1$ THEN D is L
Rule 11	IF $A^2 \cap A^1 \cap Y^2$ THEN D is M
Rule 12	IF $A^2 \cap A^1 \cap Y^3$ THEN D is M
Rule 13	IF $A^2 \cap A^2 \cap Y^1$ THEN D is M
Rule 14	IF $A^2 \cap A^2 \cap Y^2$ THEN D is M

Rule 15	IF $A^2 \cap A^2 \cap Y^3$ THEN D is H
Rule 16	IF $A^2 \cap A^3 \cap Y^1$ THEN D is M
Rule 17	IF $A^2 \cap A^3 \cap Y^2$ THEN D is H
Rule 18	IF $A^2 \cap A^3 \cap Y^3$ THEN D is H
Rule 19	IF $A^3 \cap A^1 \cap Y^1$ THEN D is M
Rule 20	IF $A^3 \cap A^1 \cap Y^2$ THEN D is M
Rule 21	IF $A^3 \cap A^1 \cap Y^3$ THEN D is M
Rule 22	IF $A^3 \cap A^2 \cap Y^1$ THEN D is M
Rule 23	IF $A^3 \cap A^2 \cap Y^2$ THEN D is H
Rule 24	IF $A^3 \cap A^2 \cap Y^3$ THEN D is H
Rule 25	IF $A^3 \cap A^3 \cap Y^1$ THEN D is H
Rule 26	IF $A^3 \cap A^3 \cap Y^2$ THEN D is H
Rule 27	IF $A^3 \cap A^3 \cap Y^3$ THEN D is H

СЛАЙД № 12



АГРЕГУВАННЯ

- **Агрегування** є процедурою визначення ступеня істинності умов за кожним із правил системи нечіткого висновку.
- На даному слайді представлено таблицю зі взятими за основу статистичними даними, розподіленими щодо сформованих раніше термів.

ФАКТОР	мг/м ³
L Низький рівень ангідриду	0.45
M Середній рівень ангідриду	0.65
H Високий рівень ангідриду	0.81
L Низький рівень азоту	0.08
M Середній рівень азоту	0.158
H Високий рівень азоту	0.18
L Низький рівень вуглецю	4
M Середній рівень вуглецю	6
H Високий рівень вуглецю	9



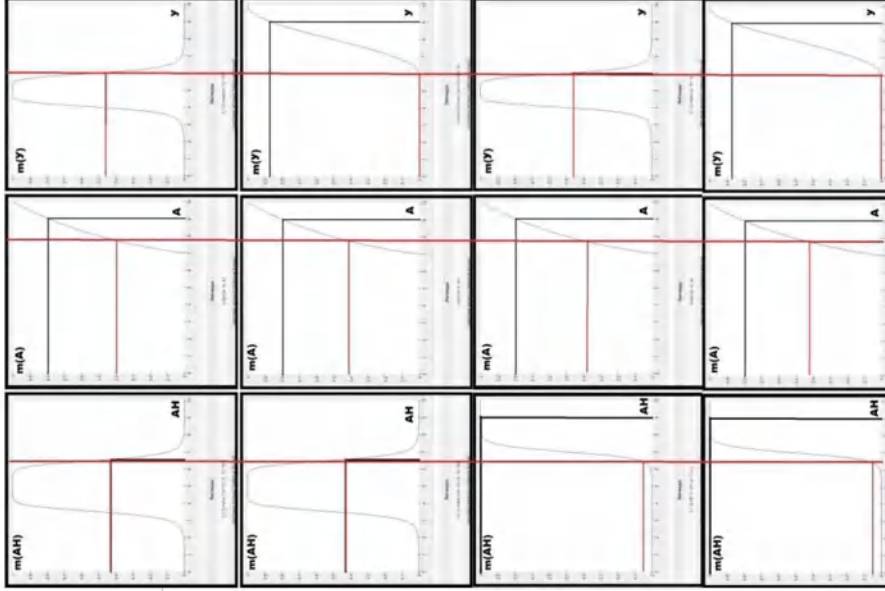
АКТИВІЗАЦІЯ ПІДЗАКЛЮЧЕНЬ

- **Активізація** у системах нечіткого висновку – це процедура чи процес знаходження ступеня істинності кожного з елементарних логічних висловлювань (підзаключень).
- **Функції приналежності** кожного з елементарних підскладання всіх продукційних правил знаходяться за допомогою методу нечіткої композиції під назвою **мін-активізація**, що визначається за формулами:

$$\mu_y(y) = \min\left(\frac{1}{1 + |x - 5|^6}, \frac{1}{2} + \cos\left(\frac{x - 10}{4} \cdot \pi\right)\right)$$

$$\mu_{AH}(y) = \min\left(\frac{1}{1 + \left|\frac{x - 5}{1.5}\right|^8}, \frac{1}{1 + e^{-5(x-7)}}\right)$$

$$\mu_A(y) = \log_4(x - 6)$$

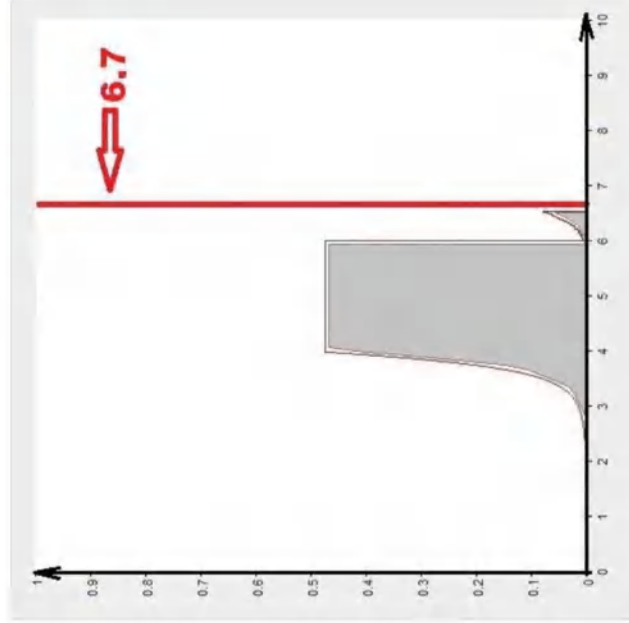


АКУМУЛЯЦІЯ. ДЕФАЗИФІКАЦІЯ. ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВИХ ЗНАЧЕНЬ

- **Акумуляція** у системах нечіткого виведення – це процес знаходження приналежності кожної з вихідних лінгвістичних змінних.
- **Дефазифікація** в системах нечіткого виведення – це процес переходу від функції належності вихідній лінгвістичної змінної до її чіткого (числового) значення. Для дефазифікації використовується метод центру ваги для однокрапкових множин.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)}$$

$$D = \frac{NO_2 \cdot \log_4(NO_2 - 6) + SO_2 \cdot \frac{1}{1 + e^{-5(SO_2 - 7)}} + CO \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{CO - 10}{4} \pi\right)}{\log_4(NO_2 - 6) + \frac{1}{1 + e^{-5(SO_2 - 7)}} + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{CO - 10}{4} \pi\right)\right)}$$



Вихідна змінна, що відповідає рівню небезпеки, дорівнює $D = 6.7$



АДЕКВАТНІСТЬ МЕТОДУ

- Ступінь рівня безпеки, розрахована за розробленим методом, дорівнює **D = 9,2**.
- Це значення відноситься до терму «Високий ступінь забруднення»

Хімічне з'єднання	Реальні значення, мг/м3
Діоксид азоту	0.16
Ангідрид сірчистий	0.25
Оксид вуглецю	10.5



ВИСНОВКИ

- Розроблена методика визначення ступеня небезпеки була адаптована для трьох хімічних елементів які є найбільш розповсюдженими на небезпечними в поточний час: сірчистий ангідрид, діоксид азоту, оксид вуглецю на основі алгоритму Мамдані, що дозволяє оцінити комплексний рівень концентрації забруднень в автономному режимі.
- Складена база продукційних правил дозволяє приймати точніші рішення щодо рівня небезпеки забруднення атмосфери за рахунок використання інтервальних оцінок.
- Через збільшення забруднення через бомбардування та будівельні пожежі, викликають додаткові проблеми зі здоров'ям, які можуть бути серйозними наслідки для місцевого та регіонального населення. У менших масштабах джерелами забруднення є також згорілі танки, транспортні засоби, збиті літаки та інші залишки бойових дій. Там, де об'єкти експлуатуються протягом багатьох років, нові джерела забруднення можуть бути засновані на існуючому військовому забрудненні.
- Отримане порогове значення за результатами комплексування викидів трьома хімічними елементами є основою для оперативного прийняття рішень про ступінь небезпеки.
- Підвищення оперативності досягається за рахунок побудови шкали оцінювання, в якій на відміну від існуючих мінімальне значення є ПДК. Тому порогове значення ступеня небезпеки дозволяє зробити висновок про найбільш забруднені ділянки місцевості для попередження негативних наслідків.



АПРОБАЦІЇ (1/3)

- Перспективи створення ГІС для комплексного аналізу дорожньотранспортних пригод / М. А. Багнюк // XVI Науково-технічна конференція факультету Ракетно-космічної техніки «Сучасні проблеми ракетно-космічної техніки і технології» Харків. 10.04.2019 - 12.04.2019 р.: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», 2019. – С. 92.
- Візуалізація інформації захворюваності населення в картографічному середовищі географічних інформаційних систем / І. Г. Красовська, М. А. Багнюк //Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія за матеріалами ХVІІІ Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, -01-02 жовтня 2019 р.). – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2019. – С. 130-133.
- Тези доповідей ІІІ Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ У ВІТЧИЗНЯНИХ РЕАЛІЯХ: СТУДЕНТСЬКИЙ ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ 19–20 квітня 2018 року м. Львів
- АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА АДМІНІСТРУВАННЯ В КОНТЕКСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ АДМІНІСТРАТИВНОЇ РЕФОРМИ Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (19 червня 2018 р.) Умань Видавець «Сочінський М. М.» 2018 р.
- ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ІНТЕГРОВАНІ КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ» ІКТМ' 2017 - Тези доповідей Том 1



АПРОБАЦІЇ (2/3)

- Реалізація задач геомаркетингу в ГІС / М. А. Багнюк // XVII Науково-технічна конференція факультету Ракетно-космічної техніки «Сучасні проблеми ракетно-космічної техніки і технології» Харків. 06.04.2020 -08.04.2020 р.: Тези доповідей. – Харків : Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», 2020. – С. 76.
- Створення геометричної мережі в ГІС / М. А. Багнюк // XVIII Науково-технічна конференція факультету Ракетно-космічної техніки «Сучасні проблеми ракетно-космічної техніки і технології» Харків. ..2021 -..2021 р.: Тези доповідей. – Харків : Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», 2021. – С.
- I науково-практична конференція «Підприємництво в аграрній сфері: глобальні виклики та ефективний менеджмент» 2020 р.
- XVI Науково-технічна конференція студентів і молодих вчених «Сучасні проблеми ракетно-космічної техніки і технології» 10 – 12 квітня 2019 р.
- Учасник II етапу Всеукраїнської студентської олімпіади з навчальної дисципліни «Англійська мова» закладів вищої освіти, де англійська мова не є спеціальністю 27 березня 2019 року, м. Львів



АПРОБАЦІЇ (3/3)

- Automation of intermediate geocoding for web GIS applications using cloud functions / Bahniuk M.A., Krasovska I.G. // Інформаційно-комунікаційні технології та сталій розвиток. Колективна монографія за матеріалами XXI Міжнародної науково – практичної конференції., 2022 - С. 87-89
- Визначення порогових значень для оперативної оцінки критичного рівня забруднення атмосфери під час війни / Багнюк М.А. // V Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення» 01-02 грудня 2022 року



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ



martin.bahniuk@gmail.com



khai-gis.info/uk/contact#devs

