

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ 1 .....	5
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ, МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ РОЗТАШУВАННЯ ТА ФУНЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ .....	5
1.1. Аналіз методів визначення місцезнаходження логістичного розподільчого центру.....	7
1.1.1 Метод центру тяжіння .....	11
1.1.2 Оптимізаційний метод.....	11
1.2 Методи організації роботи логістичного розподільчого центру.....	13
1.3 Висновки .....	19
РОЗДІЛ 2 .....	20
РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО РОЗПОДІЛЬЧОГО ЦЕНТРУ.....	20
2.1 Основні положення теорії нечіткої логіки .....	20
2.2 Модель розміщення логістичного центру із застосуванням нечіткої логіки .....	34
2.3 Висновки .....	39
РОЗДІЛ 3 .....	41
МОДЕЛЬ СКЛАДСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	41
3.1 Постановка і формалізація завдання.....	41
3.2 Виведення функції належності. Побудова моделі.....	42
3.3 Реалізація моделі в MathLab .....	54
3.4 Висновки .....	61
ВИСНОВКИ.....	62
ЛІТЕРАТУРА.....	64
ДОДАТОК А.....	69

## ВСТУП

В наш час із розвитком об'ємів перевезень та собівартості продукції (що зумовлено, наприклад, високими цінами на паливо, обслуговування транспортних засобів, транспортними тарифами) виникає необхідність в мінімізації витрат на логістику і організацію перевезень. Одним із шляхів такої мінімізації є користування послугами логістичних розподільчих центрів (ЛРЦ). Розподільний центр - це складський комплекс, який отримує товари від підприємств-виробників або від підприємств оптової торгівлі (наприклад які знаходяться в інших регіонах країни або за кордоном) і розподіляє їх дрібнішими партіями замовникам (підприємствам дрібнооптової і роздрібної торгівлі) через свою або їх товаропровідну мережу. За допомогою розподільчого центру можливо зменшити витрати на транспортування і зберігання продукції, адже розподільчий центр є як складом, так і механізмом по керуванню транспортними потоками. Це дає змогу, при застосуванні ЛРЦ, зменшити витрати на зберігання шляхом, наприклад, своєчасного прийому і відправлення вантажів.

**Актуальність теми.** Важливою характеристикою ЛРЦ є його місцезнаходження. Вдало вибране місце для заснування логістичного розподільчого центру може значно знизити витрати, з одного боку, на організацію його діяльності (такі фактори, як наявність кваліфікованого персоналу на місці або забезпеченість регіону засобами розповсюдження інформації), а з іншого - зменшити вартість послуг логістичного центру для кінцевих клієнтів (транспортна інфраструктура обраного місцезнаходження). Більшість з цих факторів є нечисловими, тобто неможливо визначити найбільш оптимальне місце для ЛРЦ, використовуючи традиційні методи. Наукова новизна даного дипломного проекту полягає в тому, що для рішення проблеми пропонується використовувати методи нечіткої логіки, за допомогою яких можливо враховувати усі фактори, що впливають на вибір місцезнаходження, а не тільки ті, що можливо формалізувати.

**Ціль роботи.** Ціллю даної роботи є аналіз та удосконалення методів розташування логістичного центру за допомогою засобів нечіткої логіки, а також побудова моделі роботи логістичного центру, що враховує показники, які неможливо формалізувати.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

аналіз існуючих методів розміщення логістичних центрів і обґрунтування використання методів, що спираються на системи нечіткої логіки;

аналіз існуючих методів і моделей управління роботою логістичного центру;

розробка моделі оптимального розташування логістичного центру;

- розробка моделі керування роботою логістичного центру;  
реалізація моделі в програмному середовищі MatLab.

**Об'єкт дослідження** – система організації роботи логістичного центру.

**Предмет дослідження** – визначення місцезнаходження і моделювання роботи логістичного центру.

**Методи дослідження.** Пропонується новий підхід з використанням методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки при вирішенні задачі визначення місцезнаходження логістичного центру. Він в першу чергу враховує нечіткість вхідної інформації та вплив людини на вибір раціонального рішення.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У магістерській роботі шляхом розробки і реалізації математичної моделі було показано вирішення проблеми організації роботи логістичного розподільчого центру.

**Обґрунтованість та достовірність наукових положень та висновків.** Обґрунтованість та достовірність наукових положень та висновків обумовлена, коректністю використаного апарату та адекватністю розробленої математичної моделі на основі нечіткої логіки.

**Апробацією даного матеріалу**, служить те, що основні положення магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на:

– конференції молодих вчених «Майбутній науковець – 2017» 1 грудня 2017 р., м. Сєверодонецьк: Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Структура магістерської роботи наступна:

*У вступі* обґрунтована актуальність теми, сформульована мета роботи і перераховані вирішувані завдання, визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, наукова новизна отриманих результатів.

*У розділі 1* проведений загальний аналіз проблеми, засоби та способи, якими вони вирішувались раніше, наведений критичний аналіз.

*У розділі 2* представлений опис методів нечіткої логіки із застосуванням їх до проблеми визначення місцезнаходження логістичного центру. Запропонований спосіб із використанням експертних оцінок.

*У розділі 3* представлена розробка моделі управління роботою логістичного центру на основі нечіткої логіки.

*У висновку* сформульовані загальні висновки по виконаній роботі.

Список використаної основної та додаткової літератури складається з 41 джерел.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ, МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ РОЗТАШУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ

Мережа, через яку здійснюється розподіл матеріального потоку, є значущим елементом логістичної системи. Побудова мережі розподільних центрів істотно впливає на витрати, які виникають в процесі доведення товарів до споживачів, а через них і на кінцеву вартість реалізованого продукту.

На основі порівняльного аналізу літературних джерел, можна дати наступне визначення: логістичні центри – це локалізовані (ознака локалізації) на перетині доріг різних галузей транспорту транзитно-перевалочно-складські об'єкти і бюро (ознака інституційності), сучасне обладнання яких уможливорює логістичним операторам пропонування комплексного пакету послуг із високими параметрами якості (ознака пріоритетних функцій). В деяких публікаціях ототожнюються поняття логістичного центру і дистрибуційного центру. На мою думку, їх слід розрізняти. Відмінність за основними ознаками наведена в табл.1.1.

Таблиця 1.1

Відмінність між логістичним центром і дистрибуційним центром

<b>Логістичний центр</b>	<b>Дистрибуційний центр</b>
Основне призначення	
консолідація/ деконсолідація	зберігання запасів
Основний чинник локалізації	
перетин автомагістралей, поєднання різних видів транспорту	ринок збуту
За умовами складської обробки матеріальних запасів	
транзитно-перевалочного типу	розподільного типу (розподільчі центри)

Продовження таблиці 1.1

За родом товарів, що зберігаються	
· універсальні	· спеціальні
Ступінь власності	
· загального призначення	· індивідуального призначення (корпоративні) · договірні

Розподільний центр - це складський комплекс, який отримує товари від підприємств-виробників або від підприємств оптової торгівлі (наприклад які знаходяться в інших регіонах країни або за кордоном) і розподіляє їх дрібнішими партіями замовникам (підприємствам дрібнооптової і роздрібно торгівлі) через свою або їх товаропровідну мережу.

Ринок транспортно-логістичних послуг в Україні, який виник разом із завоюванням незалежності, швидко розвивається. На ньому вже чітко виділяються логістичні центри та спеціалізовані сегменти ринку - міжнародний і внутрішній сегмент експрес-доставки, комплексного перевезення господарських вантажів, сегмент міжнародних та внутрішніх вантажопотоків.

Особливістю Українських логістичних центрів є те, що в програмах Єврологістики важливе місце приділяється Україні в силу її надзвичайно вигідно транзитного положення. Це знаходить своє відображення в найвищому серед країн Європи транзитному рейтингу (3,25 бали), участь України в Європейській транзитно-логістичній інтеграції.

Концепція логістичних центрів є складовою частиною загальної стратегії логістики. Виходячи з вищезазначеного на рис.1.1 наведена схема регіонального логістичного розподільного центру.

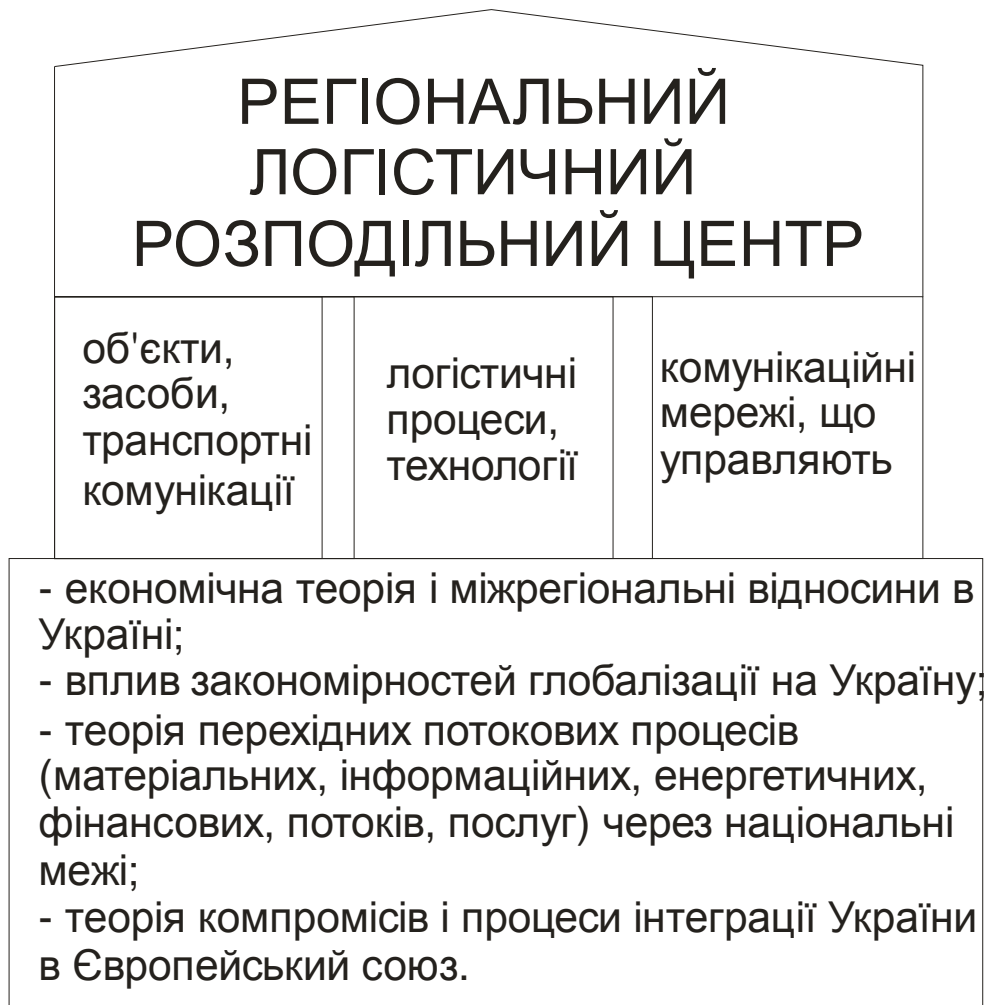


Рисунок 1.1 - Концепція логістичного розподільчого центру

### 1.1. Аналіз методів визначення місцезнаходження логістичного розподільчого центру

Важливим питанням, що виникає при плануванні логістичного центру, є вибір його місцезнаходження. Згідно традиційної класифікації, розробленою Едгардом Гувером, існує три принципові стратегії розташування розподільчих складів : поблизу ринків збуту, поблизу виробництва або проміжне розташування.

Розташування складів поряд з ринками збуту полегшує поповнення запасів клієнтів. Географічні розміри ринку, який обслуговується таким складом, залежить від бажаної швидкості постачань, від середнього розміру

замовлення і від величини питомих витрат на місцеве транспортування. Головним критерієм роботи таких складів є забезпечення належної якості обслуговування або мінімізація логістичних витрат. Такі склади часто зустрічаються в торгівлі харчовими продуктами або промисловими товарами масового використання. Проте розміщення поблизу ринків збуту характерно для багатьох галузей. Така стратегія економічно виправдана, оскільки це найдешевший спосіб швидкого поповнення запасів.

Розташування складів поблизу виробництв полегшує накопичення необхідного для постачань споживачам асортименту продукції. Таке розташування складів дозволяє відправляти споживачам змішані вантажі по консолідованих тарифах. Перевага такого розміщення складів полягає в тому, що підвищений рівень сервісу поширюється на увесь асортимент продукції, що поставляється. Такий виробник має можливість стати кращим серед інших постачальників.

При проміжному розташуванні складів між виробництвом і споживанням склади працюють за тією ж схемою, що і склади, розташовані поблизу виробництва: накопичують повний асортимент продукції і відправляють замовникам змішані партії товарів по пільгових тарифах.

Кількість, потужність, розташування і функції розподільних центрів залежать від розмірів матеріальних потоків, стратегії і фінансового стану підприємства, яке проектує мережу розподільних центрів. При цьому враховуються такі чинники: вартість транспортування, складські переробки вантажів, складування вантажів, оформлення замовлень і системи управління, рівень обслуговування клієнтів.

Ефект від функціонування ЛРЦ виражається в скороченні часу доставки товару, що досягається за рахунок участі ЛРЦ в обслуговуванні матеріального потоку. Споживач (замовник) має можливість вибрати вже наявну необхідну йому номенклатуру і кількість одиниць рухомого складу, замовити їх та отримати швидше, ніж це можна зробити в кожного з постачальників окремо. При функціонуванні ЛРЦ скорочуються експлуатаційні витрати, зменшується



тривалість зберігання вантажу при його накопиченні на транспортні партії безпосередньо у виробників продукції.

У регіональній логістичній середовищі сформовані і продовжують формуватися логістичні центри різного типу.

Регіональні логістичні системи і їх логістичні центри є потужним засобом економії дефіцитних національних ресурсів: матеріальних, сировинних, енергетичних, фінансових, трудових. Їх відмітною особливістю є цільова спрямованість на найбільш повне задоволення сукупного попиту споживачів, причому вони є необхідними елементами розширеного відтворення. Саме регіональні логістичні системи і їх центри дозволяють у сучасних умовах знайти найбільш продуктивні варіанти і форми організації товарних ринків і матеріальних потоків.

Найкращою товаропровідною мережею з розподільними центрами є мережа, яка забезпечує найвищий рівень обслуговування споживачів при мінімальних загальних витратах.

Відповідно до вибраної стратегії розташування товаропровідна мережа може бути організована як централізована структура (з єдиним великим розподільним центром) і децентралізована структура (з декількома розподільними центрами).

У централізованій товаропровідній мережі розподільний центр направляє товари, виготовлені підприємством-виробником, кінцевим або проміжним споживачам в різні регіони країни (оптовим або дрібнооптовим посередникам або безпосередньо в роздрібну торговельну мережу). Перевага цього варіанту полягає в тому, що можна понизити запаси збереження на складі готової продукції підприємства-виробника, відправляючи відразу усю вироблену продукцію в розподільні центри. Недоліки цього варіанту - великі транспортні витрати на доставку товарів численним споживачам - замовникам товарів.

При децентралізованій розподільній системі загальні матеріальні запаси і вартість декількох розподільних центрів будуть вищі, ніж в попередньому

варіанті. Проте вартість доставки товарів споживачам буде менше завдяки тому, що розподільні центри знаходяться на території товарних ринків, поблизу споживачів. Окрім цього, локальним розподільним центрам легше вивчати свої регіональні ринки, і вони можуть гнучко реагувати на ситуацію на цих ринках. В той же час на невеликих регіональних складах складно добитися такої ж низької собівартості переробки вантажів, як на великому автоматизованому розподільному центрі, що можна спостерігати в централізованій системі організації товаропровідної мережі.

Витрати на оформлення замовлень централізованій розподільній системі можуть бути великими і знижуватися при збільшенні числа розподільних центрів, оскільки за умови прихильності складів в різних регіонах і наближення їх до клієнтів зв'язку із споживачами можуть бути більш оперативними і дешевими.

При створенні розгалуженої децентралізованій системи розподілу з окремими складами в різних регіонах роль центрального розподільного складу, власне кажучи, грає склад готової продукції підприємства-виробника. У цій системі витрати на складування і переробку вантажем можуть зростати, а вартість транспортування вантажів і оформлення замовлень - знижуватися. Доставка вантажів в інші райони на свої розподільні склади виявляється дешевшою через порівняно невелику кількість цих складів.

Таким чином, при визначенні найбільш вигідної кількості розподільних складських центрів виникає оптимізаційне завдання: якщо збільшити кількість розподільних складів в товаропровідній мережі, витрати на транспорт і оформлення замовлень знижуються, витрати на зміст складських запасів зростають, а загальні витрати досягають мінімуму при деякій кількості розподільних складів  $n$ .

Завдання розміщення розподільних центрів можна сформулювати як пошук оптимального рішення або ж, як пошук субоптимального (близького до оптимального) рішення. Наукою і практикою розроблені різні методи рішення завдань обох видів.

Проблема розташування логістичного центру є декілька існуючих методів вирішення. Зазвичай вони використовувались для визначення місцезнаходження складів. Нижче наведені найбільш популярні з них.

### 1.1.1 Метод центру тяжіння

Центр тяжіння району - це пункт, який має координати, що дорівнюють середньоарифметичному значенню ряду координат пунктів, що обслуговуються транспортом в цьому мікрорайоні.

При розрахунку координат загального центру тяжіння району спочатку розраховують центр тяжіння пунктів розвезення (пунктів, куди завозити вантаж), потім пунктів збору (пунктів, з яких вивозиться вантаж), а потім вже знаходяться координати загального центру тяжіння.

Координати центру тяжіння району обчислюються за допомогою формули:

$$X_p = \frac{Q_{p1} \times X_{p1} + Q_{p2} \times X_{p2} + Q_{p3} \times X_{p3} + \mathbf{K} + Q_{pn} \times X_{pn}}{Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + \mathbf{K} + Q_{pn}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{pi} \times X_{pi}}{\sum_{i=1}^n Q_{pi}} \quad (1.1)$$

$$Y_p = \frac{Q_{p1} \times Y_{p1} + Q_{p2} \times Y_{p2} + Q_{p3} \times Y_{p3} + \mathbf{K} + Q_{pn} \times Y_{pn}}{Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + \mathbf{K} + Q_{pn}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{pi} \times Y_{pi}}{\sum_{i=1}^n Q_{pi}} \quad (1.2)$$

де  $Q_{pi}$  - вантажопотік від  $p$ -го відправника до  $i$ -го одержувача;

$X_{pi}, Y_{pi}$  - відповідні координати.

### 1.1.2 Оптимізаційний метод

Координати складу визначаються виходячи з умови, що сума відстаней від цих точок з урахуванням попиту  $Q_i$  до точки  $(X_i ; Y_i)$  - координат складу - була мінімальною. Цільова функція записується у вигляді:

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^m Q_i \sqrt{(x - x_{P_i})^2 + (y - y_{P_i})^2} \quad \text{®} \quad \min \quad (1.3)$$

де  $x_{P_i}, y_{P_i}$  — координати  $i$ -го споживача.

Принципова відмінність цього варіанту від попереднього полягає в тому, що, по-перше, він сформульований як класичне оптимізаційне завдання, по-друге, відстань між складом і іншими об'єктами визначається як "гіпотенуза", тоді як у варіанті, що продемонстрований у п. 1.2.1., розглядаються відстані по осях  $X$  і  $Y$ .

Для знаходження координат складу використовується аналітичний метод, згідно з яким на першому етапі визначається система з 2 рівнянь у вигляді приватних похідних функцій  $P(x, y)$ , :

$$\frac{\partial P(x, y)}{\partial X} = 0; \quad \frac{\partial P(x, y)}{\partial Y} = 0 \quad (1.4)$$

Оскільки рішення цієї системи ускладнене, на другому етапі використовується ітераційний метод. Так, перше наближення розраховується за формулою:

$$x^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^m Q_i x_{P_i}}{mQ} \quad (1.5)$$

$\bar{Q}$ , що входить до формули, визначається із рівняння:

$$\bar{Q} = \frac{(\max Q_i - \min Q_i)}{2} \quad (1.6)$$

На третьому етапі значення  $x^{(1)}$  підставляється у друге рівняння системи (1.4) для приватної похідної по  $Y$  і знаходиться перше наближення для  $y^{(1)}$ . Потім  $y^{(1)}$  підставляється в рівняння для приватної похідної по  $X$  і знаходиться друге наближення  $x^{(2)}$  і т. д. до тих пір, поки різниця ітерацій  $P^{(k)}(x, y)$  та  $P^{(k+1)}(x, y)$  не стане менше достатньо малого невід'ємного числа  $\epsilon$ .

## 1.2 Методи організації роботи логістичного розподільчого центру

Організація роботи логістичного центру є питанням широких досліджень. Вона залежить від регіону, в якому планується будувати логістичний центр, функцій, що плануються виконувати за допомогою центру, та багатьох інших особливостей.

Логістичні центри є багатопрофільними установами, що надають великий спектр послуг - від складування до інформаційних послуг (рис. 1.2). Для реалізації всіх цих функцій існує декілька методів організації роботи логістичного центру (табл. 1.2).

Важливим також є визначення місткості складів логістичного розподільчого центру. Визначення оптимальної місткості складу відноситься до однієї з основних проблем теорії управління запасами. Враховуючи велику різноманітність типів і видів систем управління запасами, вирішення цієї проблеми має у кожному випадку специфічні особливості. При розгляді МЛС такими особливостями є процеси прибуття завантажених та порожніх транспортних засобів, а також перевантаження вантажів по складському або за прямим варіантами. Склад є головним технологічним елементом ЛРЦ і

виконує функції компенсатора нерегулярності моментів надходжень і відвантаження вантажів на транспорт.

Для коректного обґрунтування місткості складів ЛРЦ вдаються до моделювання його функціонування.

Важливим також є вибір методу організації роботи логістичного розподільчого центру. Велику роль відіграє обирання логістичного оператора PL (party logistics, сторона логістики).

Таблиця 1.2

Моделі логістичних центрів

Тип моделі	Сутність
1	2
Еволюційна модель	Це модель природного формування концепції логістичного центру як наслідку довгострокової політики господарського розвитку певної урбанізованої території, в якій громадський сектор створив умови для інвестування у виробничу і торгівельну діяльність. Ефектом сильного насичення території різними формами господарської діяльності є формування попиту на логістичні послуги і поява логістичних операторів, які починають реалізувати ці послуги.
Модель зародження	Це модель господарської активізації певної території через створення умов, заохочень для інвесторів – логістичних, виробничих і торгівельних підприємств до ведення діяльності саме у цьому місці. Елементами, які притягують пізніших користувачів, є логістична інфраструктура, яка інтегрує багатьох користувачів, у формі залізничного контейнерного терміналу і складських об'єктів, а також складські площадки, а також земель під власні інвестиції, привабливих для інвесторів з точки зору їх хорошої підготовки і розташування довкола згаданого терміналу і хорошої комунікації з мережею доріг і залізничних ліній. У цій моделі окрім добре розпізнаного потенційного попиту на послуги логістичного центру важливу роль відіграють: доступна транспортна інфраструктура, а також доступність земель і умови поселення, які мусять бути для інвесторів більш корисними, ніж в інших локалізаціях.

Продовження таблиці 1.2

Віртуальна модель	Це модель логістичного центру, який інтегрує розпорошені об'єкти і логістичну інфраструктуру через інформаційні зв'язки у формі електронного ринку логістичних послуг – ( <i>market place</i> ). Віртуальна модель, наймолодша – з'явилась як спроба інтегрування інтересів постачальника і споживача, пропозиції логістичних послуг в одному місці, яким може бути інтернетівська інформаційно-трансакційна платформа.
-------------------	---

На ринку логістики і складування прийнята наступна класифікація PL-операторів, яка залежить від обсягу наданих послуг. Має вона наступну градацію:

1. 1PL-оператор (автономна логістика) - всі процеси в логістиці виконує сам виробник. Організаційно включає відділ доставки, транспортний відділ, склад, митний відділ і т.д. Активами є транспортні засоби; складські приміщення; персонал. Вид діяльності - зберігання товарів, транспортування, документальний супровід операцій, митне оформлення і т.д.
2. 2PL-оператор (традиційна логістика) - організація надає послуги по транспортуванню вантажу і його складуванню, і лише. Сторони, що приймають участь:  
 Транспортне підприємство.  
 Активи: транспортні засоби, автобази і т.д.  
 Вид діяльності: транспортування вантажів.  
 Підприємство, яке надає послуги зі зберігання.  
 Активи: складські приміщення  
 Вид діяльності: оренда складських приміщень  
 Експедиторські підприємства, митні брокери, транспортні диспетчери.

Активи: нематеріальні

Вид діяльності: інформаційні послуги, супровід вантажів, документальне оформлення і т.д.

3. 3PL-оператор (наймасовіший) - надання послуг традиційного складування, проміжного зберігання товару, обробка вантажів, організація та управління доставкою кінцевому споживачеві. Оператори цієї класифікації мають склади класу А, В; автопарк різних габаритів; регіональне представництва по країні. Працюють з централізованої комп'ютерною базою для якісного надання послуг. Несуть штрафні санкції у разі невиконання умов і термінів доставки. У більшості випадків на базі своїх компаній надають робочі місця для співробітників від замовника, для координації та контролю всіх процесів. Сторони, що приймають участь:

Транспортна служба.

Активи: транспортні засоби, автобази у власності або оренда.

Вид діяльності: надання послуг з транспортування вантажів.

Склади.

Активи: складські комплекси у власності або оренда

Вид діяльності: надання послуг зі зберігання, пакування, переробки, комплектації вантажів і т.д.

Експедиторська служба, митні брокери.

Активи: нематеріальні

Вид діяльності. інформаційні послуги, супровід вантажів, документальне оформлення і т.д.

Примітка: Всі послуги надаються як окремо так і в комплексі.

4. 4PL-оператор - компанія проводить планування, управління і контроль за повністю всіма логістичними процесами замовника. Ці оператори мають організаційну структуру, яка відрізняє їх від усіх вище представлених, а саме:



- Відділ закупівель товару (проведення аналізу за залишками товару на складі, в роздробі, контроль та замовлення товару, орієнтуючись на дані відділу продажів)
- Відділ постачання (весь спектр роботи з постачальниками продукції клієнта (договору, сертифікати, митниці)
- Відділ менеджменту (аналіз ринку продажів того або іншого бренду фірми-замовника)
- Оператори цієї класифікації мають доступ до комп'ютерної системи управління підприємства.

5PL-оператор - робота в глобальній мережі Інтернет. Планування, управління і контроль ланцюга транспортування і складування за допомогою електронних засобів інформації. В Україні даний тип операторів, на сьогоднішній день, не має поширення.

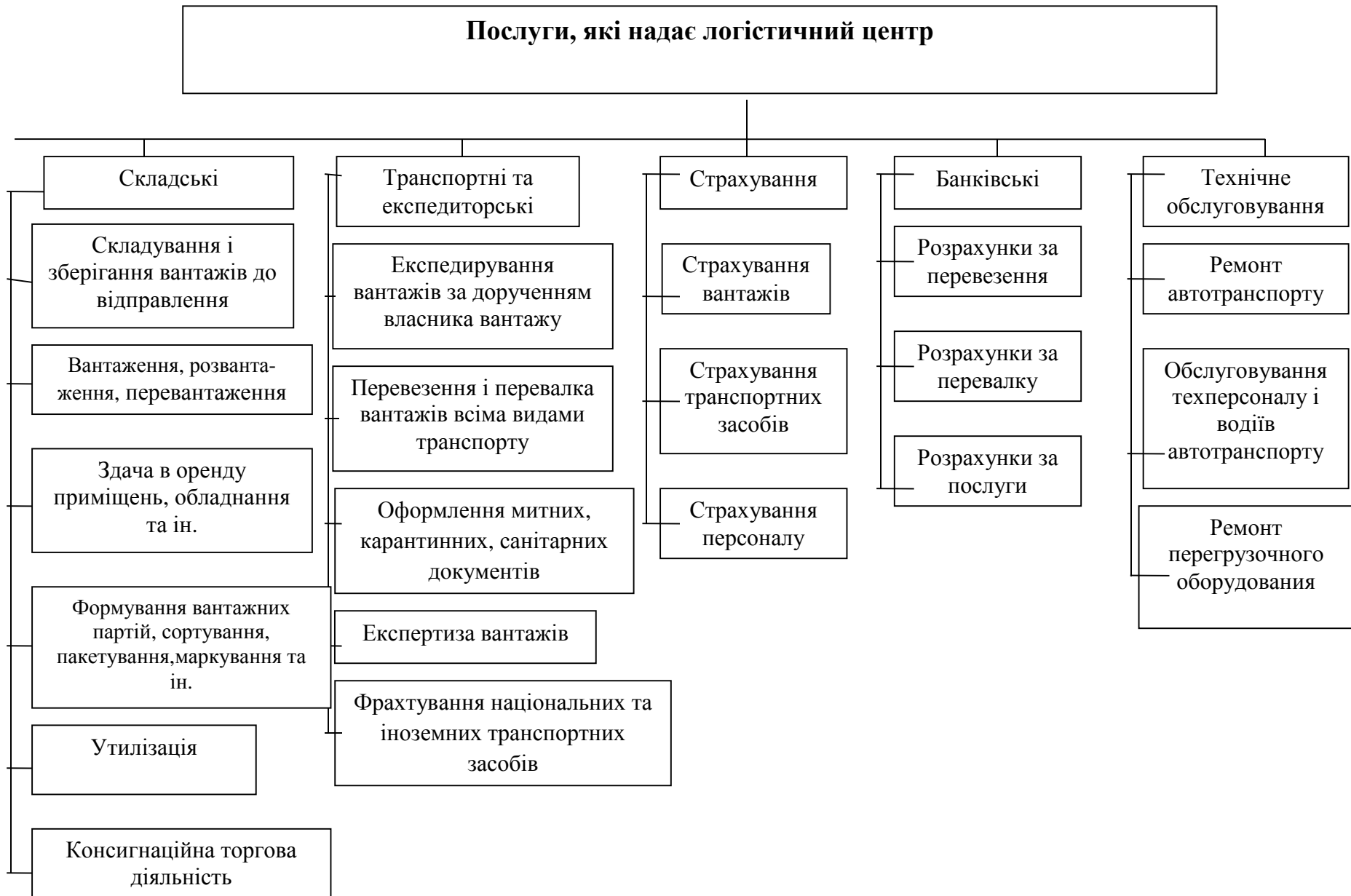


Рис. 1.2 - Класифікація послуг, що надаються логістичним центром

### 1.3 Висновки

На основі проведеного аналізу проблем та методів їх вирішення можна визначити ціль дослідження.

Ціллю даної роботи є розробка методів розташування логістичного центру за допомогою засобів нечіткої логіки, а також побудова моделі роботи логістичного центру, що враховує показники, що неможливо формалізувати.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

аналіз існуючих методів розміщення логістичних центрів і обґрунтування використання методів, що спираються на системи нечіткої логіки;

аналіз існуючих методів і моделей управління роботою логістичного центру;

розробка моделі оптимального розташування логістичного центру:

- розробка моделі керування роботою логістичного центру;  
реалізація моделі в програмному середовищі MatLab.

**Об'єкт дослідження** – система організації роботи логістичного центру.

**Предмет дослідження** – визначення місцезнаходження і моделювання роботи логістичного центру.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОГО РОЗПОДІЛЬЧОГО ЦЕНТРУ

#### 2.1 Основні положення теорії нечіткої логіки

Для опису невизначеностей у задачах автоматичного управління використовуються три методи:

- імовірнісний (стохастичний);
- використання нечіткої логіки (fuzzy logic);
- хаотичні системи.

Більш докладно зупинимося на другому пункті.

Основи нечіткої логіки були закладені в кінці 60-х років у працях відомого американського математика Лотфі Заде. Дослідження такого роду було викликано зростаючим незадоволенням експертними системами. Хвалений "штучний інтелект", який легко справлявся з завданнями управління складними технічними комплексами, був безпорадним при найпростіших висловлюваннях повсякденному житті, типу "Якщо в машині перед тобою сидить недосвідчений водій - тримайся від нього подалі". Для створення дійсно інтелектуальних систем, здатних адекватно взаємодіяти з людиною, був необхідний новий математичний апарат, який переводить неоднозначні життєві твердження в мову чітких і формальних математичних формул. Першим серйозним кроком у цьому напрямку стала теорія нечітких множин, розроблена Заде. Його робота "Fuzzy Sets", опублікована в 1965 році в журналі "Information and Control", заклала основи моделювання інтелектуальної діяльності людини і стала початковим поштовхом до розвитку нової математичної теорії. Він же дав і назву для нової галузі науки - "fuzzy logic" (fuzzy - нечіткий, розмитий, м'який).

Подальші роботи професора Лотфі Заде і його послідовників заклали фундамент нової теорії і створили передумови для впровадження методів нечіткого управління в інженерну практику.

Апарат теорії нечітких множин, продемонструвавши ряд багатообіцяючих можливостей застосування - від систем керування літальними апаратами до прогнозування підсумків виборів, виявився водночас складним для втілення. Враховуючи наявний рівень технології, нечітка логіка зайняла своє місце серед інших спеціальних наукових дисциплін - десь посередині між експертними системами і нейронними мережами.

Своє друге народження теорія нечіткої логіки пережила на початку вісімдесятих років, коли кілька груп дослідників (в-основному в США і Японії) всерйоз зайнялися створенням електронних систем різного застосування, що використовують нечіткі керуючі алгоритми. Теоретичні основи для цього були закладені в ранніх роботах Косько та інших вчених.

Третій період почався з кінця 80-х років і до цих пір. Цей період характеризується бумом практичного застосування теорії нечіткої логіки в різних сферах науки і техніки. До 90-го року з'явилося близько 40 патентів, що відносяться до нечіткої логіки (30 - японських). Сорок вісім японських компаній створюють лабораторію LIFE (Laboratory for International Fuzzy Engineering), японський уряд фінансує 5-річну програму по нечіткій логіці, що включає 19 різних проектів - від систем оцінки глобального забруднення атмосфери і передбачення землетрусів до АСУ заводських цехів. Результатом виконання цієї програми була поява цілого ряду нових масових мікрочіпів, що базуються на нечіткій логіці. Сьогодні їх можна знайти в пральних машинах і відеокамерах, цехах заводів і моторних відсіках автомобілів, в системах управління складськими роботами і бойовими вертольотами.

У США розвиток нечіткої логіки йде по шляху створення систем для великого бізнесу і військових. Нечітка логіка застосовується при аналізі нових ринків, біржовій грі, оцінці політичних рейтингів, виборі оптимальної цінової стратегії і т.п. З'явилися і комерційні системи масового застосування.

Зміщення центру досліджень нечітких систем у бік практичних застосувань привело до постановки цілого ряду проблем, зокрема:

- нові архітектури комп'ютерів для нечітких обчислень;
- елементна база нечітких комп'ютерів і контролерів;
- інструментальні засоби розробки;
- інженерні методи розрахунку і розробки нечітких систем управління, тощо.

Очевидною областю впровадження алгоритмів нечіткої логіки є всілякі експертні системи, у тому числі:

- нелінійний контроль за процесами (виробництво);
- системи із самонавчанням (або класифікатори), дослідження ризикових і критичних ситуацій;
- розпізнавання образів;
- фінансовий аналіз (ринки цінних паперів);
- дослідження даних (корпоративні сховища);
- вдосконалення стратегій керування і координації дій, наприклад складне промислове виробництво.

Потужність і інтуїтивна простота нечіткої логіки як методології вирішення проблем гарантує її успішне використання у вбудованих системах контролю і аналізу інформації. При цьому відбувається підключення людської інтуїції і досвіду оператора.

На відміну від традиційної математики, що вимагає на кожному кроці моделювання точних і однозначних формулювань закономірностей, нечітка логіка пропонує зовсім інший рівень мислення, завдяки якому творчий процес моделювання відбувається на найвищому рівні абстракції, при якому постулюється лише мінімальний набір закономірностей.

Нечіткі числа, одержувані в результаті "не цілком точних вимірів", багато в чому аналогічні розподілам теорії ймовірностей, але вільні від властивих останнім недоліків: мала кількість придатних до аналізу функцій

розподілу, необхідність їх примусової нормалізації, дотримання вимог адитивності, труднощі обґрунтування адекватності математичної абстракції для опису поведінки фактичних величин. У межі, при зростанні точності, нечітка логіка приходиться до стандартної, булевої. У порівнянні з імовірнісним методом, нечіткий метод дозволяє різко скоротити обсяг вироблених обчислень, що, у свою чергу, призводить до збільшення швидкодії нечітких систем.

Недоліками нечітких систем є:

- відсутність стандартної методики конструювання нечітких систем;
- неможливість математичного аналізу нечітких систем існуючими методами;
- застосування нечіткого підходу в порівнянні з імовірнісним не призводить до підвищення точності обчислень.

Однією з найважливіших проблем, від вирішення якої, в кінцевому рахунку, залежить ефективність управління сучасними технологічними об'єктами (ТО), є побудова ефективної математичної моделі. При цьому основним при конструюванні такої моделі є з'ясування того, наскільки отримана модель адекватна реальності. Як відомо, відсутність достатньої кількості статистичної інформації про функціонування ТО, необхідність врахування при побудові моделі величезного числа внутрішніх взаємозв'язків між елементами реальних технологічних систем призводить, найчастіше, при застосуванні детермінованої математики до невиправданої ідеалізації ТО. Тому, як правило, для отриманих традиційним шляхом моделей ТО характерна низька ефективність управління ними. У зв'язку з цим метою даної глави є ознайомлення з деякими методами побудови нечітких моделей. Не претендуючи на широту охоплення всього спектру існуючих підходів до вирішення даної проблеми, висловлюємо два з них. Перший ґрунтується на побудові статичних моделей об'єктів з нечіткими коефіцієнтами методом регресійного аналізу. Подібний підхід був використаний при моделюванні для

управління рядом технологічних установок нафтопереробного підприємства і може бути рекомендований для моделювання деяких класів ТО. Більш ефективним, на наш погляд, є використання при моделюванні складних об'єктів правил нечіткого умовного виводу загальної структури виду: ЯКЩО ... ТО ... ІНАКШЕ ... Перевагою такого підходу є можливість його використання при моделюванні систем, для яких збір статистичної інформації утруднений або повністю виключений. У цьому випадку отримана продукційна модель є продуктом експертного опитування технологів-операторів, що оперують, як правило, інформацією, якісного характеру (свого роду концентрований досвід), яка тим не менш дозволяє в отриманій моделі врахувати всю гаму складних внутрішніх взаємозв'язків ТО. Досвід використання подібного підходу підтверджує достатню ефективність отриманих продукційних моделей при управлінні різними ТО як безперервного, так і дискретного характеру, що вказує на хорошу перспективу даного методу моделювання. Слід зазначити, що в даній роботі не ставилася мета ознайомити читача з питаннями методики проведення опитування експериментів і обробки отриманої якісної інформації. Детальний виклад різних аспектів формування та формалізації подібної якісної інформації наводиться в [4].

Ідентифікація статичний моделей з нечіткими параметрами.

Постановка завдання. Нехай  $x = (x_1, \dots, x_n)$  — вхідні змінні;  $y$  — вихідна змінна об'єкта управління. Задамо для  $x_i (i = \overline{1, n})$  детерміновані значення, а для  $y$  - нечіткі, і математичну залежність між зазначеними змінними опишемо нечітким рівнянням регресії, параметри якого не відомі,

$$\tilde{y} = \tilde{f}(x_1, \dots, x_n) \quad (2.1)$$

де  $\sim$  - оператор нечіткості.



Нечітким рівнянням називають рівняння, чий коефіцієнти або змінні є нечіткими множинами на  $\mathbb{R}$ -безлічі дійсних чисел.

Припустимо, що в результаті спостереження об'єкта отримано  $N$  значень вхідних (вихідних) змінних  $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}, y_i)$ , які наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1  
Результати спостережень

№	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$	$y$
1	$X_{11}$	$X_{21}$	...	$X_{n1}$	$\tilde{y}_1$
2	$X_{12}$	$X_{22}$	...	$X_{n2}$	$\tilde{y}_2$
...	...	...	...	...	...
$N$	$X_{1N}$	$X_{2N}$	...	$X_{nN}$	$\tilde{y}_N$

Завдання ідентифікації цього об'єкту:

1) вибрати функцію

$$\tilde{y} = f(x_1, \dots, x_n, \tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n) = \mathring{\mathbf{a}} \tilde{a}_j x_j \quad (2.2)$$

апроксимуючу функцію  $\tilde{f}(x_1, \dots, x_n)$ , задану таблицею 2.1.

2) визначити оцінки її параметрів.

Для такої оцінки можна скористатися критерієм мінімізації відхилення нечітких значень вихідного параметра  $\tilde{y}$  отриманих за (2.2), від його вибіркового нечітких значень, представлених у таблиці 2.1,

$$\tilde{J} = \mathbf{U}_{i=1, N} (\tilde{y}_i - |\hat{y}_i|)^2 \textcircled{\text{R}} \min \quad (2.3)$$

Тут  $|\text{---}|$  обмежена різниця нечітких чисел визначається за формулою

$$m_{\tilde{y}_i | - | \hat{y}_i} (x) = \max(0, m_{\tilde{y}_i} (x) - m_{\hat{y}_i} (x)) \quad (2.4)$$

Метод ідентифікації. На початковому етапі ідентифікації визначальне значення має якісний аналіз процесу. Що стосується другого етапу, то тут основним питанням є вибір способу оцінювання, забезпечує необхідні властивості одержуваних об'єктів.

Розглянемо математичну модель, представлену у вигляді нечіткого рівняння множинної регресії:

$$\tilde{y} = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 x_1 + \tilde{a}_2 x_2 + \dots + \tilde{a}_n x_n \quad (2.5)$$

Завдання оцінювання параметрів рівняння (2.5) полягає у визначенні коефіцієнтів  $\tilde{a}_i (i = \overline{0, n})$ , які відповідають умові (2.4).

Вираз  $\tilde{y} = f(x_1, \dots, x_n, \tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n)$  являє собою багатовимірну функцію з нечіткими змінними. Якщо врахувати це в (2.4), то

$$\tilde{J} = \mathbf{U}_{i=1, N} (\tilde{y}_i - |f(x_1, \dots, x_n, \tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n)|)^2 \textcircled{R} \min \quad (2.6)$$

Іншими словами, задача оцінювання параметрів рівняння регресії (2.5) зводиться до мінімізації багатовимірної функції (2.6) з нечіткими змінними. Припустимо, що нечіткі коефіцієнти  $\tilde{a}_i (i = \overline{0, n})$  є нормальними нечіткими множинами на  $R$ :

$$\tilde{a}_i = \mathbf{U}_{a_i \in R} m_{a_i}(a_i) / a_i .$$

Визначимо  $\alpha$ -рівневі множини нечітких коефіцієнтів  $\tilde{a}_i$ :

$$\tilde{a}_i^{\alpha} = \{a_i : a_i \in R, m_{a_i}(a_i) \geq \alpha\}, i = \overline{1, n}$$

де  $a \in [0,1]$ .

Тоді для кожного рівня

$$a : \{a_0 = 0, a_1, \dots, a_2, \dots, a_p = 1\}$$

можна написати рівняння множинної регресії (2.5)

$$\begin{cases} \hat{y}^{a_0} = a_0^{a_0} + a_1^{a_0} x_1 + \dots + a_n^{a_0} x_n \\ \vdots \\ \hat{y}^{a_1} = a_0^{a_1} + a_1^{a_1} x_1 + \dots + a_n^{a_1} x_n, \\ \vdots \\ \vdots \\ \hat{y}^{a_p} = a_0^{a_p} + a_1^{a_p} x_1 + \dots + a_n^{a_p} x_n. \end{cases} \quad (2.7)$$

Рівняння (2.7) є звичайними рівняннями множинної регресії, що представляють собою кореляційний зв'язок між багатьма величинами на рівнях  $a_j$ . Для оцінювання нечітких коефіцієнтів  $\tilde{a}_0, \tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n$  досить визначити такі коефіцієнти  $a_0^{a_j}, a_1^{a_j}, a_2^{a_j}, \dots, a_p^{a_j}, j = \overline{1, p}$  на кожному рівні  $a_i$ , які задовольняють умові

$$J_j = \min_{i=1}^N (y_i^{a_j} - \hat{y}_i^{a_j})^2 \quad \text{®} \quad \min, j = \overline{1, p} \quad (2.8)$$

де

$$y_i^{a_j} = a_0^{a_j} + a_1^{a_j} x_1 + \dots + a_n^{a_j} x_n$$

Спостережувані детерміновані значення  $y_i^{a_j}$  отримані апроксимацією в табл. 2.1 нечітких значень вихідної змінної у  $\alpha$ -рівневими нечіткими

множинами відповідно до апроксимацією нечітких коефіцієнтів  $\tilde{a}_i (i = \overline{0, n})$  (табл. 2.2).

Таким чином, вихідна задача оцінювання нечітких коефіцієнтів нечіткого рівняння регресії (2.5) зводиться до класичних завданням оцінювання параметрів множинної регресії (2.7).

Таблиця 2.2

Отримані детерміновані значення  $y_i^{a_j}$

№	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$	Y
1	$X_{11}$	$X_{21}$	...	$X_{n1}$	$y_1^{a_0}$
2	$X_{12}$	$X_{22}$	...	$X_{n2}$	$y_2^{a_0}$
·	·	·	...	·	·
·	·	·	...	·	·
·	·	·	...	·	·
N	$X_{1N}$	$X_{2N}$	...	$X_{nN}$	$y_N^{a_0}$
1	$X_{11}$	$X_{21}$	...	$X_{n1}$	$y_1^{a_1}$
2	$X_{12}$	$X_{22}$	...	$X_{n2}$	$y_2^{a_1}$
·	·	·	...	·	·
·	·	·	...	·	·
·	·	·	...	·	·
N	$X_{1N}$	$X_{2N}$	...	$X_{nN}$	$y_N^{a_1}$
1	$X_{11}$	$X_{21}$	...	$X_{n1}$	$y_1^{a_p}$
2	$X_{12}$	$X_{22}$	...	$X_{n2}$	$y_2^{a_p}$
·	·	·	...	·	·
·	·	·	...	·	·
·	·	·	...	·	·
N	$X_{1N}$	$X_{2N}$	...	$X_{nN}$	$y_N^{a_p}$

Основою для проведення операції нечіткого логічного висновку є база правил, яка містить нечіткі висловлювання у формі "Якщо - то" і функції приналежності для відповідних лінгвістичних термів. При цьому повинні дотримуватися наступні умови:

- Існує хоча б одне правило для кожного лінгвістичного терму вихідної змінної.
- Для будь-якого терма вхідної змінної є хоча б одне правило, в якому цей терм використовується в якості передумови (ліва частина правила).

В іншому випадку має місце неповна база нечітких правил.

Нехай у базі правил є  $m$  правил виду:

$R_1$ : ЯКЩО  $x_1$  це  $A_{11}$  ... ТА ...  $x_n$  це  $A_{1n}$ , ТО  $y$  це  $B_1$ ;

...

$R_i$ : ЯКЩО  $x_1$  це  $A_{i1}$  ... ТА ...  $x_n$  це  $A_{in}$ , ТО  $y$  це  $B_i$ ;

...

$R_m$ : ЯКЩО  $x_1$  це  $A_{m1}$  ... ТА ...  $x_n$  це  $A_{mn}$ , ТО  $y$  це  $B_m$ ,

де  $x_k$ ,  $k=1..n$  – вхідні змінні;  $y$  – вихідна змінна;  $A_{ik}$  – задані нечіткі множини з функціями належності.

Результатом нечіткого висновку є чітке значення змінної  $y^*$  на основі заданих чітких значень  $x_k$ ,  $k=1..n$ .

У загальному випадку механізм логічного висновку включає чотири етапи: введення нечіткості (фазифікація), нечіткий висновок, композиція і приведення до чіткості, або дефазифікації (див. рисунок 2.1).

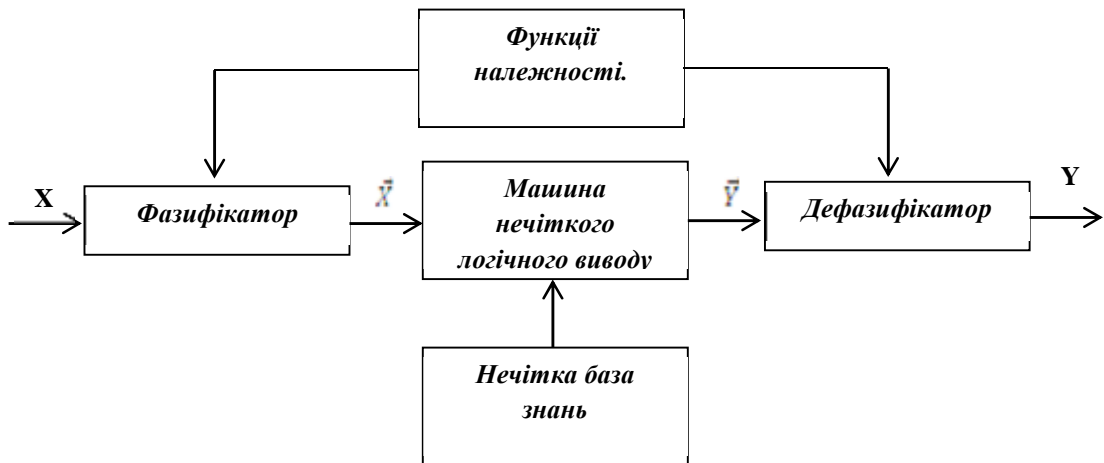


Рисунок 2.1 - Схема нечіткого логічного виводу.

Алгоритми нечіткого виведення розрізняються головним чином видом використовуваних правил, логічних операцій і різновидом методу дефазифікації. Розроблено моделі нечіткого висновку Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото.

Розглянемо докладніше нечіткий висновок на прикладі механізму Мамдані (Mamdani). Це найбільш поширений спосіб логічного висновку в нечітких системах. У ньому використовується мінімаксна композиція нечітких множин. Даний механізм включає в себе наступну послідовність дій.

Процедура фазифікація: визначаються ступеня істинності, тобто значення функцій приналежності для лівих частин кожного правила (передумов). Для бази правил з  $m$  правилами позначимо ступеня істинності як  $A_{ik}(x_k)$ ,  $i = 1 \dots m$ ,  $k = 1 \dots n$ .

Нечіткий висновок. Спочатку визначаються рівні "відсікання" для лівої частини кожного з правил:

$$\alpha_i = \min_k (A_{ik}(x_k)) \quad (2.9)$$

Далі знаходять "усічені" функції приналежності:

$$z_i^*(y) = \min(\alpha_i, B_i(y)) \quad (2.10)$$

Композиція, або об'єднання отриманих усічених функцій, для чого використовується максимальна композиція нечітких множин:

$$MF(y) = \max_i (B_i^*(y)) \quad (2.11)$$

де  $MF(y)$  – функція належності підсумкової нечіткої множини.

Дефазифікація, або приведення до чіткості. Існує кілька методів дефазифікації. Наприклад, метод середнього центру, або центроїдне метод:

$$MF(y) = \max_i (B_i^*(y))$$

Геометричний сенс такого значення - центр ваги для кривої  $MF(y)$ . Рисунок 2.2 графічно показує процес нечіткого висновку по Мамдані для двох вхідних змінних і двох нечітких правил  $R_1$  і  $R_2$ .

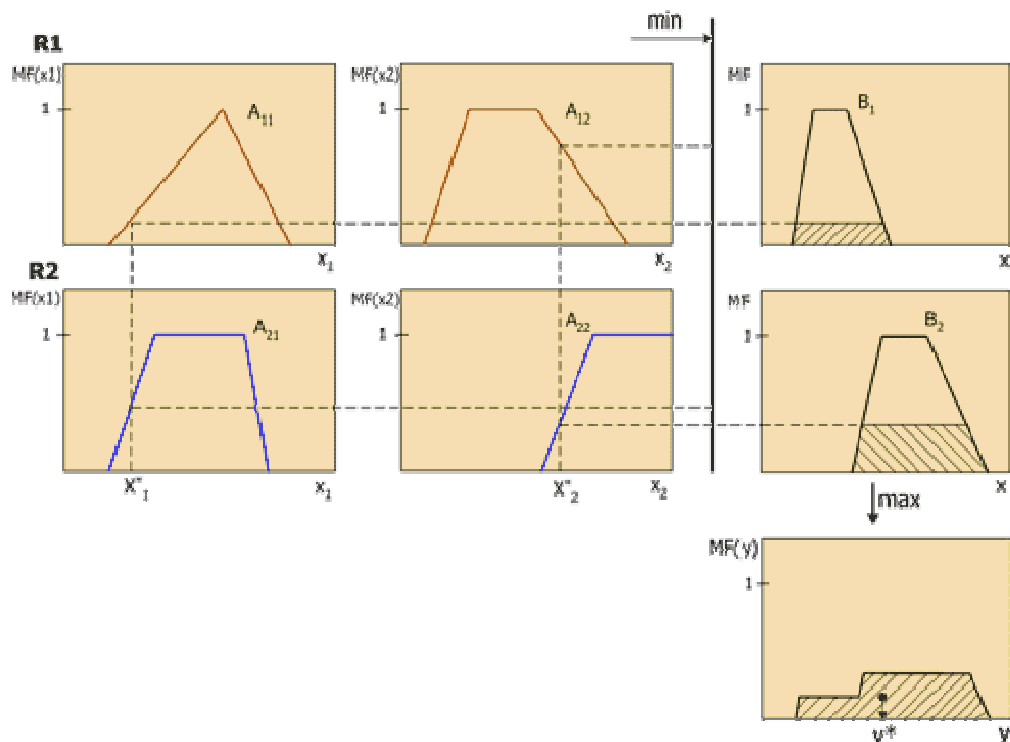


Рисунок 2.2 Схема нечіткого виводу по Мамдані.

Всі лінгвістичні терми в базі знань (рисунок) представляються як нечіткі множини, задані відповідними функціями належності.

Нечітка база знань (рисунок) може трактуватися як деяке розбиття простору факторів, що впливають на підобласті з розмитими межами, в кожній з яких функція відгуку приймає значення, задане відповідним нечітким безліччю. Правило в базі знань являє собою «інформаційний згусток», що відображає одну з особливостей залежності «входи-вихід». Такі «згустки насиченою інформації» або «гранули знань» можуть розглядатися як аналог вербального кодування, яке, як встановили психологи, відбувається в людському мозку при навчанні. Мабуть тому формування нечіткої бази знань у конкретній предметній області, як правило, не складає труднощів для експерта.

Введемо наступні позначення:

$\mu_{jp}(x_i)$  — Функція належності входу  $x_i$  нечіткому терму

$a_{i,jp}$ ,  $i = \dots$ ,  $j = \dots$ ,  $p = \dots$ , тобто.

$$a_{i,jp} = \int_{x_i}^{\bar{x}_i} \mu_{jp}(x_i)/x_i, \quad x_i \in [\underline{x}_i, \bar{x}_i]; \quad (2.12)$$

$\mu_{d_j}$  — функція належності виходу у нечіткому терму

$d_j$ ,  $j = \dots$ , тобто

$$d_j = \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu_{d_j}(y)/y, \quad y \in [\underline{y}, \bar{y}]. \quad (2.13)$$



Ступінь приналежності вхідного вектора  $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots)$  нечітким термам  $d_j$  з бази знань (рисунок 2.1) визначається наступною системою нечітких логічних рівнянь:

$$\mu_{d_j}(X^*) = \bigvee_{p=1, k_j} \bigwedge_{i=1, n} [\mu_{jp}(x_i^*)], \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.14)$$

Нечітка множина, відповідна вхідному вектору  $X^*$ , визначається наступним чином:

$$\bar{y} = \underset{j=1, m}{agg} \left( \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} imp(\mu_{d_j}(X^*), \mu_{d_j}(y)) / y \right), \quad (2.15)$$

де  $imp$  — імплікація, звичайно реалізується як операція знаходження мінімуму;  $agg$  — агрегування нечітких множин, яке найчастіше реалізується операцією знаходження максимуму.

Робота логістичного центру визначається багатьма факторами, що неможливо формалізувати. Моделі розміщення і організації роботи логістичного центру, розглянуті в першому розділі, використовуються для підприємств із більш-менш чітким планом виробництва, і розраховані на детерміновані вхідні дані. Логістичний розподільчий центр працює із нечіткими вхідними даними, які до того ж швидко змінюються в процесі роботи. Тому більш доцільним є використання методів нечіткої логіки при вирішенні цих завдань.

## 2.2 Модель розміщення логістичного центру із застосуванням нечіткої логіки

Виникає потреба знайти метод прийняття рішення про місце розташування розподільчого центру, який би враховував як кількісні так і якісні чинники, був динамічний, що має можливість поповнюватися знаннями певної предметної області, а також незалежним від особистих уподобань окремих експертів. Таким засобом є експертні системи – складні програмні комплекси, що акумулюють знання спеціалістів у конкретних галузях для видачі рекомендацій в процесі прийняття рішень. Такі системи засновані на накопичуванні формалізованих знань та моделюванні процесу експертизи. У формалізації знань доцільно використовувати теорію нечітких множин, що дозволяє формалізувати не тільки кількісні але і якісні чинники, пов'язані з лінгвістичною невизначеності. Для переходу від якісної форми опису до форми зручної для роботи необхідно побудувати відображення у виді функцій належності.

Існує декілька методів побудови функцій належності. Найбільшого розповсюдження набув метод попарних порівнянь Сааті.

Цей метод засновується на попарному порівнянні об'єктів за шкалою відносної важливості об'єктів Сааті (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - Шкала відносної важливості об'єктів Сааті.

Складність методу Сааті зумовлена необхідністю розрахунку власного вектора матриці попарних порівнянь, для спрощення Сааті запропонував індекс узгодженості (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 - Індекс узгодженості Сааті

Рівень важливості		Визначення важливості											
1		Порівнювальні об'єкти рівноцінні											
3		Один об'єкт дещо переважає інший											
5		Один об'єкт кращий за інший											
7		Один об'єкт значно кращий за інший											
9		Один об'єкт абсолютно кращий за інший											
2,4,6,8		Значення, що відображають проміжні судження											
Кількість об'єктів порівняння	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Еталонні значення	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Алгоритм побудови функції належності:

- збір суджень експертів щодо ступеню переваги об'єктів за певними лінгвістичними чинниками;
- побудова матриці попарних порівнянь;
- знаходження власного вектора матриці попарних порівнянь, що відповідає найбільшому власному числу цієї матриці;
- ранжування об'єктів за правилом чим більше ранг об'єкту, тим більша міра належності;
- перевірка валідності експертних суджень відносно індексу узгодженості.

Для задачі вибору місця розташування розподільчого центру цей алгоритм здійснюється таким чином. Припустимо, що оцінювання місця

розташування здійснюється за деякими факторами, які представляють як лінгвістичні терми. Для кожного лінгвістичного терма  $S$  за допомогою сукупності відповідних пар створюється нечітка множина, для формалізації цього терма:

$$\bar{S} = \left\{ \frac{m_S(u_1)}{u_1}, \frac{m_S(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{m_S(u_n)}{u_n} \right\} \quad (2.16)$$

Де  $S$  – певна властивість об'єкту (лінгвістичний терм);

$\bar{S}$  - нечітка множина;

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  – універсальна множина, на якій задають нечітку множину  $\bar{S} \subset U$ ;

$m_S(u_i)$  - міра належності елементів  $u_i$  з універсальної множини  $U$  нечіткій множині  $\bar{S}$ .

Хай необхідно обрати місце розташування розподільчого центру за такими умовами. об'єкт 1 знаходиться близько до залізничної станції і приміщення для оренди задовольняє вимогам за умовою переобладнання. Об'єкт 2 знаходиться трохи далі від залізничної станції, але є привабливим з точки зору розташування відносно клієнтів. Об'єкт 3 приваблює порівняно низькою вартістю оренди і зацікавленістю міської ради в наданні можливості місцевому населенню нових робочих місць, знаходиться ближче до залізничної станції ніж об'єкт 2.

Відносно таблиці попарних порівнянь Сааті (таблиця 2.3) маємо:

$\langle 1:2 \rangle = 3$ , що означає, що об'єкт 1 дещо краще ніж об'єкт 2;

$\langle 1:3 \rangle = 5$ , що означає, що об'єкт 1 краще ніж об'єкт 3;

$\langle 2:3 \rangle = 4$  - об'єкт 2 приваблює більше ніж об'єкт 4 за деякими

чинниками, наприклад, наявність розвиненої дорожньої системи.

Обираємо 4 міста для порівняння: Вознесенськ, Баштанка, Каховка, Херсон.

Критерії оцінки, залежно від яких буде проводитися вибір:

1. Рівень розвитку міста;
2. Забезпеченість міста інформаційними ресурсами;
3. Можливість знайти кваліфіковані кадри на місці;
4. Міра розвитку транспортної мережі;
5. Видалення від оптимальної точки № 1;
6. Видалення від оптимальної точки № 2;

На жаль, малий обсяг роботи не дає змоги провести дослідження по усім цим критеріям, тож потрібно обрати лише один. Я обираю перший критерій як найбільш універсальний, адже рівень розвитку міста характеризує наявність в ньому спеціалістів потрібного фаху, а також є непрямым свідченням розвитку транспортної мережі.

Будуємо матрицю попарних порівнянь для досліджуваних об'єктів.

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{e}1 \\ \text{e}2 \\ \text{e}3 \\ \text{e}4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{e}1 \\ \text{e}2 \\ \text{e}3 \\ \text{e}4 \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & 5 & 1 & 1/7 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 1/9 \\ 1 & 5 & 1 & 1/7 \\ 7 & 9 & 7 & 1 \end{matrix} \end{matrix}$$

Обчислюємо показники відносної цінності об'єктів як середній геометричний елемент кожного рядка матриці А.

$$r_1 = \frac{\sqrt[4]{1 \times 5 \times 1 \times 1/7}}{\sqrt[4]{5/7} + \sqrt[4]{1/225} + \sqrt[4]{5/7} + \sqrt[4]{7 \times 9 \times 7}} = 0,137$$

$$r_2 = \frac{\sqrt[4]{1/225}}{\sqrt[4]{5/7} + \sqrt[4]{1/225} + \sqrt[4]{5/7} + \sqrt[4]{7 \times 9 \times 7}} = 0,039$$

$$r_3 = \frac{\sqrt[4]{1 \times 5 \times 1 \times 1 / 7}}{\sqrt[4]{5/7} + \sqrt[4]{\frac{1}{225}} + \sqrt[4]{5/7} + \sqrt[4]{7 \times 9 \times 7}} = 0,137$$

$$r_3 = \frac{\sqrt[4]{9 \times 7 \times 9}}{\sqrt[4]{5/7} + \sqrt[4]{\frac{1}{225}} + \sqrt[4]{5/7} + \sqrt[4]{7 \times 9 \times 7}} = 0,73$$

Отже вектор відносних цінностей – рангів

$$r = \begin{pmatrix} 0,137 \\ 0,039 \\ 0,137 \\ 0,73 \end{pmatrix}$$

Необхідно оцінити отриманий вектор за допомогою власного числа матриці порівнянь і індексу узгодженості I (таблиця 2.2)

$$I = \frac{I_{\max} - n}{n - 1}, \quad (2.17)$$

Де  $I_{\max}$  - найбільше власне число матриці порівнянь A;  
n – кількість порівнюваних об'єктів.

Для цього знайдемо добуток Ar.

$$\begin{pmatrix} 1 & 5 & 1 & 1/7 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 1/9 \\ 1 & 5 & 1 & 1/7 \\ 7 & 9 & 7 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,137 \\ 0,039 \\ 0,137 \\ 0,73 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,53 \\ 0,18 \\ 0,53 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Поділивши отриманий вектор на вектор відносних цінностей отримаємо вектор покомпонентних значень власних значень.

$$\begin{array}{r}
 0,53 \\
 0,18 \\
 0,53 \\
 3
 \end{array}
 \div
 \begin{array}{r}
 0,137 \\
 0,039 \\
 0,137 \\
 0,73
 \end{array}
 =
 \begin{array}{r}
 3,9 \\
 4,6 \\
 0,42 \\
 4,2
 \end{array}$$

Отже,  $I_{\max}$  дорівнює 4,6. Тоді індекс узгодженості

$$I = \frac{4.6 - 4}{3} = 0,13.$$

Отримане значення індексу не перевищує значення індексу узгодженості за таблицею Сааті (таблиця 2.2), і складає приблизно 14,4% табличного. Отже можемо зробити висновок, що експертні висновки задовільні, а знайдений вектор відносних цінностей – рангів відображає реальну перевагу об'єктів. Отже, місцем розміщення логістично-розподільчого центру обираємо Херсон.

### 2.3 Висновки

На основі аналізу математичних методів та моделей розташування та функціонування логістичних центрів визначено, що існуючі методи не дозволяють врахувати динаміку, стохастичний характер та нестационарність вантажопотоку, що поступає в логістичні центри, а також вплив імовірних факторів, що впливають на вантажопотік, оскільки нові економічні відносини між суб'єктами господарювання та характер ринкової економіки важко врахувати при моделюванні за допомогою існуючих математичних методів формалізації систем та процесів.

Аналіз новітніх методів показав, що доцільно застосувати теорію нечітких множин для визначення параметрів складської системи в логістичних центрах та формалізації процесів обробки вантажів.

Для визначення місця розташування логістичного центру обрана модель Сааті на основі нечіткої логіки, яка реалізована для визначення місця розташування регіонального логістичного центру в Херсонській області.



## РОЗДІЛ 3

### МОДЕЛЬ СКЛАДСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

#### 3.1 Постановка і формалізація завдання

Як зазначено в першому розділі, логістичні центри виконують велику кількість операцій, надаючи широкий спектр послуг. В даній роботі я хочу зупинитись на технології складського обслуговування і його моделюванні в рамках нечіткої логіки. Для моделювання прийняті такі дані:

- вантаж однотипний, тарно-штучний, прибуває у піддонах вагою 1,5 т;
- прибуття вантажів здійснюється автомобільним транспортом;
- навантажувач вантажопідйомністю 1,5 т.

Спочатку задаємо вхідні та вихідні змінні, визначаємо їх межі та взаємозв'язки між ними. Вхідних змінних обрано 5:

$x_1$  - кількість вільних вантажних місць у складському комплексі. Змінюється від 0 (складський комплекс повністю зайнятий) до 800 (повністю пустий).

$x_2$  - кількість вільних навантажувачів. Змінюється від 0 (всі навантажувачі зайняті) до 12 (всі вільні).

$x_3$  - кількість вільних місць під'їзду автомобілів. Змінюється від 0 (фронт розвантаження повністю зайнятий) до 11 (повністю вільний).

$x_4$  - продуктивність роботи навантажувачів. Змінюється від 0 до 18 т.

$x_5$  - вхідний транспортний потік. Вимірюється у кількості вантажних одиниць, що прибувають. Змінюється від 0 до 800 одиниць (максимум, що може прийняти складське приміщення).

Вихідна змінна обирається одна, і це - час проведення складських операцій. Змінюється від 0 до 200 хвилин.

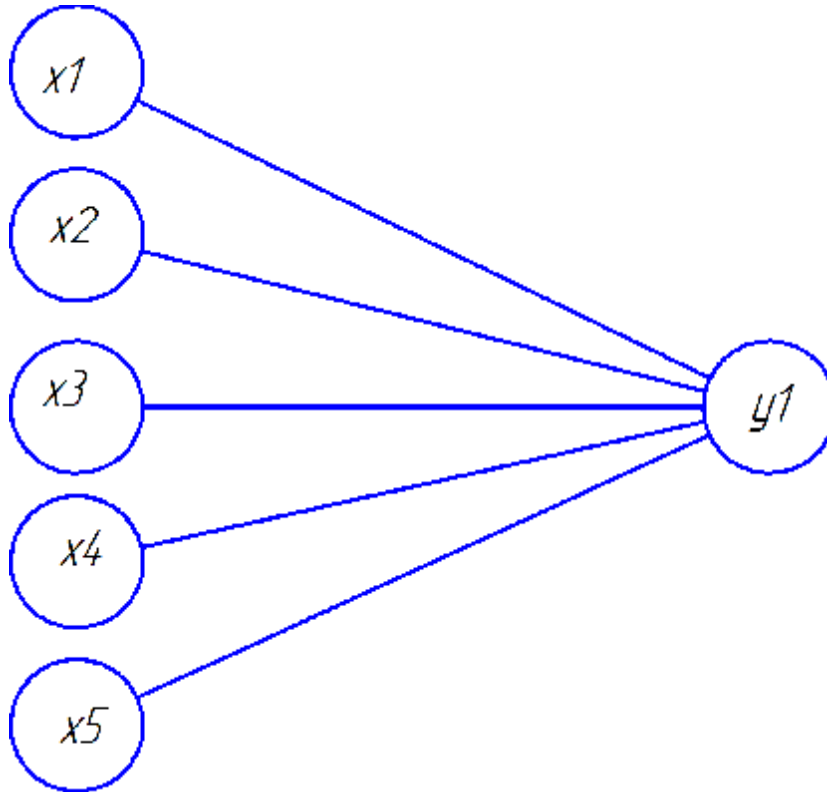


Рисунок 3.1. Зв'язок між вхідними та вихідною змінною.  
Процес моделювання і реалізації наведений у пп 3.2-3.3.

### 3.2 Виведення функції належності. Побудова моделі

Для побудови моделі спочатку треба сформувати матрицю підказок за кожною із вхідних змінних. Ці матриці представлені у таблицях 3.1-3.5.

Таблиця 3.1

Матриця підказок вхідної змінної  $x_1$

Таблиця 3.2

Значення	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	12	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	3	15	10	2	0	0	0	0	0
Середній	0	0	0	0	16	18	7	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	0	12	15	2	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	2	17	19

Матриця підказок вхідної змінної  $x_2$

Таблиця 3.3

Значення	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	14	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	2	16	11	3	0	0	0	0	0
Середній	0	0	0	0	10	17	5	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	0	13	15	1	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	3	13	18

Матриця підказок вхідної змінної  $x_3$ 

Значення	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	15	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	3	14	12	4	0	0	0	0	0
Середній	0	0	0	3	16	19	7	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	0	10	16	3	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	3	14	18

Таблиця 3.4

Матриця підказок вхідної змінної  $x_4$ 

Таблиця 3.5

Значення	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	16	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	3	17	15	3	0	0	0	0	0
Середній	0	0	0	2	16	17	6	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	2	11	16	1	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	2	16	18

Матриця підказок вхідної змінної  $x_5$ 

Елементи матриці підказок обчислюють за наступною формулою

Значення	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	16	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	3	17	14	4	0	0	0	0	0
Середній	0	0	1	4	13	19	6	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	0	14	12	4	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	5	15	19

$$k_j = \sum_{i=1}^5 b_{ij}, j = \overline{1,10} \quad (3.1)$$

Тому матриця підказок - це рядок, що є сумою по стовбцях. У цьому рядку обирають максимальний елемент  $k_{\max} = \max k_j$  і далі всі його елементи перетворюються за формулою

$$c_{ij} = \frac{b_{ij} k_{\max}}{k_j}, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,10}. \quad (3.2)$$

Для стовпців, де  $k_j = 0$ , застосовуємо лінійну апроксимацію

$$c_{ij} = \frac{c_{ij-1} + c_{ij+1}}{2}, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,10}. \quad (3.3)$$

Для побудови функції належності знаходять максимальні елементи

$$c_{i\max} = \max_i c_{ij}, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,10}. \quad (3.4)$$

Функцію належності обчислюємо за формулою:

$$m_j = \frac{c_{ij}}{c_{i\max}} \quad (3.5)$$

Подамо числові розрахунки значень функції належності термів "низький", "нижче середнього", "середній", "вище середнього", "високий" наведених лінгвістичних змінних. Розраховуємо елементи  $c_{ij}$  за наведеними вище формулами. Результати наведені в таблицях 3.6-3.10.

Результатом побудови функцій належності лінгвістичних термів з використанням статистичних даних зведено у таблиці 3.11-3.15.

Порівняння цих функцій належності підтверджує можливість їх кусково-лінійної апроксимації із застосуванням параметра стиску-розтягу.

Таблиця 3.6

Перетворена матриця підказок вхідної змінної  $x_1$ 

с	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	19	14,92857	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	4,071429	19	19	2,111111	0	0	0	0	0
Середній	0	0	0	0	16,88889	19	7	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	0	12	16,76471	2	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	2,235294	17	19

Таблиця 3.7

Перетворена матриця підказок вхідної змінної  $x_2$ 

с	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	18	15,42857	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	2,571429	18	18	4,153846	0	0	0	0	0
Середній	0	0	0	0	13,84615	18	5	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	0	13	15	1,285714	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	3	16,71429	18

Таблиця 3.8

Перетворена матриця підказок вхідної змінної  $x_3$ 

с	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	20	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	4	20	16	4	0	0	0	0	0
Середній	0	0	0	4	16	20	8,235294	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	0	11,76471	16,84211	3,529412	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	3,157895	16,47059	20

У випадку різної кількості термів доцільно апроксимувати функції належності трикутниками, яким притаманні такі властивості:

- основою трикутника є універсальна множина (інтеграл)  
 $U_i = [0, l_i - 1]$ , де  $l_i = 2, 3, \dots, 9$  - ціле число, що відповідає кількості термів лінгвістичної змінної  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;
- вершина трикутника відповідає номеру лінгвістичного терму. Терми пронумеровані цілими числами від 1 до  $l_i$ ;

- інтерпретація номера терму може бути різною залежно від специфіки лінгвістичної змінної.

Таблиця 3.9

Перетворена матриця підказок вхідної змінної  $x_4$

Таблиця 3.10

с	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	19	15,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	3,8	19	16,76471	3	0	0	0	0	0
Середній	0	0	0	2,235294	16	17	6,705882	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	2	12,29412	16,88889	1,117647	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	2,111111	17,88235	19

Перетворена матриця підказок вхідної змінної  $x_5$

с	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низький	20	16,47059	0	0	0	0	0	0	0	0
Нижче середнього	0	3,529412	18,88889	15,55556	4,705882	0	0	0	0	0
Середній	0	0	1,111111	4,444444	15,29412	20	6	0	0	0
Вище середнього	0	0	0	0	0	0	14	14,11765	4,210526	0
Високий	0	0	0	0	0	0	0	5,882353	15,78947	20

Таблиця 3.11

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної  $x_1$

$\mu$	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mu_1$	1	0,785714	0	0	0	0	0	0	0	0
$\mu_2$	0	0,214286	1	1	0,111111	0	0	0	0	0
$\mu_3$	0	0	0	0	0,888889	1	0,368421	0	0	0
$\mu_4$	0	0	0	0	0	0	0,631579	0,882353	0,105263	0
$\mu_5$	0	0	0	0	0	0	0	0,117647	0,894737	1

Таблиця 3.12

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної  $x_2$

Таблиця 3.13

$\mu$	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mu_1$	1	0,857143	0	0	0	0	0	0	0	0
$\mu_2$	0	0,142857	1	1	0,230769	0	0	0	0	0
$\mu_3$	0	0	0	0	0,769231	1	0,277778	0	0	0
$\mu_4$	0	0	0	0	0	0	0,722222	0,833333	0,071429	0
$\mu_5$	0	0	0	0	0	0	0	0,166667	0,928571	1

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної  $x_3$

$\mu$	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mu_1$	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
$\mu_2$	0	0,2	1	0,8	0,2	0	0	0	0	0
$\mu_3$	0	0	0	0,2	0,8	1	0,411765	0	0	0
$\mu_4$	0	0	0	0	0	0	0,588235	0,842105	0,176471	0
$\mu_5$	0	0	0	0	0	0	0	0,157895	0,823529	1

Таблиця 3.14

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної  $x_4$

$\mu$	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mu_1$	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
$\mu_2$	0	0,2	1	0,882353	0,157895	0	0	0	0	0
$\mu_3$	0	0	0	0,117647	0,842105	0,894737	0,352941	0	0	0
$\mu_4$	0	0	0	0	0	0,105263	0,647059	0,888889	0,058824	0
$\mu_5$	0	0	0	0	0	0	0	0,111111	0,941176	1

Таблиця 3.15

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної  $x_5$

$\mu$	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mu_1$	1	0,823529	0	0	0	0	0	0	0	0
$\mu_2$	0	0,176471	0,944444	0,777778	0,235294	0	0	0	0	0
$\mu_3$	0	0	0,055556	0,222222	0,764706	1	0,3	0	0	0
$\mu_4$	0	0	0	0	0	0	0,7	0,705882	0,210526	0
$\mu_5$	0	0	0	0	0	0	0	0,294118	0,789474	1

Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів кожної вхідної змінної подано у таблицях 3.16-3.20

Таблиця 3.16 Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів вхідної змінної  $x_1$ .

Кількість термів	Функції належності
5	$m^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0,160]$ $m^2(u) = \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [160,800]$ $m^3(u) = \frac{1}{2}u, u \in [0,320]$ $2 - \frac{1}{2}u, u \in [320,800]$



	$m^1(u) = \begin{cases} \frac{1}{3}u, u \in [0, 480] \\ 4 - u, u \in [480, 800] \end{cases}$ $m^2(u) = \begin{cases} u, u \in [0, 640] \\ \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [640, 800] \end{cases}$
--	---

Таблиця 3.17 Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів вхідної змінної  $x_2$ .

Кількість термів	Функції належності
5	$m^1(u) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0, 2.4] \\ u, u \in [0, 2.4] \end{cases}$ $m^2(u) = \begin{cases} \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [2.4, 12] \\ u, u \in [0, 2.4] \end{cases}$ $m^3(u) = \begin{cases} \frac{1}{2}u, u \in [0, 4.8] \\ 2 - \frac{1}{2}u, u \in [4.8, 12] \end{cases}$ $m^4(u) = \begin{cases} \frac{1}{3}u, u \in [0, 7.2] \\ 4 - u, u \in [7.2, 12] \end{cases}$ $m^5(u) = \begin{cases} u, u \in [0, 9.6] \\ \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [9.6, 12] \end{cases}$

Таблиця 3.18 Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів вхідної змінної  $x_3$ .

Кількість термів	Функції належності
5	$m^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0, 2.2]$ $m^2(u) = \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [2.2, 11]$ $m^3(u) = \frac{1}{2}u, u \in [0, 4.4]$ $m^4(u) = 2 - \frac{1}{2}u, u \in [4.4, 11]$ $m^5(u) = \frac{1}{3}u, u \in [0, 6.6]$ $m^6(u) = 4 - u, u \in [6.6, 11]$ $m^7(u) = \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [8.8, 11]$

Таблиця 3.19 Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів вхідної змінної  $x_4$ .

Кількість термів	Функції належності
5	$m^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0, 3.6]$ $m^2(u) = \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [3.6, 18]$ $m^3(u) = \frac{1}{2}u, u \in [0, 7.2]$ $m^4(u) = 2 - \frac{1}{2}u, u \in [7.2, 18]$ $m^5(u) = \frac{1}{3}u, u \in [0, 10.8]$ $m^6(u) = 4 - u, u \in [10.8, 18]$ $m^7(u) = \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [14.4, 18]$

Таблиця 3.20 Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів вхідної змінної  $x_5$ .

Кількість термів	Функції належності
5	$m^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0, 160]$ $m^2(u) = \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [160, 800]$ $m^3(u) = \frac{1}{2}u, u \in [0, 320]$ $m^4(u) = \frac{1}{3}u, u \in [0, 480]$ $m^5(u) = \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [640, 800]$

Генератором трикутних функцій належності нечітких термів є співвідношення

$$m^j(u) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{l_i - 1}u, u \in [0, l_i - 1], j = 1 \\ \frac{1}{j-1}u, u \in [0, j-1], j = \overline{2, l_i - 1} \\ \frac{l_i - 1}{l_i - j} - \frac{1}{l_i - j}u, u \in [j-1, l_i - 1], j = \overline{2, l_i - 1} \\ 1 - \frac{1}{l_i - 1}u, u \in [0, l_i - 1], j = l_i \end{cases} \quad (3.6)$$

Загальний вид функцій належності представлений на рисунках 3.2-3.6

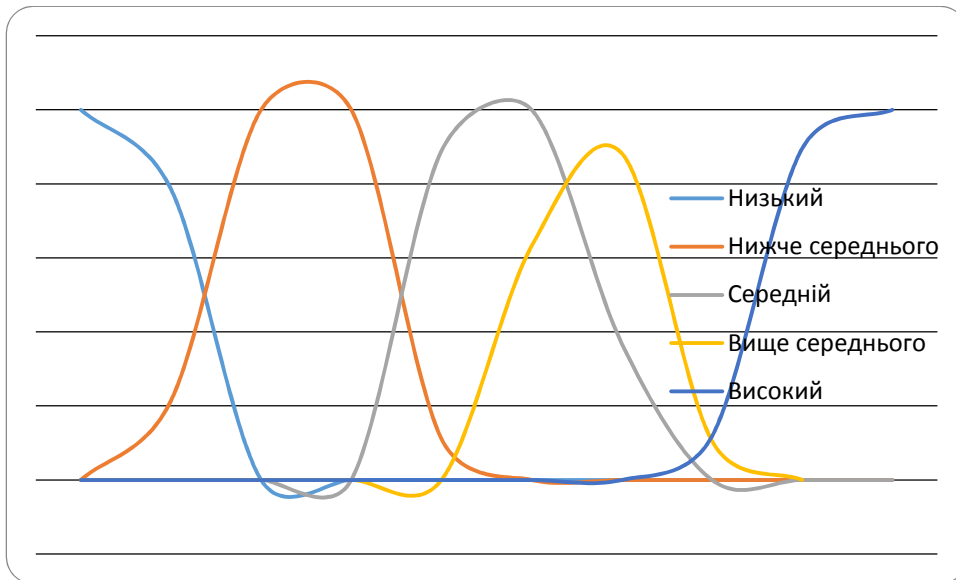


Рисунок 3.2 Графік функції належності вхідної змінної  $x_1$

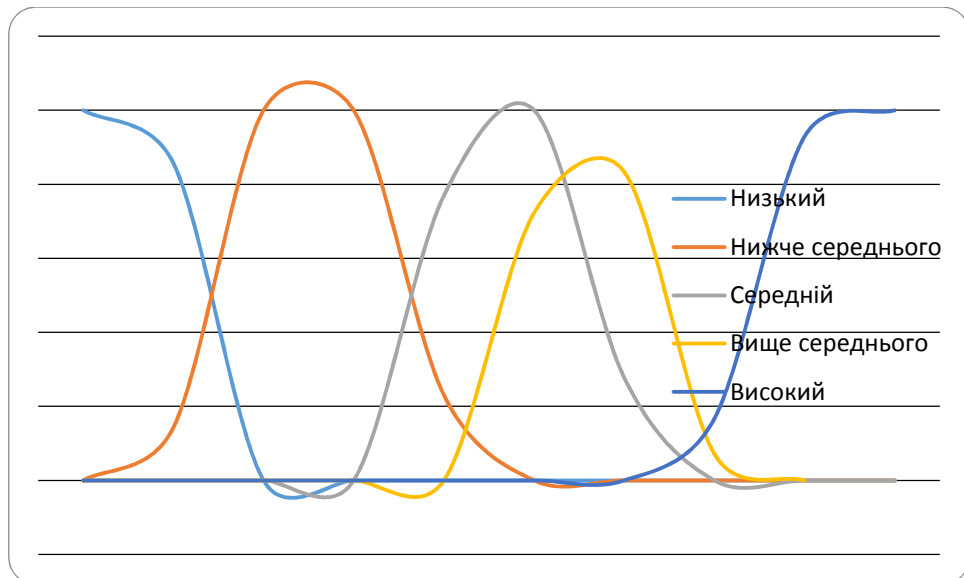


Рисунок 3.3 Графік функції належності вхідної змінної  $x_2$

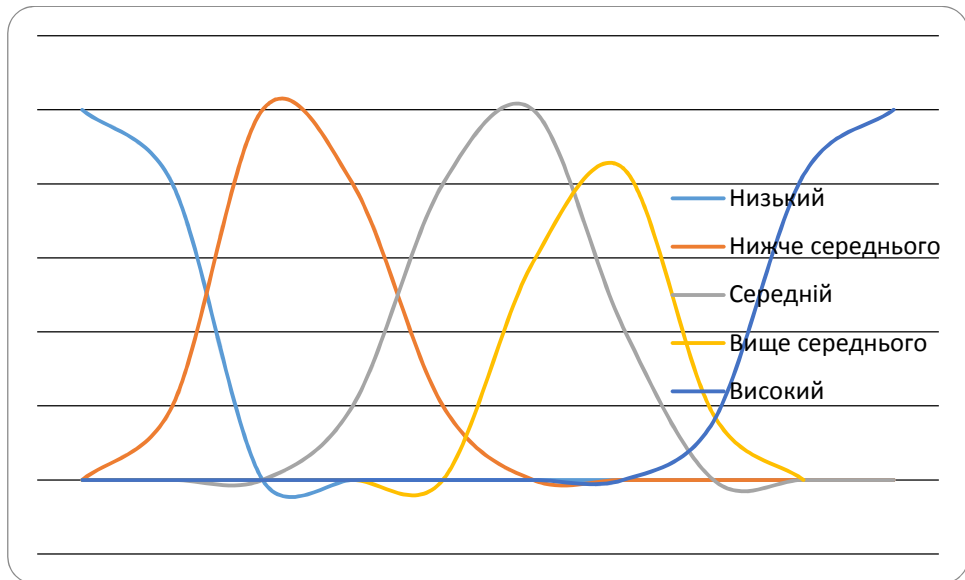


Рисунок 3.4 Графік функції належності входної змінної  $x_3$

Аналітичні вирази кусково-лінійних і трикутних функцій належності використано у нечіткій експертній системі оцінки часу роботи навантажувально-розвантажувального комплексу на складі логістичного розподільчого центру.

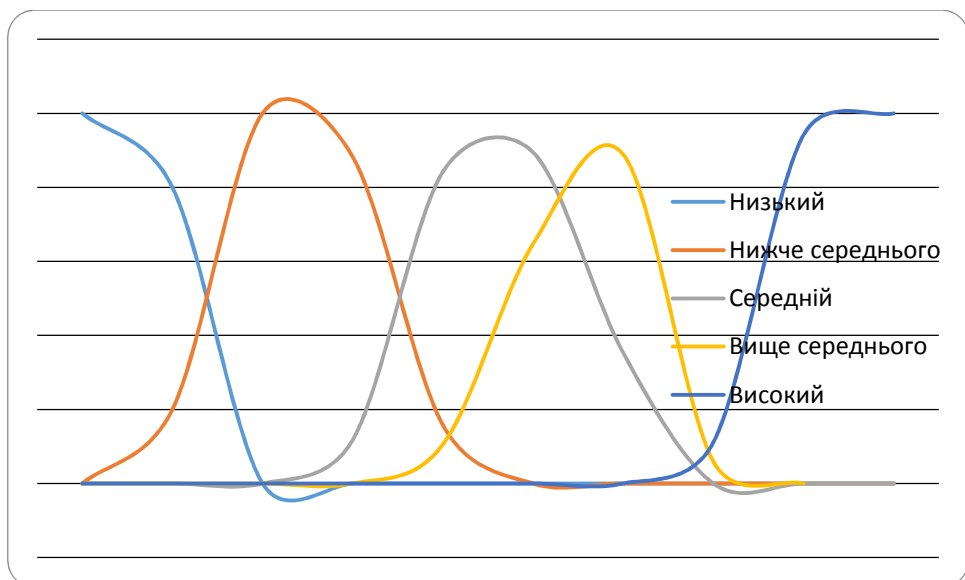


Рисунок 3.5 Графік функції належності входної змінної  $x_4$

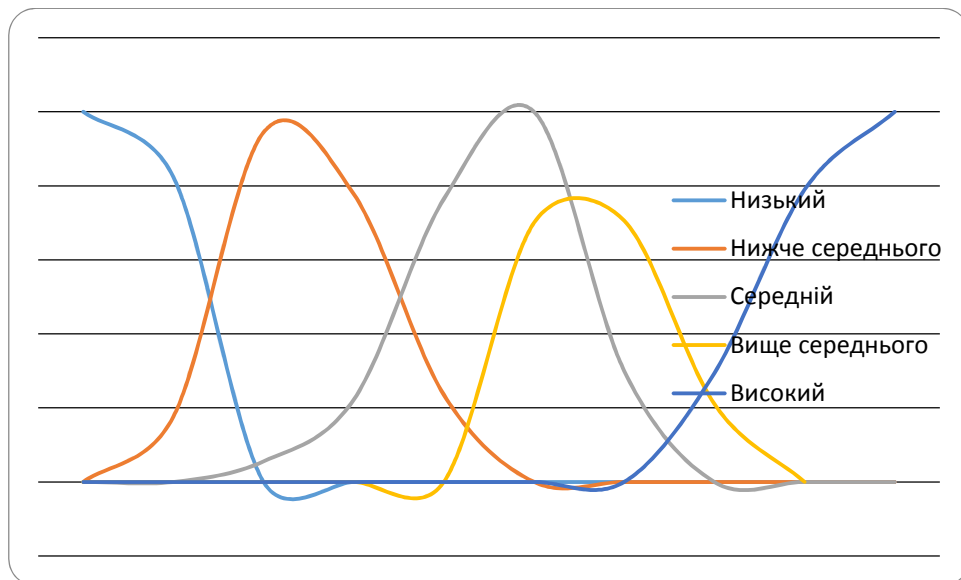


Рисунок 3.6 Графік функції належності входної змінної  $x_5$

### 3.3 Реалізація моделі в MathLab

MATLAB (скорочення від англ. «Matrix Laboratory») - пакет прикладних програм для вирішення завдань технічної обробки даних та однойменний мова програмування, що використовується в цьому пакеті. MATLAB використовують більше 1 000 000 інженерних і наукових працівників, він працює на більшості сучасних операційних систем, включаючи Linux, Mac OS, Solaris (починаючи з версії R2010b підтримка Solaris припинена) і Microsoft Windows.

MATLAB як мова програмування був розроблений Клівом Моулером (англ. Cleve Moler) наприкінці 1970-х років, коли він був деканом факультету комп'ютерних наук в Університеті Нью-Мексико. Метою розробки служила завдання дати студентам факультету можливість використання програмних бібліотек Linpack і EISPACK без необхідності вивчення Фортрану. Незабаром нова мова поширилася серед інших університетів і був з великим інтересом зустрінутий вченими, які працюють в галузі прикладної математики. До цих пір в Інтернеті можна знайти версію 1982 року, написану на Фортрані, розповсюджену з відкритим вихідним кодом. Інженер Джон Літл (англ.

John N. (Jack) Little) познайомився з цією мовою під час візиту Кліва Моулера в Стенфордський університет в 1983 році. Зрозумівши, що новий мова має великим комерційним потенціалом, він об'єднався з Клівом Моулером і Стівом Бангертом (англ. Steve Bangert). Спільними зусиллями вони переписали MATLAB на C і заснували в 1984 компанію The MathWorks для подальшого розвитку. Ці переписані на C бібліотеки довгий час були відомі під ім'ям JACKRAC. Спочатку MATLAB призначався для проектування систем управління (основна спеціальність Джона Літла), але швидко завоював популярність у багатьох інших наукових та інженерних областях. Він також широко використовувався і в освіті, зокрема, для викладання лінійної алгебри та чисельних методів.

Мова MATLAB є високорівневою інтерпретованою мовою програмування, що включає засновані на матрицях структури даних, широкий спектр функцій, інтегроване середовище розробки, об'єктно-орієнтовані можливості та інтерфейси до програм, написаних на інших мовах програмування.

Програми, написані на MATLAB, бувають двох типів - функції та скрипти. Функції мають вхідні і вихідні аргументи, а також власний робочий простір для зберігання проміжних результатів обчислень і змінних. Скрипти ж використовують загальне робочий простір. Як скрипти, так і функції не компілюються в машинний код і зберігаються у вигляді текстових файлів. Існує також можливість зберігати так звані pre-parsed програми - функції і скрипти, оброблені у вигляді, зручний для машинного виконання. У загальному випадку такі програми виконуються швидше звичайних, особливо якщо функція містить команди побудови графіків.

Основною особливістю мови MATLAB є його широкі можливості по роботі з матрицями, які творці мови висловили в гаслі «думай векторно» (англ. Think vectorized).

Fuzzy Logic Toolbox™ забезпечує MATLAB® функції, графічні інструменти, і блок Simulink® для аналізу, проектування і моделювання

систем, заснованих на нечіткій логіці. Функції призначені для багатьох загальних методів, в тому числі нечіткої кластеризації та адаптивного neurofuzzy навчання.

Toolbox дозволяє моделювати складні поведінки системи за допомогою простих правил логіки, а потім реалізувати ці правила в системі нечіткого виводу. Ви можете використовувати його як автономний двигун нечітких висновків. Крім того, ви можете використовувати нечіткі блоків виводу в Simulink моделювання та нечітких систем в рамках комплексної моделі всієї динамічної системи.

Fuzzy Logic Toolbox для Matlab є оптимальним вибором для моделювання системи складського обслуговування логістичного розподільчого центру.

Модель, яка була описана у пункті 3.2, була реалізована за допомогою програмного забезпечення Matlab. Результати представлені на рисунках 3.6 - 3.8.

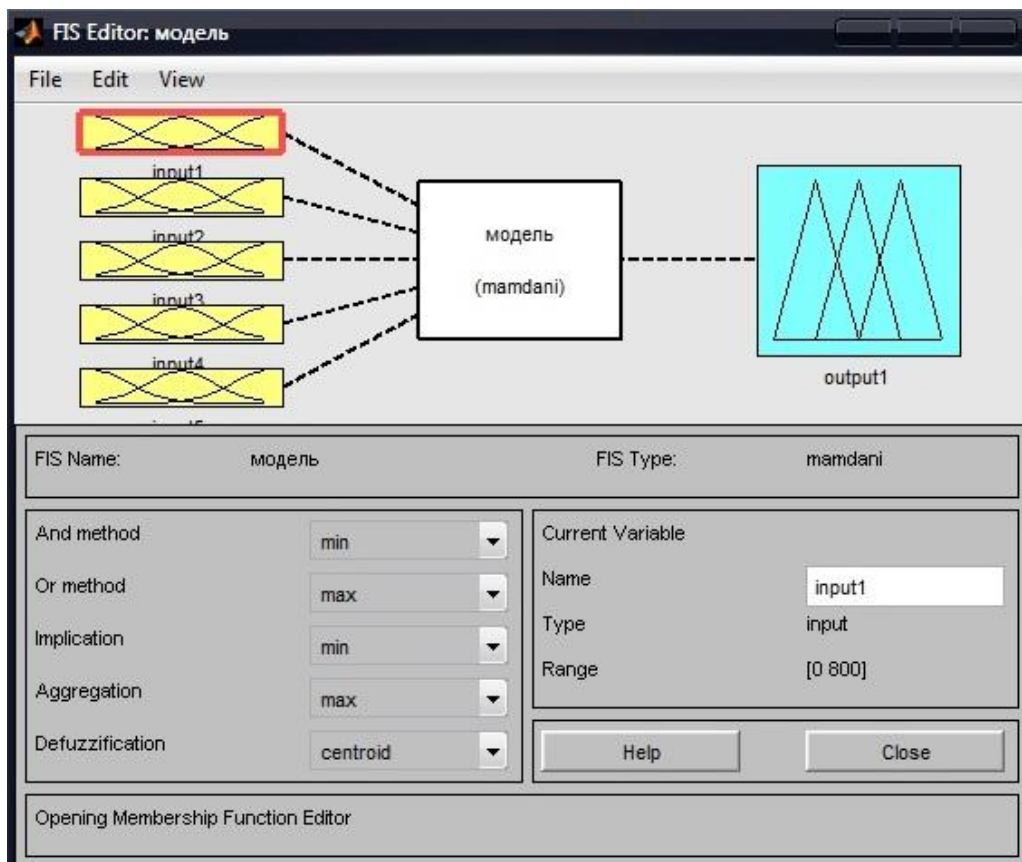


Рисунок 3.6. Схема нечіткої моделі у Matlab.



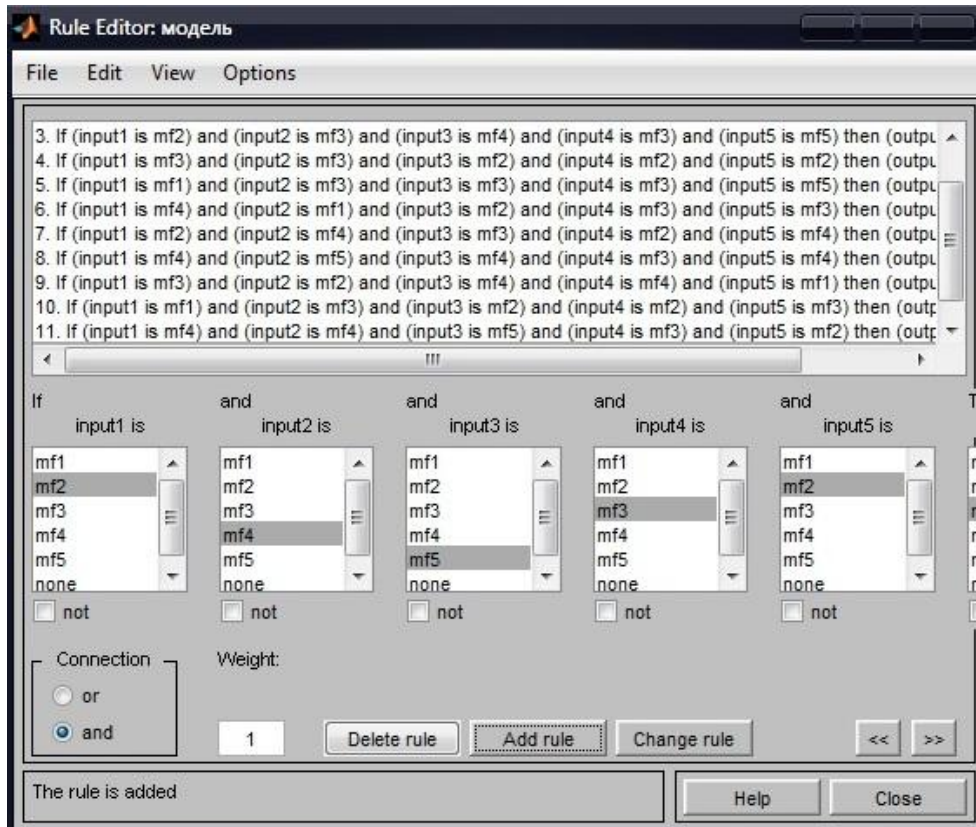


Рисунок 3.7. Продукційні правила

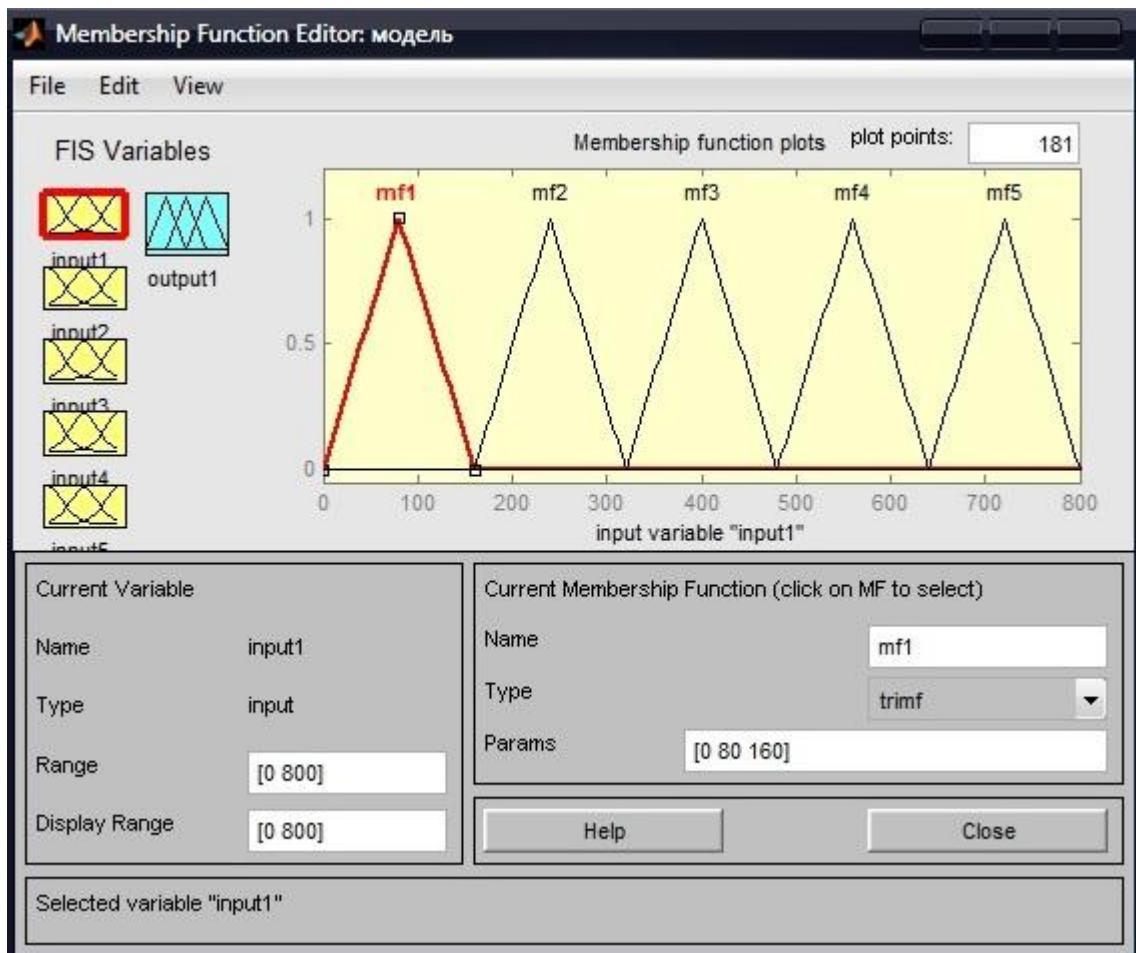


Рисунок 3.8. Вхідні і вихідні змінні.

### Самонавчання систем

Здатною до навчання є система, здатна отримувати інформацію про закономірності зовнішнього середовища і власній поведінці від зовнішнього джерела (вчителя) і використовувати її надалі функціонуванні.

Отримання навченою системою високоякісної інформації (у формі закономірностей або знань) ззовні (від системи-вчителя) є дуже потужним засобом еволюції та адаптації систем. При цьому вчитель може одночасно навчати кілька систем або навчати системи приблизно одного й того ж в різний час (наприклад, навчання дітей батьками), що сприяє формуванню колективу (популяції) систем з високим ступенем подібності організації та поведінки.

Однак при всьому подібі умов існування і організації систем кожна з них «проживає» власну унікальну життя, а надійне і ефективне існування в

індивідуальних умовах можуть забезпечити тільки власні унікальні знання, звані індивідуальним досвідом системи.

Самонавчання - це процес виявлення різних закономірностей та формування цілісної, щодо несуперечливої емпіричної моделі знань про зовнішнє середовище і про себе, що становить індивідуальний досвід системи.

Здатною до самонавчання є система, здатна самостійно виявляти закономірності поведінки зовнішнього середовища і власної організації (поведінки) і формувати на їх основі власну унікальну систему знань, яка може використовуватися в подальшому функціонуванні системи.

Самонавчання є потужним механізмом адаптації та оптимізації систем, а, найголовніше, воно є першим кроком формування активності систем.

Під активністю будемо розуміти діяльність системи, здійснювану їй на основі власних потреб, а не під впливом зовнішнього середовища.

Тому, якщо система здатна не тільки формувати власну емпіричну систему знань, але і використовувати її у своєму функціонуванні, то такі системи здатні стати інтенсивними і існувати в обмеженому обсязі.

Якщо  $Y$  в нашому випадку нечітка змінна, яка вимірює значення часу виконання складських операцій, а  $X_i (i = \overline{1, n})$  детерміновані значення параметрів вхідних змінних, то математична залежність між ними формується нечітким рівнянням регресії, параметри якого невідомі:

$$\tilde{Y} = \tilde{f}(X_1, \dots, X_n), \quad (3.7)$$

де  $\sim$  оператор нечіткості.

В результаті практичної експлуатації відбувається накопичення статистичних даних виконання логістичних операцій, які стають основою вирішення задачі ідентифікації, яка складає сутність процедури "самонавчання" нашої моделі.

При цьому сама ідентифікація має наступні етапи:

1. вибір функції наступного вигляду, який полягає у виборі форми регресійного рівняння (лінійна, логарифмічна та інші):

$$\hat{Y} = f(X_1, \dots, X_n, \tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n) = \sum_{j=0}^n \tilde{a}_j X_j, \quad (3.8)$$

2. визначення оцінки її параметрів за критерієм мінімізації квадрату відхилень значень часу операцій від статистичних значень наступного вигляду:

$$\tilde{J} = \mathbf{U}_{i=1, n} (\tilde{Y}_i - \hat{Y}_i)^2 \text{ ® } \min \quad (3.9)$$

Якщо визначити  $\mathbf{a}$  - рівні множин коефіцієнтів регресійних рівнянь, які пов'язують між собою фактори, то вирішення поставленої задачі фактично полягає у створенні відповідних регресійних

Подальше вирішення поставленої задачі може бути зроблено за рахунок статистичних даних, які дозволяють:

- по-перше, визначити окремі  $\mathbf{a}$  - рівні множин коефіцієнтів регресійних рівнянь;
- по-друге, створити на статистичних даних цих  $\mathbf{a}$  - рівнів відповідні регресійні залежності.

Це фактично значить, що для оцінки коефіцієнтів  $\tilde{\mathbf{a}}_1, \dots, \tilde{\mathbf{a}}_n$  необхідно визначити такі коефіцієнти  $\mathbf{a}_1^{a_1}, \dots, \mathbf{a}_n^{a_n}$  на кожному рівні  $\mathbf{a}_j$ , які задовільняють умові:

$$\tilde{J} = \sum_{i=1}^n \tilde{\mathbf{a}}_j^{a_j} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \text{ ® } \min, \quad (3.10)$$

де  $j$  дорівнює кількості рівнів оцінки, а  $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$  це сума квадратів відхилень статистичного та розрахункового.

### 3.4 Висновки

Для моделювання складської функції логістичного центру формалізовано процес обробки тарно-штучних вантажів за допомогою електронавантажувачів на основі моделі нечіткої логіки Мамдані. Визначені інтервали для вхідних змінних, побудовані функції належності та параметри моделювання.

Побудована модель реалізована в програмному середовищі Matlab, що дозволяє в режимі реального часу планувати роботу складу в залежності від вхідного вантажопотоку та умов, що в даний момент склалися на складі (кількість вільних вантажних місць, навантажувачів тощо).

Описаний математичний метод процесу "самонавчання" моделі, визначені його основні етапи.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведеної роботи обрані методи математичного моделювання. побудована модель для оптимального розташування логістичного центру, обрана оптимальна технологія обробки вантажу на складі. Виконане дослідження дає можливість зробити такі висновки:

На основі аналізу математичних методів та моделей розташування та функціонування логістичних центрів визначено, що існуючі методи не дозволяють врахувати динаміку, стохастичний характер та нестационарність вантажопотоку, що поступає в логістичні центри, а також вплив імовірних факторів, що впливають на вантажопотік, оскільки нові економічні відносини між суб'єктами господарювання та характер ринкової економіки важко врахувати при моделюванні за допомогою існуючих математичних методів формалізації систем та процесів.

Аналіз новітніх методів показав, що доцільно застосувати теорію нечітких множин для визначення параметрів складської системи в логістичних центрах та формалізації процесів обробки вантажів.

Для визначення місця розташування логістичного центру обрана модель Сааті на основі нечіткої логіки, яка реалізована для визначення місця розташування регіонального логістичного центру в Херсонській області.

Для моделювання складської функції логістичного центру формалізовано процес обробки тарно-штучних вантажів за допомогою електронавантажувачів на основі моделі нечіткої логіки Мамдані. Визначені інтервали для вхідних змінних, побудовані функції належності та параметри моделювання.

Побудована модель реалізована в програмному середовищі Matlab, що дозволяє в режимі реального часу планувати роботу складу в залежності від вхідного вантажопотоку та умов, що в даний момент склалися на складі (кількість вільних вантажних місць, навантажувачів тощо).

Описаний математичний метод процесу "самонавчання" моделі,  
визначені його основні етапи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Zadeh L. A. Fuzzy sets // Inf. Contr. 1965. N8.
2. Zadeh L. A. Fuzzy orderings // Inf. Sci. 1971. N3.
3. Zadeh L. A. Shadows of fuzzy sets // Prob. in Trans, of Informat. 1966. N 2.
4. Шапиро Д. И. Принятие решений в системах организационного управления: использование расплывчатых категорий. М.: Энергоатомиздат, 1983.
5. Управление производством при нечеткой исходной информации / Р. А. Алиев, А. Э. Церковный, Г. А. Мамедова.— М.: Энергоатомиздат, 1991.— 240 с: ил.
6. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. 288 ст., ил.
7. Церковный А. Э. Развитие некоторых аспектов нечеткого условного вывода в многозначных логиках // Деп. в АзНИИТИ, № 275—Д84. 1984.
8. Mamdani E. H. Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic systems // IEEE Trans. Comput. C-26. 1977.
9. 29. Алиев Р. А. Теоретические аспекты построения размытых систем управления // Изв. вузов СССР. Нефть и газ, 1981. №9.
10. Bellman R., Zadeh L. A. Decision making in a fuzzy environment // Man. Sci. 1970. Vol. 17 B (4).
11. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной // А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, О. А. Крумберг и др. Рига: Зинатне, 1982.
12. Mamdani E. H., Assiliani S. An Experiments in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller//Int. J. Man-Mach. Studies. 1975. N7.
13. Острем К. Ю. Введение в стохастическую теорию управления. М.: Мир, 1973.
14. Kickert W. J., Mamdani E. H. Analysis of fuzzy logic controllers // Fuzzy Sets and Systems. 1978. N 1.

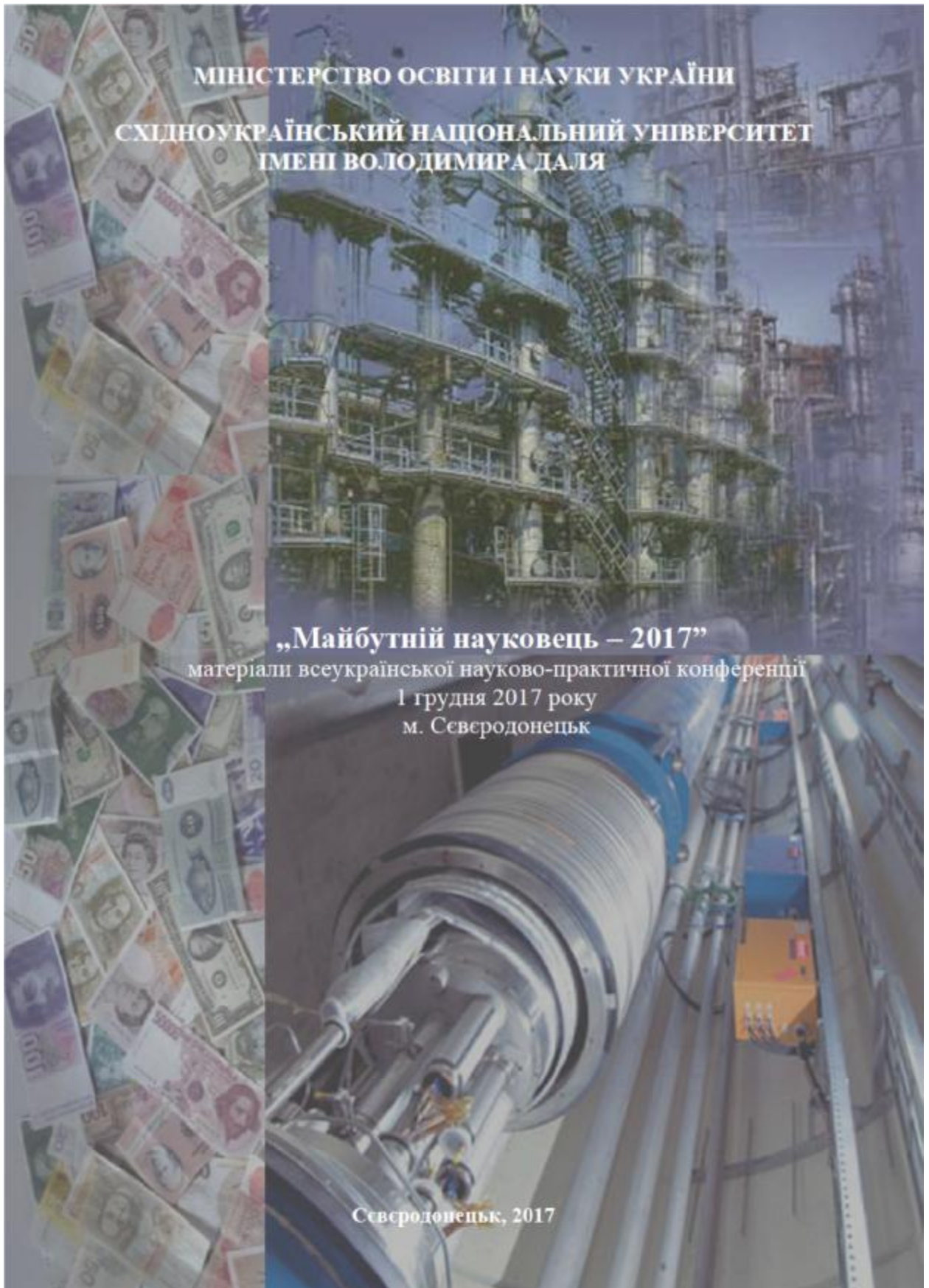


15. Ежкова И. В., Поспелов Д. А. Принятие решений при нечетких основаниях. 1. Универсальная шкала // Изв. АН СССР Техн. Кибернетика. 1977. №5.
16. King P. J., Mamdani E. H. The application of fuzzy control systems to industrial process//Automatica. 1977. N13. P. 235—242.
17. Алиев Р. А., Уланов Г. М., Церковный А. Э. Некоторые аспекты принятия решений в интеллектуальных роботах ,// Управление при наличии расплывчатых категорий: Тез. докл. VII научно-техн. семина. Пермь: НИИУМС, 1985.
18. Ежкова И. В., Поспелов Д. А. Принятие решений при нечетких основаниях. II. Схема вывода // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. 1978. № 2.
19. Mamdani E. H. Advances in the Linguistic Synthesis of Fuzzy Controllers // Int. J. Man-Mach. Stud. 1976. Vol. 8.
20. Mamdani E. H. Rule-based Fuzzy Approach to the Control of Dynamic Processes//IEEE Trans, on Comput. 1981. N12.
21. Negoita C, Ralescu D. A. Application of Fuzzy Sets to Systems Analysis. 1975.
22. ru.wikipedia.org
23. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. - Влияние методов дефаззификации на скорость настройки нечеткой модели // Кибернетика и системный анализ. — 2002. - №5.
24. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2001. -№3.
25. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Проектирование нечетких баз знаний: лабораторный практикум и курсовое проектирование: Учебное пособие. - Винница: Винницкий государственный технический университет, 1999.-65 с. (На укр. языке).
26. Саати Т.Л. Взаимодействие в иерархических системах // Техническая кибернетика. - 1979.-№1.-С. 68-84.
27. Кириченко А. В. Введения в транспортну логістику / А. В. Кириченко, А. Л. Кузнецов, О. А. Ражев [и др.]. - СПб .: ГУАП, 2011. - 228 с.

28. Кічка О.І. Удосконалення роботи прикордонного логістичного терміналу на базі імітаційного моделювання.: Вісник СХУ ім. Володимира Даля / Нечаєв Г.І. – Луганськ .: 2012. - 6 с.
29. Кобелєв Н.Б. Імітаційне моделювання об'єктів з хаотичними факторами: Навчальний посібник / Кобелєв Н.Б. - М .: КУРС, НДЦ ИНФРА-М, 2016. - 192 с.
30. Крістофер М. Логістика та управління ланцюгами поставок / За заг. ред. В.С. Лукинський. - СПб .: Пітер, 2004. - 316 с.
31. Кічка О.І. Вирішення проблеми розташування розподільчого центру за допомогою моделі нечіткої логіки Вісник СХУ імені Володимира Даля №4,ч1, 2010 .-с.66-70.
32. Кічка О.І. Прогнозирование параметров основных грузопотоков в региональной логистической системе Міжнародна науково-технічна конференція кафедр академії, інженерно-технічних працівників залізниць, підприємств та організацій України та інших країн, 21-23 квітня 2010р. Харків
33. Кічка О.І. Моделювання поведінки транспортно-складської системи Вісник СХУ імені Володимира Даля -№ 6 (177) –Ч.І - Луганськ 2012. с.312-315
33. Сачко М.В., Кічка Е.І. Обоснование создания и организация функционирования транспортно-логистических центров в Луганской области //«ЛОГІСТИКА ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ» Збірник наукових праць за матеріалами четвертої Міжнародної НПК 23-25 квітня 2012 року .- Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2012. – с. 52-54
34. О.І. Кічка Управління транспортними потоками в регіональній логістичній системі в умовах невизначеності та нечіткості інформації /Збірник наукових праць Науково-практична конференція Академії внутрішніх військ МВС України. 23 листопада 2012 року м. Харків. 2012. – 91-93с.

35. Кічкіна О.І. Формування функціональної структури регіональних логістичних центрів // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики», м. Євпаторія, 14-16 травня 2013 року: збірник наукових праць /Міністерство освіти і науки України, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля [та інш.]. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2013. –с.100-102
36. Кічкіна О.І., Кічкіна Є.О. Моделювання складських процесів на базі нечіткої логіки / Вісник СНУ імені Володимира Даля -№ 5 (194)-ч. 2 - Луганськ 2013.с. 151-156
37. Кічкіна О.І. Нечітка експертна система управління навантажно-розвантажувальним комплексом на складі розподільчого логістичного центру / Збірник тез науково-практичної конференції студентів та молодих вчених "Логістичне управління та безпека руху на транспорті" 4-6 листопада 2014р.м. Северодонецьк / Міністерство освіти і науки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля - Луганськ СНУ ім. В.Даля, 2014. - с.44-47 - Режим доступу до журн.: <http://til.ucoz.ua/>
38. Кічкіна О.І. Вплив транспортно-складського процесу на функціонування логістичних систем / Збірник тез науково-практичної конференції студентів та молодих вчених "Логістичне управління та безпека руху на транспорті" 4-8 травня 2014р.м. Лозова, Северодонецьк, Видавництво СНУ ім. В.Даля.2015.- с.20-22
39. Кравцов О.О. кер. Кічкіна О.І. Рішення задачі розміщення логістичного центру із застосуванням нечіткої логіки /Майбутній науковець – 2017 : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. 1 груд. 2017 р., м. Северодонецьк: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2017. – с. 363-365
40. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи з дисципліни «Науково-дослідна робота студентів» (для студентів (магістрів) всіх форм навчання спеціальності 8.07010101 (275) «Транспортні системи») / Укладачі О.І.Кічкіна, А.В. Кічкін– Северодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 25с.

41 Методичні рекомендації «Вимоги до магістерської роботи» (для студентів (магістрів) всіх форм навчання спеціальності 8.07010101 (275) «Транспортні системи») / Укладачі О.І.Кічка, А.В. Кічкін– Сєверодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 12с.



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**„Майбутній науковець – 2017”**  
матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції  
1 грудня 2017 року  
м. Сєвєродонецьк

Сєвєродонецьк, 2017

Майбутній науковець – 2017 : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. 1 груд. 2017 р., м. Сєверодонецьк. / укладач В. Ю. Тарасов – Сєверодонецьк : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2017. – 774 с.

*Редакційна колегія:*

директор інституту економіки і управління к.е.н., доц. **Галгаш Р.А.**;  
в.о. голови Студентської Ради СНУ ім В. Даля **Какауліна Г.Є.**;  
декан факультету інженерії, к.т.н., доц. **Кудрявцев С.О.**;  
декан факультету інформаційних технологій та електроніки, к.т.н., доц. **Митрохін С.О.**;  
заст. декана факультету інженерії, к.т.н. доц. **Тарасов В.Ю.**

® СНУ ім. В.Даля

## ЗМІСТ

Стрілець А.С., Бут К.В. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОЗЧИНЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КАРБАМІДУ-АМІАЧНИХ СУМІШЕЙ. ....	17
Кукота О., Петренко О. ВПЛИВ рН НА ШВИДКІСТЬ ОСАДЖЕННЯ КАЛЬЦІЙ КАРБОНАТУ .....	19
Яценко І.П., Суворін О.В., Доценко А.Д. ТЕРМОДИНАМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ СО <sub>2</sub> ВІД ПАЛЬНИХ ДОМШОК У ВИРОБНИЦТВІ КАРБАМІДУ .....	20
Люта Ю.В. ФОСФОРНАКОПИЧУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ <i>N. OFFICINALE</i> .....	21
Ничик Н.О., Труш Я.В. СИНТЕЗ ТА РЕАКЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ПРОДУКТІВ 1,8-ПРИЄДНАННЯ ДО АРЕНАЛАЗИНІВ ХІНОНІВ .....	22
Шакуп А.С. ИНГИБИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ МЕДИ .....	24
Прилипка І.О. ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЗА РАХУНОК ХІМІЧНОЇ ПАСИВАЦІЇ .....	26
Лутовської А.І. ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ ПАРОВОЮ КОНВЕРСІЄЮ КАМ'ЯНОГО ВУГЛЛЯ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ .....	28
Богачов В.В. ВПЛИВ КАТАЛІЗАТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФІЗИКО-ХІМІЧНОЇ ОЧИСТКИ ПРОМІСЛОВИХ СТОКІВ. ....	30
Гоков О. М., Лубінець О. Р. ПРО ДЕЯКІ ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРИ В РАЙОНАХ ВЕЛИКИХ ПОЖЕЖ І АТМОСФЕРНО-ІОНОСФЕРНУ ВЗАЄМОДІЮ .....	31
Бондарук С. В., Бондарчук В. І., Кернер А. О. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВМІСТУ ВІТАМІНУ С У СВІЖИХ ТА ТЕРМІЧНО ОБРОБЛЕНИХ ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ .....	34
Зубкович І.В., Портюх Т.І. ОЦІНКА ВІНОСУ БІОГЕННИХ РЕЧОВИН З ҐРУНТІВ ВОДОЗБОРУ ОЗ. ОСТРІВСЬКЕ (ВОЛИНСЬКЕ ПОЛІССЯ).....	37
Косяк Д.Б. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ БУДІВНИЦТВА КАСКАДУ ГЕС НА ДНІСТРІ.....	39
Калашніков О. І. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА СКЛАДУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	41
Данельська А.С., Карлаш В.І., Іванченко А.В. ГЛАУКОНІТ ЯК ВАЖЛИВА РЕЧОВИНА У ХІМІЧНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ .....	42
Карлаш В.І., Данельська А.С., Іванченко А.В. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КИСЛОТНО АКТИВОВАНИХ АДСОРБЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД.....	43
Кашев І.О. РЕКОМБІНАНТНІ АКТИВАТОРИ ПЛАЗМНОГЕНУ ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ ЛІКАРСЬКІ ЗАСОБИ У ТРОМБОЛІТИЧНІЙ ТЕРАПІЇ .....	44
Коробка Ю. В. ВИЗНАЧЕННЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ У ЗРАЗКАХ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ВІТЧИЗНЯНИХ ВИРОБНИКІВ МЕТОДОМ ЯМР <sup>1</sup> H СПЕКТРОСКОПІЇ.....	46
Чоботар В.В. ОЦІНКА ЕМБРІОТОКСИЧНОСТІ НАНОАКВАЦІТРАТІВ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ. ....	48
Чоботар В.В. ОЦІНКА ТОКСИЧНОСТІ ПОЛІМЕР/СРІБНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ БІОСЕНСОРУ <i>SPIROSTOMUM AMBIGUA</i> .....	49
Кузьміна І.С. ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДИКИ БІОТЕСТУВАННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ХРОНІЧНОЇ ТОКСИЧНОСТІ НА РАКОПОДІБНИХ <i>SERIODARHIA AFFINIS LILLJEBORG</i> .....	50
Троїцька В.О. ПОГРІШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ В УКРАЇНІ ВНАСЛІДОК ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ.....	51
Лебедєв Є.О. ДИНАМІКА ТА ПРИЧИНИ ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ФОРМАЛЬДЕГІДУ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ М. КИЇВ.....	54
Луцай Д.А., Кондрашевська К.Р., Петренко Н.М. РОЛЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>ACINETOBACTER CALCOACETICUS</i> ІМВ В-7241, <i>RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS</i> ІМВ АС-5017, <i>NOCARDIA VACCINII</i> ІМВ В-7405 У РУЙНУВАННІ БІОПЛІВОК .....	56



<b>Литовка Т.В., Савченко Д.К.</b> , ВДОСКОНАЛЕНИЙ СПОСІБ МАСКУВАННЯ ЛІНІЙНОГО КОДУ В ВОЛЗ.....	327
<b>Rozum M.I.</b> TECHNOLOGICAL ADVANCES IN COMPUTER TECHNOLOGY .....	329
<b>Оридорога А.О.</b> ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКИ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ .....	330
<b>Лифарев А.О., Сафонова С.О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ В ЗАДАЧАХ КЕРУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ.....	333
<b>Степчук Я.І., Кавун Д.Ю., Ткаченко М.К.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОМЕХАНІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ ПРИВОДІВ.....	335
<b>Конев В.В., Скиданенко Д.В.</b> БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ІСНУВАННЯ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА СХОДІ УКРАЇНИ.....	336
<b>Христенко А.П., Грубнікової А. Є.</b> ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА І ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ.....	338
<b>Клунко А.І.</b> ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ .....	339
<b>Малікова Ю. В.</b> БІОТЕСТУВАННЯ АКТИВНОГО МУЛУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД.....	341
<b>Бауков Є. Г.</b> ОСОБЛИВОСТІ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД УЛЬТРАФІОЛЕТОМ ПІСЛЯ ПОВНОЇ БІОХІМІЧНОЇ ОЧИСТКИ.....	343
<b>Мацюк В.Р.</b> АНАЛІЗ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ІВАНО- ФРАНКІВСЬКА НА ПРИКЛАДІ РОДИНИ POPULUS.....	345
<b>Кришталь Є.Ю., Сідоровський С.А.</b> , РІДКІСНІ ВИДИ РАКОПОДІБНИХ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	346
<b>Ростопшина Є.Ю.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ РОЗЧИНУ НІТРАТУ НІКЕЛЮ.....	348
<b>Трус І.М.</b> ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ШАХТНИХ ВОД НА ДОВКІЛЛЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ЗНЕСОЛЕННЯ.....	349
<b>Корня Н.В.</b> ПРОЦЕС СТАНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЛІЗИНГУ В УКРАЇНІ.....	351
<b>Левчук Т.А.</b> ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	353
<b>Моторін Є. О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ДЕРЖАВНИХ БІБЛІОТЕКАХ .....	355
<b>Назаренко О.В., Іванченко А.В.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ТОРФУ В ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ФОСФАТІВ .....	358
<b>Остапенко Д.Ю.</b> ОТРИМАННЯ МЕТАНОЛУ ІЗ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ.....	359
<b>Запорожець Ю.А.</b> ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ МІГРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В ҐРУНТІ.....	361
<b>Кравцов О.О.</b> РІШЕННЯ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ .....	363
<b>Мігранова В.О.</b> ВПРОВАДЖЕННЯ І РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО АУДИТУ В УКРАЇНІ.....	365
<b>Кончик І. Л., Сафонова С.О.</b> МАТЕМАТИЧНІ АСПЕКТИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНИТОРИНГУ.....	367
<b>Kulykivskiy I. M.</b> TOOLS FOR COMPLEX CYBERATTACK ANALYSIS .....	369
<b>Одарчук А.В.</b> ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНИТОРИНГ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ.....	370
<b>Ніколайчук Ю.В.</b> ЗВ'ЯЗОК ТЕМПЕРАТУРИ ЗАЙМАННЯ ВУГІЛЛЯ З ПОКАЗНИКАМИ СКЛАДУ, БУДОВИ ТА ЯКОСТІ.....	372
<b>Кудрявцева Я. А</b> ОБЗОР СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ.....	373

1. Бойко, Т. В. Математичне моделювання міграції забруднюючих величин у ґрунтах [Текст] / Т. В. Бойко, А.О. Абрамова, Ю. А. Запорожець // Східно-європейський журнал передових технологій, Харків, 2013, №6/4 (66) – С. 14-16.

### РІШЕННЯ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Кравцов О.О. гр. ТС-163м

Кічка О.І. к.т.н., доц.

*Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля*

Важливим питанням, що виникає при плануванні логістичного центру, є вибір його місцезнаходження. Згідно традиційної класифікації, розробленою Едгардом Гувером, існує три принципові стратегії розташування розподільних складів: поблизу ринків збуту, поблизу виробництва або проміжне розташування.

Кількість, потужність, розташування і функції розподільних центрів залежать від розмірів матеріальних потоків, стратегії і фінансового стану підприємства, яке проектує мережу розподільних центрів. При цьому враховуються такі чинники: вартість транспортування, складські переробки вантажів, складування вантажів, оформлення замовлень і системи управління, рівень обслуговування клієнтів.

Найкращою товаропровідною мережею з розподільними центрами є мережа, яка забезпечує найвищий рівень обслуговування споживачів при мінімальних загальних витратах.

Відповідно до вибраної стратегії розташування товаропровідна мережа може бути організована як централізована структура (з єдиним великим розподільним центром) і децентралізована структура (з декількома розподільними центрами).

Виникає потреба знайти метод прийняття рішення про місце розташування розподільного центру, який би враховував як кількісні так і якісні чинники, був динамічний, що має можливість поповнюватися знаннями певної предметної області, а також незалежним від особистих уподобань окремих експертів. Таким засобом є експертні системи – складні програмні комплекси, що акумулюють знання спеціалістів у конкретних галузях для видачі рекомендацій в процесі прийняття рішень. Такі системи засновані на накопичуванні формалізованих знань та моделюванні процесу експертизи. У формалізації знань доцільно використовувати теорію нечітких множин, що дозволяє формалізувати не тільки кількісні але і якісні чинники, пов'язані з лінгвістичною невизначеністю [1]. Для переходу від якісної форми опису до форми зручної для роботи необхідно побудувати відображення у виді функцій належності.

Існує декілька методів побудови функцій належності. Найбільшого розповсюдження набув метод попарних порівнянь Сааті.

Цей метод засновується на попарному порівнянні об'єктів за шкалою відносної важливості об'єктів Сааті. Складність методу Сааті зумовлена необхідністю розрахунку власного вектора матриці попарних порівнянь, для спрощення Сааті запропонував індекс узгодженості.

Алгоритм побудови функції належності:

- збір суджень експертів щодо ступеню переваги об'єктів за певними лінгвістичними чинниками;
- побудова матриці попарних порівнянь;
- знаходження власного вектора матриці попарних порівнянь;
- порівнянь, що відповідає найбільшому власному числу цієї матриці;

– ранжування об'єктів за правилом чим більше ранг об'єкту, тим більша міра належності;

– перевірка валідності експертних суджень відносно індексу узгодженості.

Для задачі вибору місця розташування розподільчого центру цей алгоритм здійснюється таким чином. Припустимо, що оцінювання місця розташування здійснюється за деякими факторами, які представляють як лінгвістичні терми [2]. Для кожного лінгвістичного терма  $S$  за допомогою сукупності відповідних пар створюється нечітка множина, для формалізації цього терма: [3].

$$\bar{S} = \left\{ \frac{\mu_S(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_S(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_S(u_n)}{u_n} \right\},$$

Де  $S$  – певна властивість об'єкту (лінгвістичний терм);

$\bar{S}$  – нечітка множина;

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  – універсальна множина, на якій задають нечітку множину  $\bar{S} \subset U$ ;

$\mu_S(u_i)$  – міра належності елементів  $u_i$  з універсальної множини  $U$  нечіткій множині  $\bar{S}$ .

В магістерській роботі необхідно обрати місце розташування розподільчого центру за такими умовами. Об'єкт 1 знаходиться близько до залізничної станції і поміщення для оренди задовольняє вимогам за умовою переобладнання. Об'єкт 2 знаходиться трохи далі від залізничної станції, але є привабливим з точки зору розташування відносно клієнтів. Об'єкт 3 приваблює порівняно низькою вартістю оренди і зацікавленістю міської ради в наданні можливості місцевому населенню нових робочих місць, знаходиться ближче до залізничної станції ніж об'єкт 2.

Відносно таблиці попарних порівнянь Сааті маємо:

$\langle 1:2 \rangle = 3$ , що означає, що об'єкт 1 дешо краще ніж об'єкт 2;

$\langle 1:3 \rangle = 5$ , що означає, що об'єкт 1 краще ніж об'єкт 3;

$\langle 2:3 \rangle = 4$  – об'єкт 2 приваблює більше ніж об'єкт 4 за деякими чинниками, наприклад, наявність розвинутої дорожньої системи.

В роботі досліджуються міста, які знаходяться близько до точок, визначених методами розрахунку координат оптимального розташування логістичного центру з урахуванням потенційних вантажопотоків. Було обрано міста: Вознесенськ, Каховка, Херсон.

Критерії оцінки, для вибору місця знаходження логістичного центру:

1. Рівень розвитку міста;
2. Забезпеченість міста інформаційними ресурсами;
3. Можливість знайти кваліфіковані кадри на місці;
4. Міра розвитку транспортної мережі;
5. Видалення від оптимальної точки № 1;
6. Видалення від оптимальної точки № 2.

Була побудована матриця попарних порівнянь, обчислено показники відносної цінності об'єктів та вектор відносних цінностей – рангів. Відповідно алгоритму необхідно оцінити отриманий вектор за допомогою власного числа матриці порівнянь і індексу узгодженості  $I$ .

Отримане значення індексу не перевищує значення індексу узгодженості за таблицею Сааті, і складає приблизно 14,4% табличного. Отже можемо зробити висновок, що експертні висновки задовільні, а знайдений вектор відносних цінностей – рангів відображає реальну перевагу об'єктів. Отже, місцем розміщення логістично-розподільчого центру було обрано Херсон.

Література

1. Zadeh L. A. Fuzzy orderings // Inf. Sci. 1971. N3
2. Саати Т.Л. Взаимодействие в иерархических системах // Техническая кибернетика. - 1979.-№1.-С. 68-84.
3. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Проекування нечітких баз знань: лабораторний практикум і курсове проєкування: Навчальний посібник. - Вінниця: Вінницький державний технічний університет, 1999.-65 с.

## ВПРОВАДЖЕННЯ І РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО АУДИТУ В УКРАЇНІ

Мігранова В.О., група ЛЕ-51

Трус І.М., ст.векл., к.т.н.

*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

На даний час екологічний стан сучасного світу різко погіршується. Причини погіршення екологічного стану: забруднення вод, виснаження ґрунтів, зміна клімату, зменшення площі лісів, кислотні дощі. Для росту екологічної безпеки була спрямована процедура екологічного аудиту.

Екологічний аудит передбачає систематичну, зареєстровану, періодичну та об'єктивну оцінку того, як ефективно організоване підприємство виконує функції захисту навколишнього середовища, а саме: 1) посилення управління та контролю над діями, які спрямовані на навколишнє середовище; 2) оподаткування відповідно до вимог; оцінка діяльності підприємств (компаній) відповідно до нормативів та вимог. [1]

Сьогодні в Україні залишається невирішене питання про проведення перевірок діяльності виробничих об'єктів та окремих територій, щоб встановити відповідності їх стану вимогам безпеки, екологічного та природоохоронного законодавства. Виконання екологічного аудиту передбачає збір точної інформації про діяльність виробництва - об'єкта аудиту, та формування на основі аудиторського заключення про реальний екологічний стан, а також підготовку об'єктивних і обґрунтованих еколого-економічних рекомендацій і заходів на замовлення суб'єктів підприємницької діяльності щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення.

Необхідність проведення екологічного аудиту пов'язана з недостатньою кількістю достовірної інформації, яка стосується негативних наслідків діяльності суб'єктів господарювання на навколишнє природне середовище. Екологічний аудит прийнятий з 2004 р у зв'язку із виходом Закону України «Про екологічний аудит».

Важливі причини проведення екологічного аудиту: страхування (витрати на усунення наслідків забруднення середовища шкідливими речовинами), суперництво на ринку (якщо товари екологічно чисті, то через це зростає попит на товари), законодавство (дозвіл на використання забруднюючих матеріалів).

Моніторинг удосконалення еколого-аудиторської діяльності за час дії Закону встановив, що важлива задача полягає у підвищенні якості організаційних, нормативно-правових та економічних механізмів гарантування розвитку робіт, що пов'язані з екологічним аудитом. Стаття 12 вищевказаного Закону вказує на сфери і обставини, за яких певні об'єкти піддаються екоаудиту в обов'язковому порядку. Перший досвід реалізації Закону дає підстави для висновку про те, що сфери застосування обов'язкового екологічного аудиту не є вичерпними. Не варто обмежувати обов'язковий екоаудит лише об'єктами високої екологічної небезпеки. Він повинен охоплювати також й інші об'єкти, за у разі приписів уповноважених органів виконавчої влади у разі виникнення спірних ситуацій в процесі контрольно-наглядової діяльності чи в інших випадках. Підприємство має розробити індивідуальну програму аудиту, виходячи із специфіки діяльності. При розробці цієї програми необхідно враховувати важливість виробничих процесів підприємства для екології та результати попередніх аудитів. Вибір аудиторів та проведення самого аудиту має