

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему:

**«Інтелектуальний модуль автоматизованого
постачання веб-магазину»**

Виконав ст. гр. 2КН-16м
Шарай В.Є.

Науковий керівник: к.т.н., доц.
Сілагін О. В.

Актуальність

Сучасні підприємці здійснюють діяльність в складних умовах, які характеризуються високим рівнем залежності від енергоносіїв, дефіцитом оборотних коштів, обмеженістю бюджетних коштів, які можуть бути виділені для стимулювання підприємницької діяльності, обмеженості та необхідності раціонального використання ресурсів. Сьогодні все частіше проявляється усвідомлена необхідність автоматизації форм продажу

Щоб надати бізнесу оптимальну підтримку на забезпечити швидку реакцію на зміни ринку, необхідна потужна, гнучка і відкрита інфраструктура інформаційних технологій, яка б стала одним з етапів розвитку та вдосконалення підприємства, яка б використовувалась в процесі планування його діяльності.

Частиною таких технологій і є пропонуєма Інформаційна технологія автоматизованого управління запасами у веб-торгівлі

Основні задачі дослідження

Мета та завдання дослідження. Мета дослідження – розширення функціональних можливостей інформаційної технології управління запасами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати існуючі технології, методи і моделі управління запасами та прогнозування і вибрати найбільш ефективні;
- формалізувати задачу прогнозування попиту в торгівлі із застосуванням апарату нечіткої логіки;
- розробити спеціалізовану математичну модель інформаційної технології управління запасами, яка, на відміну від існуючих, базується на автоматизованому прогнозуванні попиту;
- доопрацювати інтелектуальну технологію прогнозування дискретних послідовностей з врахуванням специфіки задачі прогнозування попиту;
- розробити алгоритми роботи програмного забезпечення для управління запасами веб-магазину;
- спроектувати та реалізувати програмне забезпечення для нової технології;
- розробити економічну частину.

- **Об'єкт дослідження** – це процеси інформаційної технології управління запасами.
- **Предмет дослідження** – математичні моделі, алгоритми та програмні засоби для управління запасами.
- **Методи дослідження.** У роботі використані наступні методи наукових досліджень: системного аналізу для аналізу структури інформаційної системи, теорію нечітких множин (нечіткі рівняння, нечітка логіка), продукційна база знань, нечітке логічне виведення для реалізації інформаційної технології управління запасами, методи математичної статистики для моделювання процесу прогнозування попиту, об'єктно-орієнтованого програмування для автоматизації розрахунків

Наукова новизна одержаних результатів

полягає в наступному:

- розроблена нова інформаційна технологія управління запасами, що базується на поєднанні процесів управління запасами за моделями Вілсона – Таха з автоматизованим прогнозуванням попиту на основі нечіткого логічного виводу;
- удосконалено експертно-статистичний метод прогнозування за рахунок введення нечітких логічних термів та використання в ньому механізму нечіткого логічного виводу .
- інтелектуальна технології прогнозування дискретних послідовностей на основі апарату нечіткої логіки вперше формалізована для задачі прогнозування попиту

Практичне значення одержаних результатів

полягає у наступному:

- розроблено алгоритми, що реалізують нову інформаційної технології управління запасами;
- розроблено алгоритм налаштування функцій належності;
- реалізовано експериментальний програмний засіб.
- Розроблені алгоритми можуть бути впроваджені в початковий процес у якості лекції на тему «Застосування апарату нечітких множин до задачі прогнозування попиту» дисциплін «Методи та засоби штучного інтелекту» та «Основи науково-дослідної роботи»

Особистий внесок магістранта.

Усі результати отримано автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві, магістранту належать:

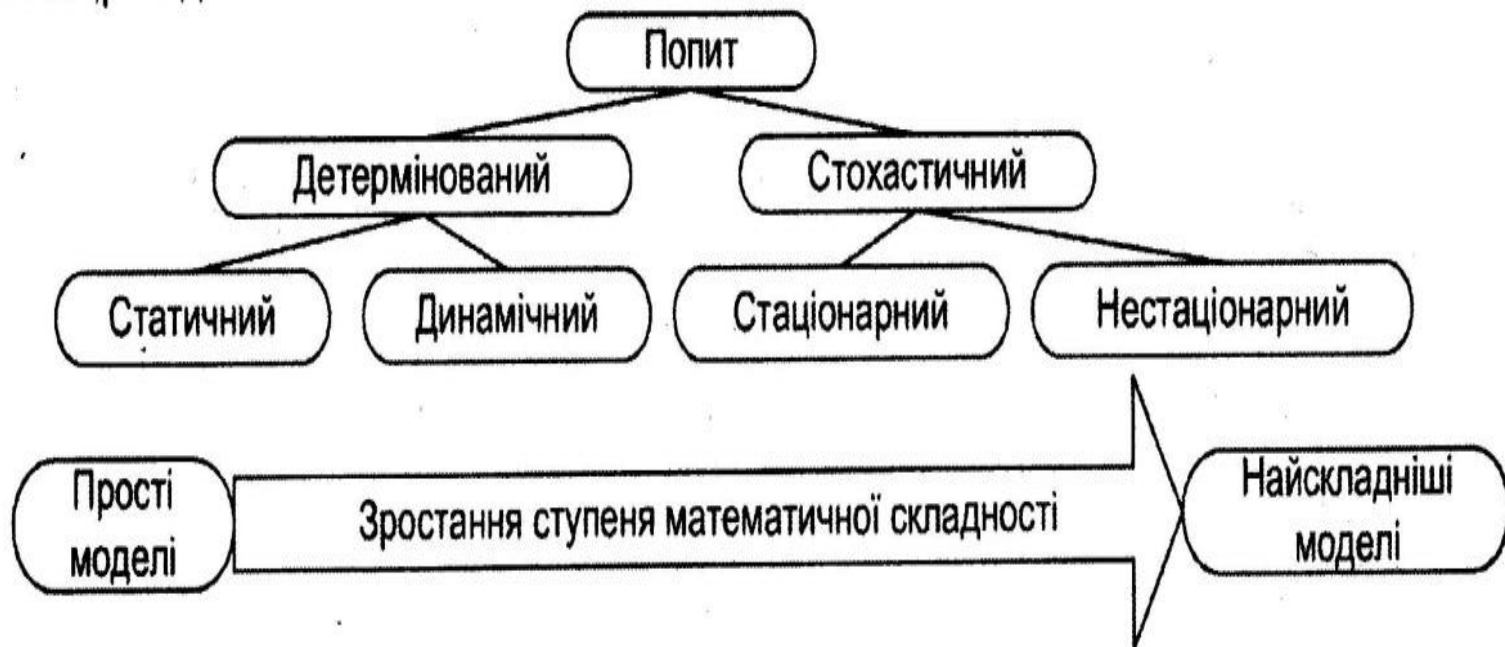
- [1] – формалізація задачі та доопрацьована інтелектуальна технологія прогнозування дискретних послідовностей на основі апарату нечіткої логіки;
- [2] - удосконалений експертно-статистичний метод прогнозування за рахунок введення нечітких логічних термів та використання в ньому механізму нечіткого логічного виводу;

Апробація результатів роботи. Результати досліджень апробовано в доповіді на міжнародній науково-практичній конференції «ІТІ-2017», та щорічній регіональній науково-практичній конференції «ВНТУ-2016»

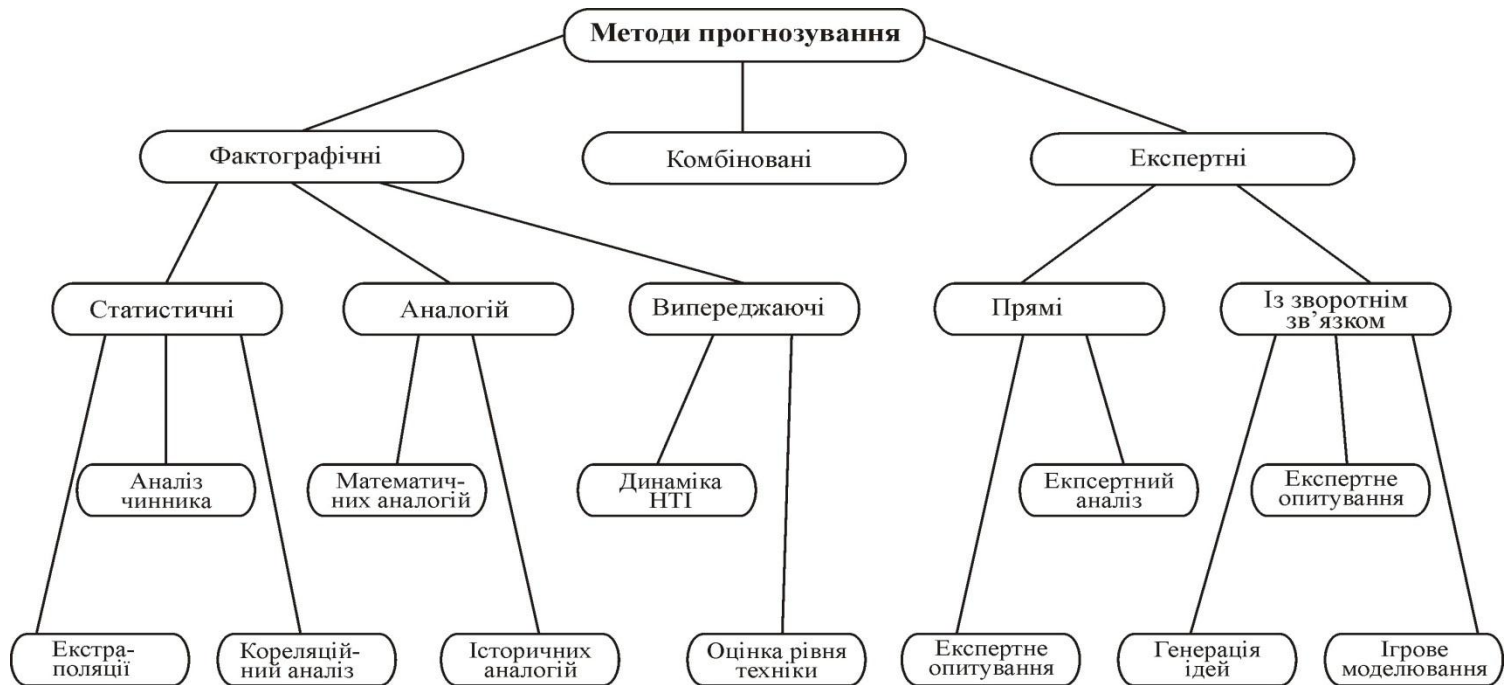
Публікації. За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано тези доповіді Регіональної конференції ФІТКІ ВНТУ [1], і матеріали доповіді в збірнику праць МНТК «ІТІ-2017» [2].

Впровадження. Результати, одержані в процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи, плануються до впровадження в розробки науково-виробничого підприємства ТОВ «ІТІ».

Класифікація задач автоматизованого постачання за ВИДОМ ПОПИТУ



Класифікація методів прогнозування



Математична модель визначення розміру замовлення

Сумарні витрати в одиницю часу $C(y)$ = Витрати на оформлення замовлення за одиницю часу + Витрати на зберігання запасів за одиницю часу

$$C(y) = \frac{2K\beta}{h} + h * \frac{y}{2} ,$$

K - витрати на оформлення замовлення; h - витрати на зберігання одиниці замовлення в одиницю часу; β - інтенсивність попиту (в одиницю часу); y – об'єм замовлення.

Тривалість циклу руху замовлення складає $t_0 = y \setminus \beta$ і середній рівень запасу становить $y/2$.

Оптимальне значення y отримується в результаті мінімізації $C(y)$ по y . Таким чином, у припущенні, що y неперервна змінна, одержуємо

$$\frac{dC(y)}{dy} = -\frac{K\beta}{y^2} + \frac{h}{2} = 0,$$

звідки оптимальне значення розміру замовлення визначається виразом

$$y^* = \sqrt{\frac{2K\beta}{h}} \quad (\text{формула Вілсона})$$

Багатопродуктова статична модель з обмеженнями на ємність складських приміщень

Нехай A - максимальна припустима площа приміщення для складу для n видів продукції; припустимо, що площа, необхідна для зберігання одиниці продукції i -го виду, становить a_i . Якщо y_i - розмір замовлення на продукцію i -го виду, то обмеження на споживання в складі мають вигляд $\sum_{i=1}^n a_i y_i \leq A$.

Нехай p_i , K_i і h_i - інтенсивність попиту, витрати на оформлення замовлення і витрати на зберігання одиниці продукції за одиницю часу для i -го виду продукції відповідно.

Загальні витрати $C(y_1, \dots, y_n) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i \beta_i}{y_i} + \frac{K_i \beta_i}{2} \right) \Rightarrow \text{Min}, \sum_{i=1}^n a_i y_i \leq A, \forall (i = \overline{1, n}) : y_i \geq 0$

Обмеження діє, якщо воно не виконується для значень y_i^* . В такому випадку потрібно знайти нове оптимальне значення y_i що задовольняє обмеження на площу складу в вигляді рівності. Цей результат досягається побудовою функції Лагранжа виду:

$$L(\lambda, y_1, y_2, \dots, y_n) = C(y_1, \dots, y_n) - \lambda \left(\sum_{i=1}^n a_i y_i - A \right) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i \beta_i}{h_i} + \frac{h_i y_i}{2} \right) - \lambda (\sum_{i=1}^n a_i y_i - A),$$

- де $\lambda < 0$ - множник Лагранжа.
- Оптимальне значення y_i^* і λ можна знайти, прирівнявши до нуля відповідні часткові похідні, що дає:

- $$\frac{\partial L}{\partial y_i} = \frac{K_i \beta_i}{y_i^2} + \frac{h_i}{2} - \lambda a_i = 0, \frac{\partial L}{\partial \lambda} = - \sum_{i=1}^n a_i y_i + A = 0$$

- З другого рівняння випливає, що значення y_i має задовільняти обмеження на площу складу в вигляді рівності.

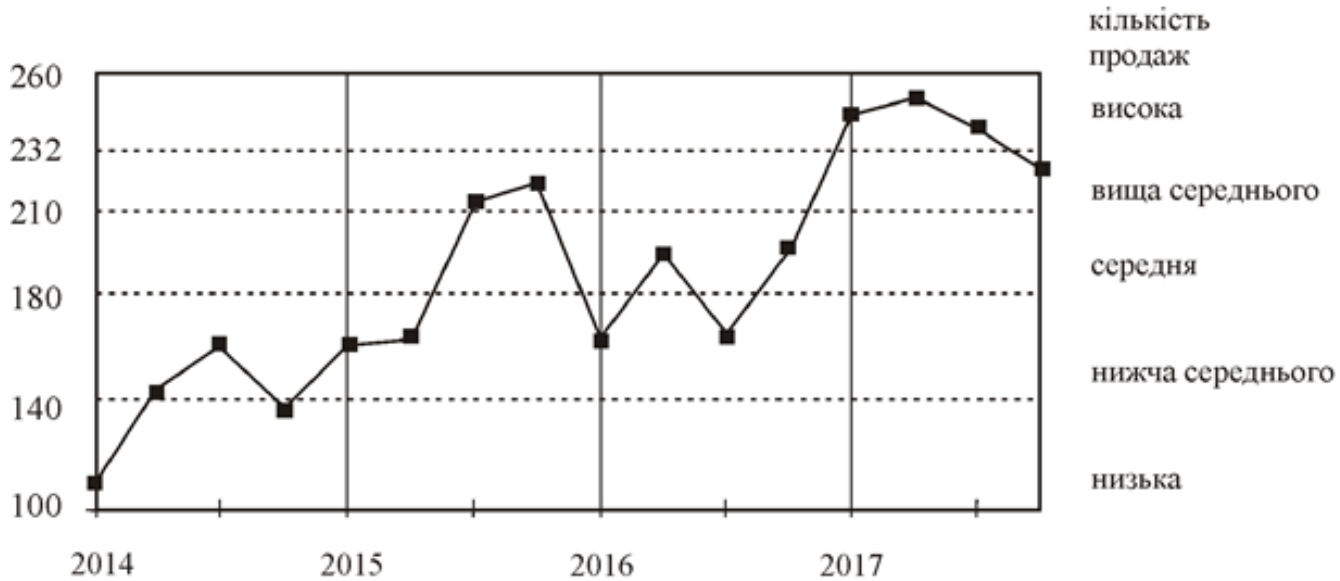
- З першого рівняння випливає, що $y_i^* = \sqrt{\frac{2K_i \beta_i}{h_i - 2\lambda a_i}}$

Задача прогнозування попиту

Статистика продаж по кварталам

Рік	1/2014	2/2014	3/2014	4/2014	1/2015	2/2015	3/2015	4/2015
Кількість продаж	109	143	161	136	161	163	213	220
Рік	1/2016	2/2016	3/2016	4/2016	1/2017	2/2017	3/2017	4/2017
Кількість продаж	162	194	164	196	245	252	240	-

Визначення лінгвістичних термів



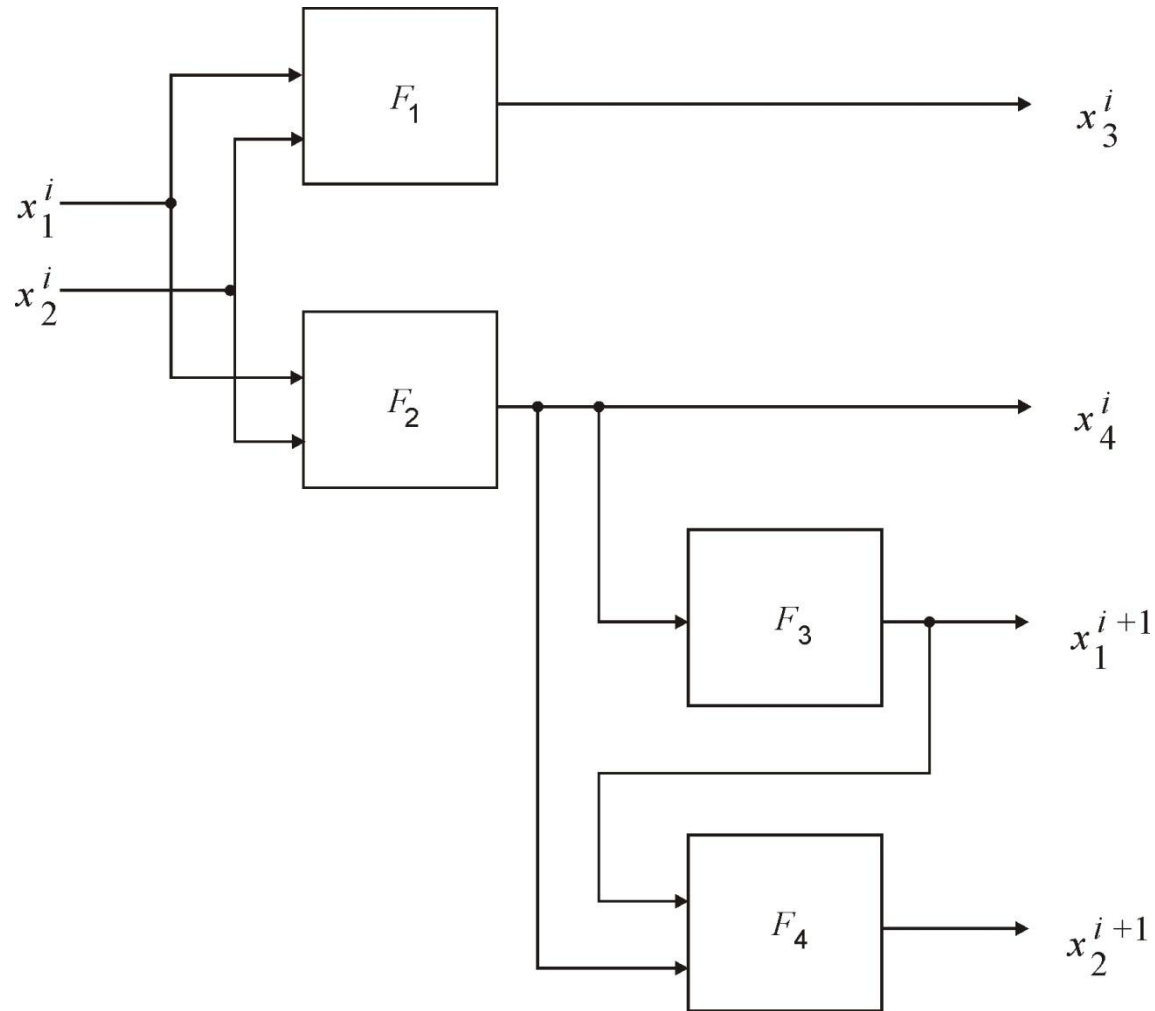
Динаміка кількості продаж

Формування бази знань

F1:	F2:
<p>ЯКЩО x_1^i =низьке І x_2^i = нижче середнього, ТО x_3^i =нижче середнього. ЯКЩО x_1^i = нижче середнього І x_2^i = нижче середнього, ТО x_3^i =вище середнього. ЯКЩО x_1^i = нижче середнього І x_2^i = середнє, ТО x_3^i =нижче середнього. ЯКЩО x_1^i = високе І x_2^i = високе, ТО x_3^i =високе.</p>	<p>ЯКЩО x_1^i =низьке І x_2^i = нижче середнього, ТО x_4^i =нижче середнього. ЯКЩО x_1^i = нижче середнього І x_2^i = нижче середнього, ТО x_4^i =вище середнього. ЯКЩО x_1^i = нижче середнього І x_2^i = середнє, ТО x_4^i =нижче середнього. ЯКЩО x_1^i = високе І x_2^i = високе, ТО x_4^i =високе.</p>

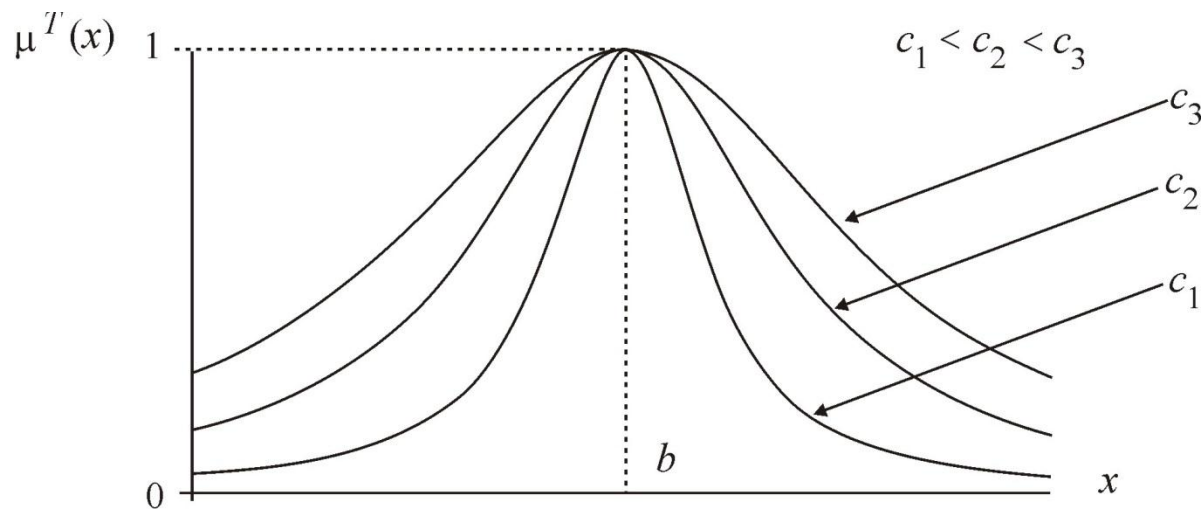
Продукційні правила прогнозування

Мережа залежностей для прогнозування



Визначення функції належності

Лінгвістичні оцінки змінних $x_1^i \div x_4^i$	параметр	
	b	c
низька(Н)	100	50
нижче середнього(НС)	160	30
середня (С)	195	25
вище середнього(ВС)	222	20
висока(В)	260	30



Перехід до нечітких рівнянь

$$F_1: \begin{cases} x_3^i = \frac{x_1 \mu^{\text{HC}}(x_3^i) + x_3 \mu^{\text{BC}}(x_3^i) + x_4 \mu^{\text{B}}(x_3^i)}{\mu^{\text{HC}}(x_3^i) + \mu^{\text{BC}}(x_3^i) + \mu^{\text{B}}(x_3^i)}, \\ \mu^{\text{HC}}(x_3^i) = \max \left(\begin{array}{l} \min(\mu^{\text{H}}(x_1^i), \mu^{\text{HC}}(x_2^i)), \\ \min(\mu^{\text{HC}}(x_1^i), \mu^{\text{C}}(x_2^i)) \end{array} \right) \\ \mu^{\text{BC}}(x_3^i) = \min(\mu^{\text{HC}}(x_1^i), \mu^{\text{HC}}(x_2^i)) \\ \mu^{\text{B}}(x_3^i) = \min(\mu^{\text{B}}(x_1^i), \mu^{\text{B}}(x_2^i)) \end{cases}$$

Модуль прогнозування продаж в системі FUZZY EXPERIENCE

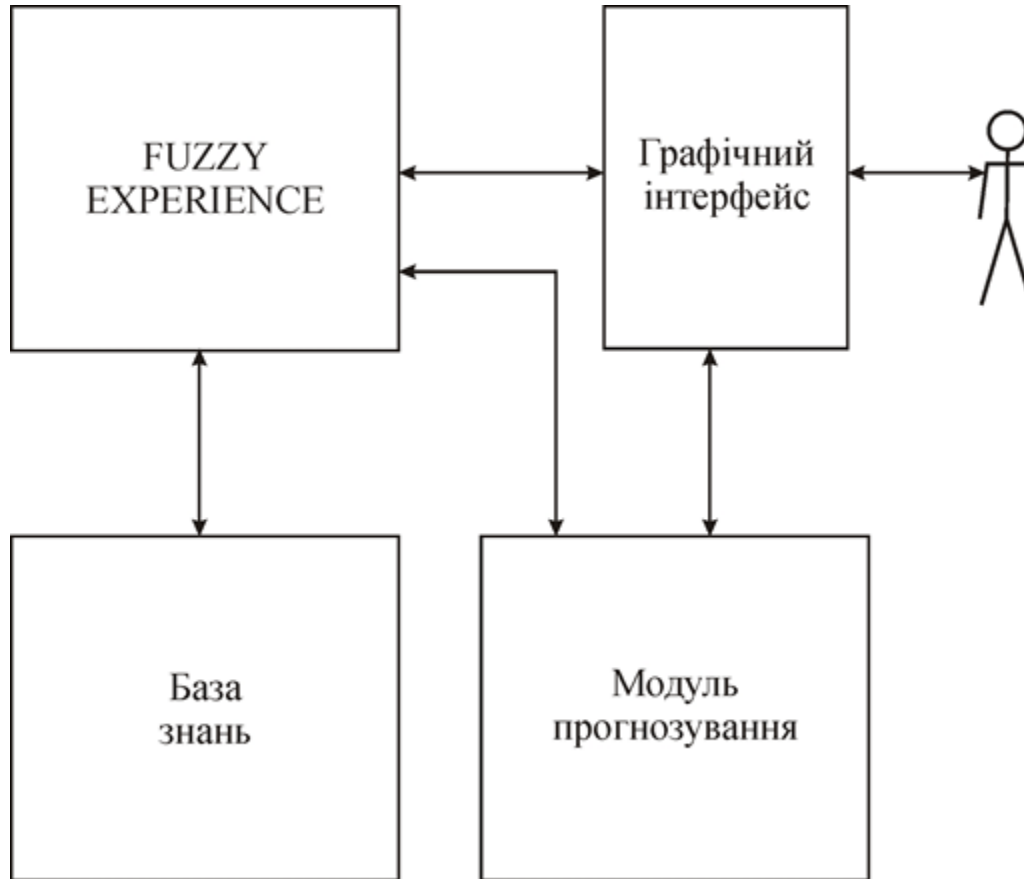
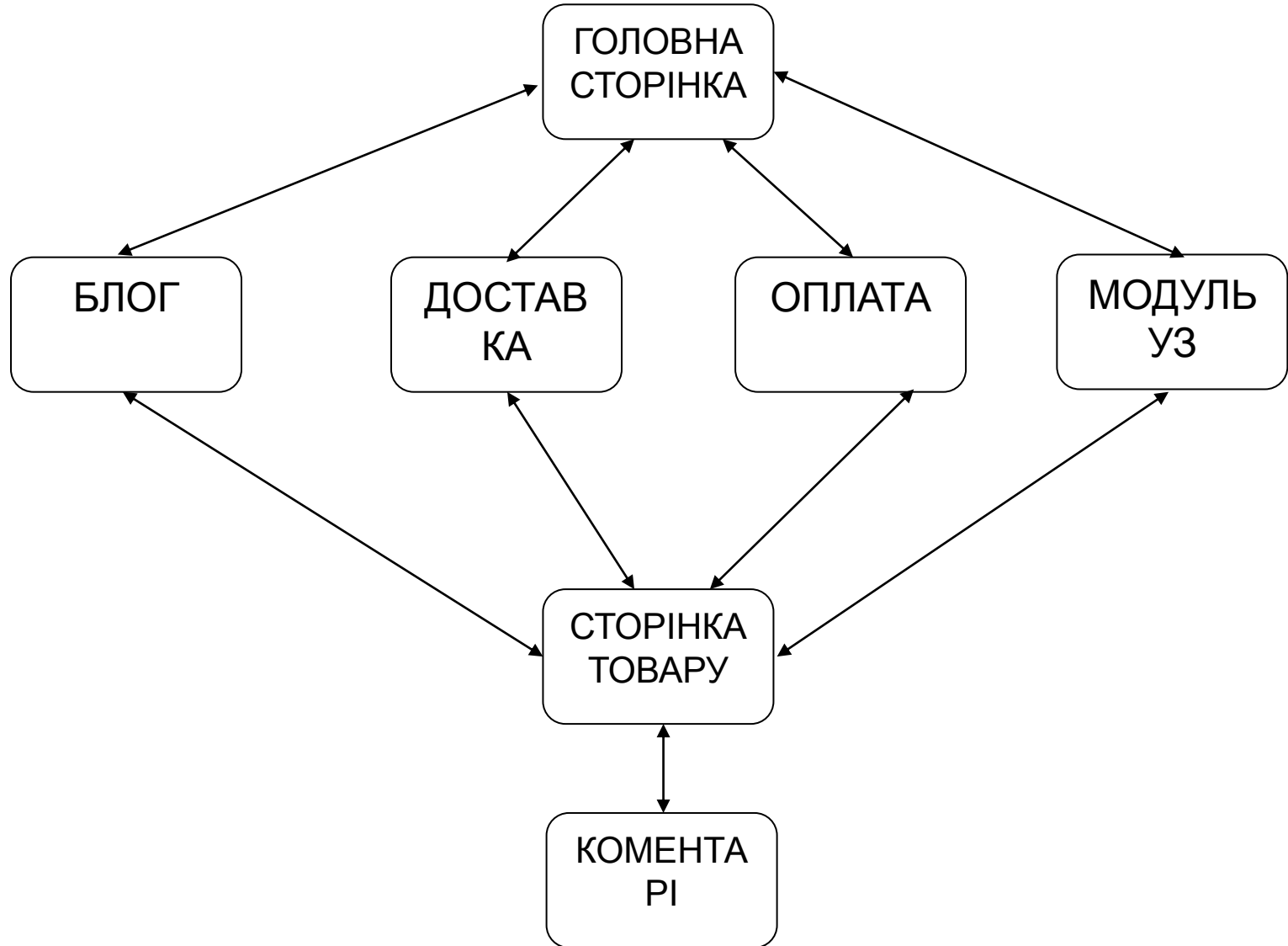


Схема навігації по сайту



Діаграма класів модуля прогнозування

Клас **FUNCT** зберігає бібліотеку функцій належності логічних термів

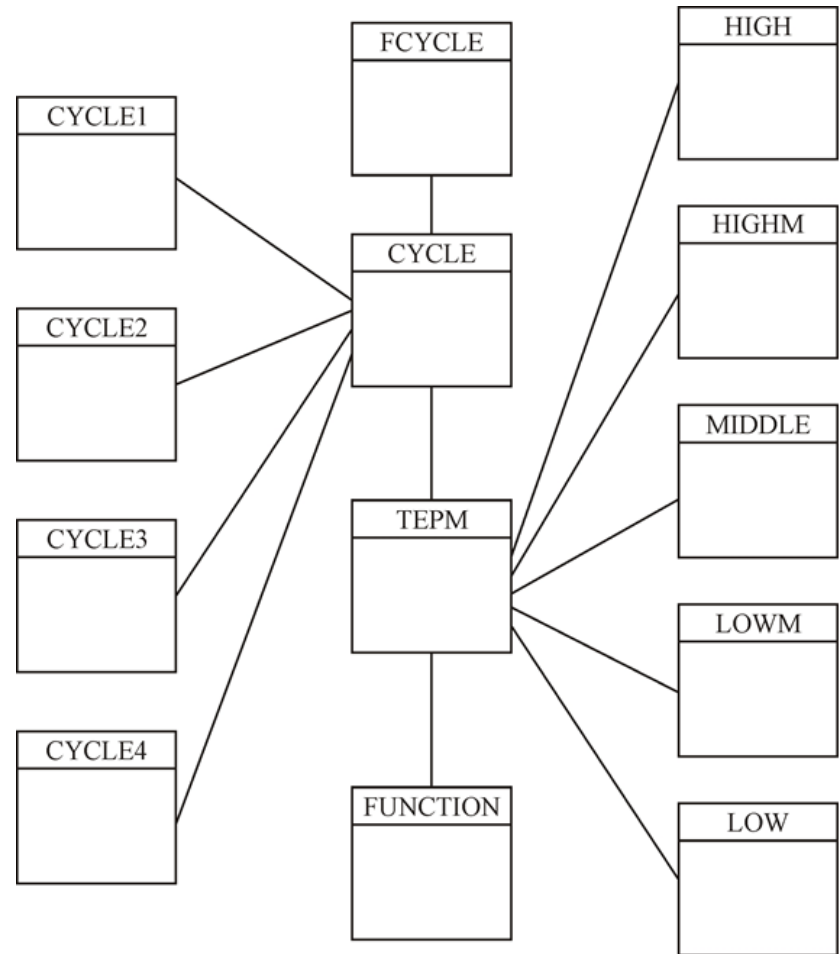
Клас **TERM** – абстрактний клас для створення класів **HIGH**, **HIGHM**, **MIDDLE**, **LOWM**, **LOW**

Класи **HIGH**, **HIGHM**, **MIDDLE**, **LOWM**, **LOW** призначені для зберігання параметрів функцій належності

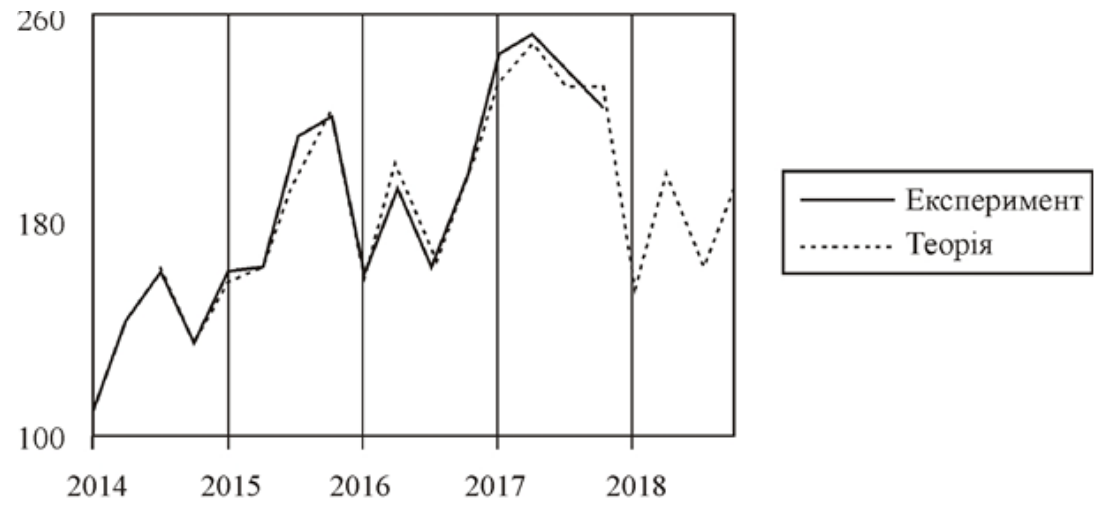
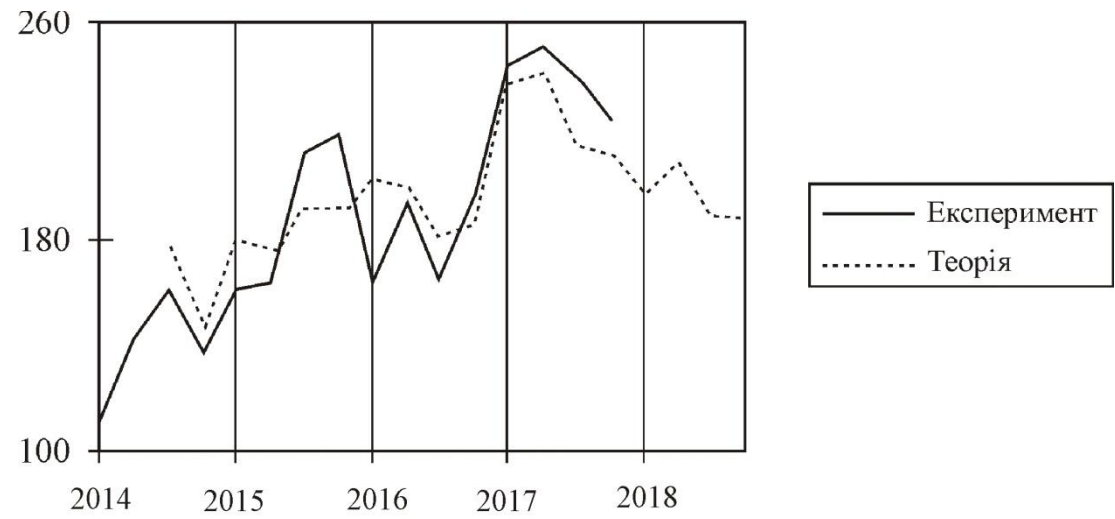
Клас **CYCLE** – абстрактний клас для створення класів **CYCLE1**, **CYCLE2**, **CYCLE3**, **CYCLE4**

Класи **CYCLE1**, **CYCLE2**, **CYCLE3**, **CYCLE4** – зберігають мережу залежностей в межах кожного річного циклу

Клас **FCYCLE** – формує прогнозуємий чотириквартальний цикл

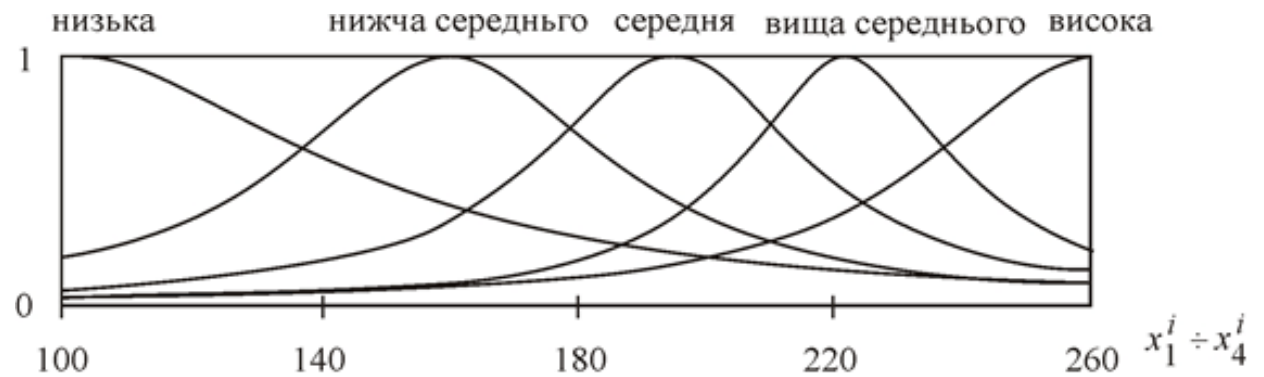


Налаштування моделі прогнозування попиту

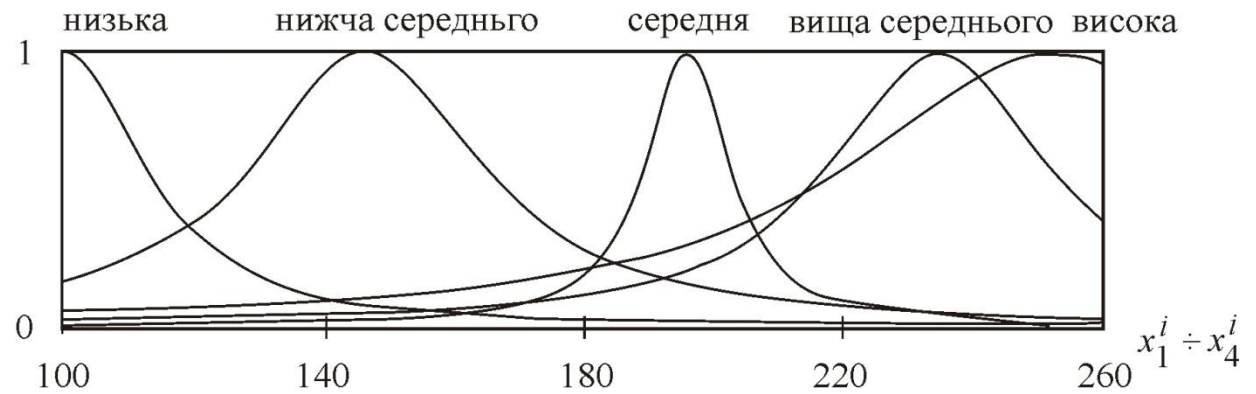


Функції належності

До налаштування



Після налаштування



Параметри функцій приналежності після налаштування

Лінгвістичні оцінки змінних $x_1^i \div x_4^i$	Параметр	
	b	c
Низька (Н)	100.385	14.148
Нижче середнього (нС)	146.602	21.046
Середня (С)	195.650	7.621
Вище середнього (вС)	234.457	19.760
Висока (В)	251.836	36.640

Експериментальна та теоретична кількість продаж

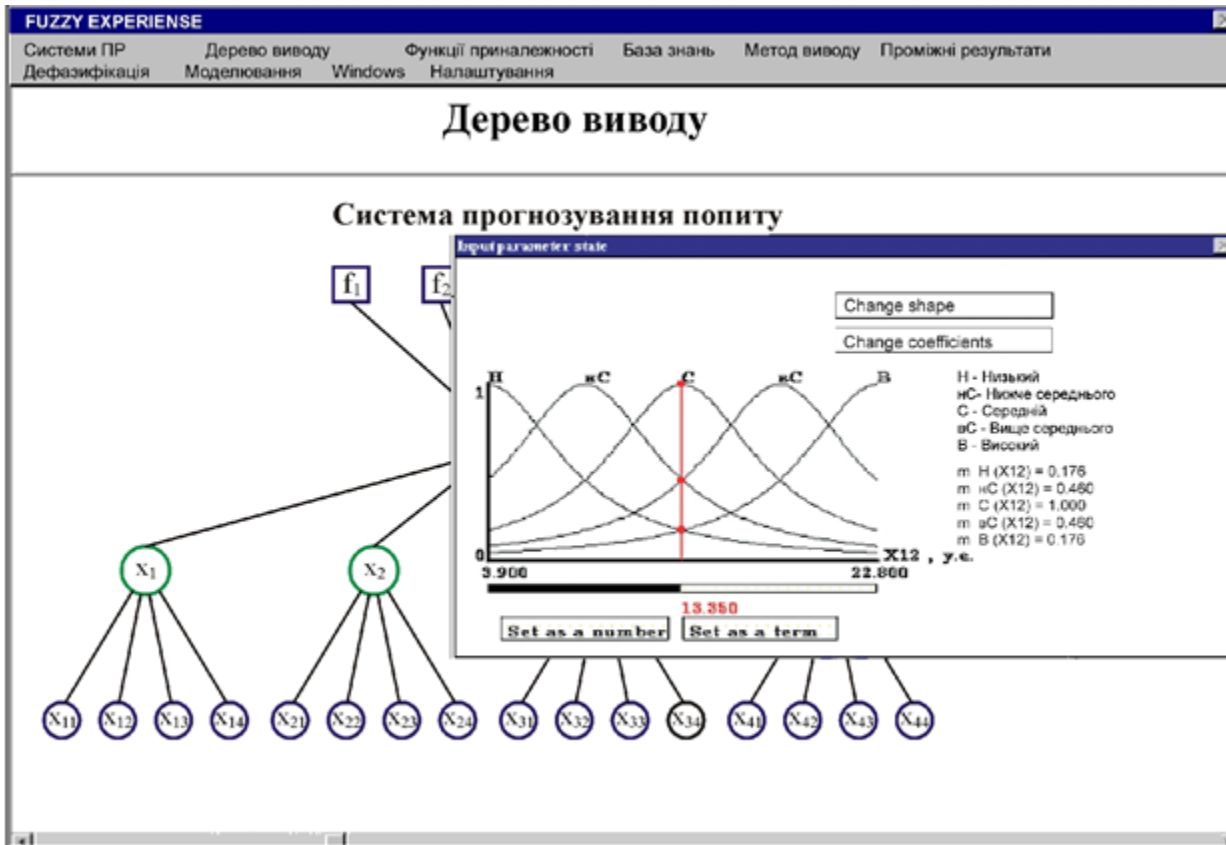
Квартал	1 2014	2 2014	3 2014	4 2014	1 2015	2 2015	3 2015	4 2015	1 2016	2 2016
Експеримент	109	143	161	136	161	163	213	220	162	194
Теорія			163	135	158	165	199	222	159	201
Помилка			2	1	3	2	14	2	3	7
Квартал	3 2016	4 2016	1 2017	2 2017	3 2017	4 2017	1 2018	2 2018	3 2018	4 2018
Експеримент	164	196	245	252	240					
Теорія	168	198	234	247	231	232	154	199	163	195
Помилка	4	2	11	5	9	7				

Оскільки експериментальні значення кількості продаж в 2017 році не використовувалася при налаштуванні моделі, то близькі результати теорії та експерименту в цих роках свідчить про достатню для практики якість побудованої моделі прогнозування.

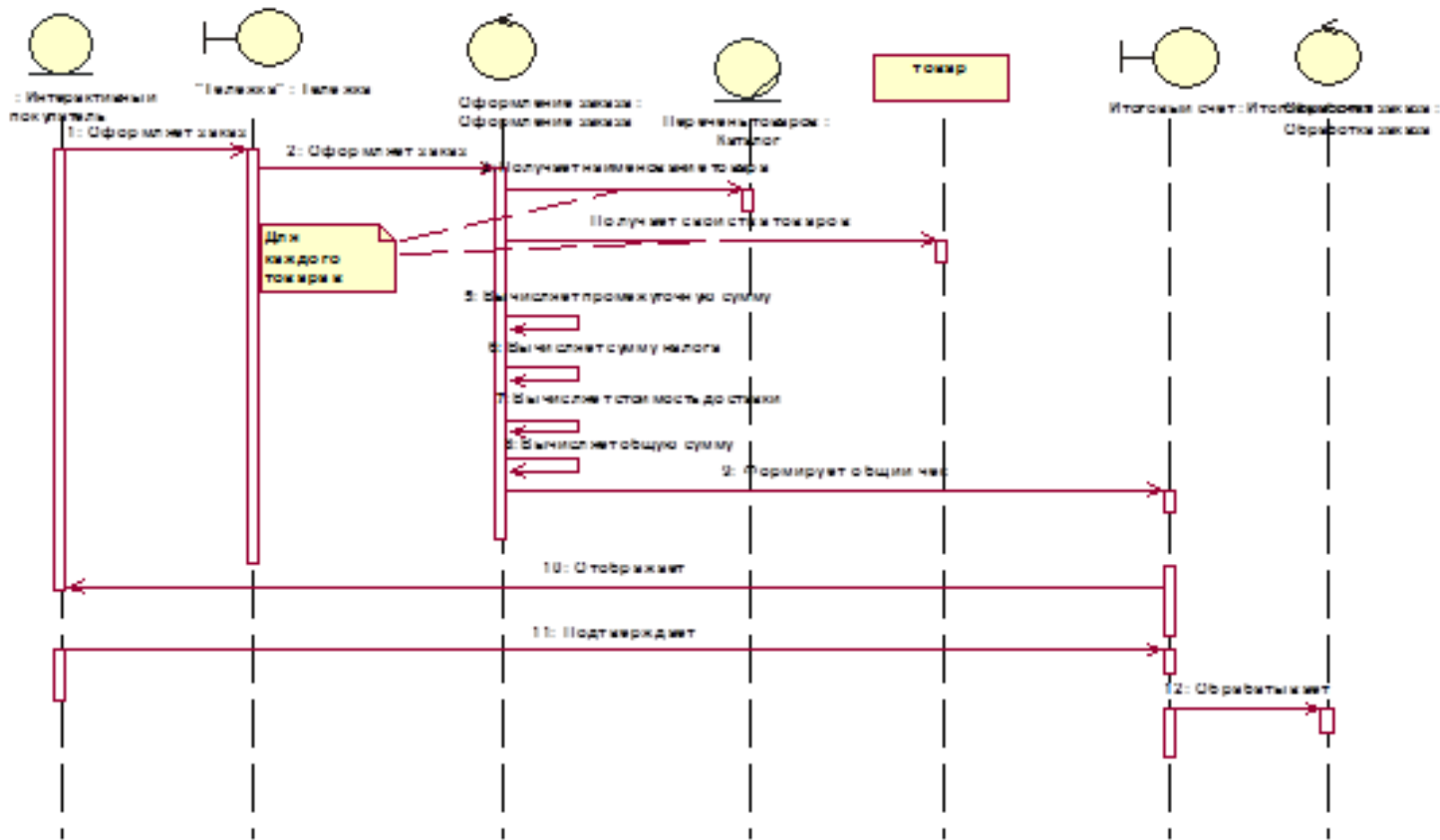
Величина похибки по відношенню до середнього значення складає:

$$14:174 = 0.08 \text{ (8\%)}$$

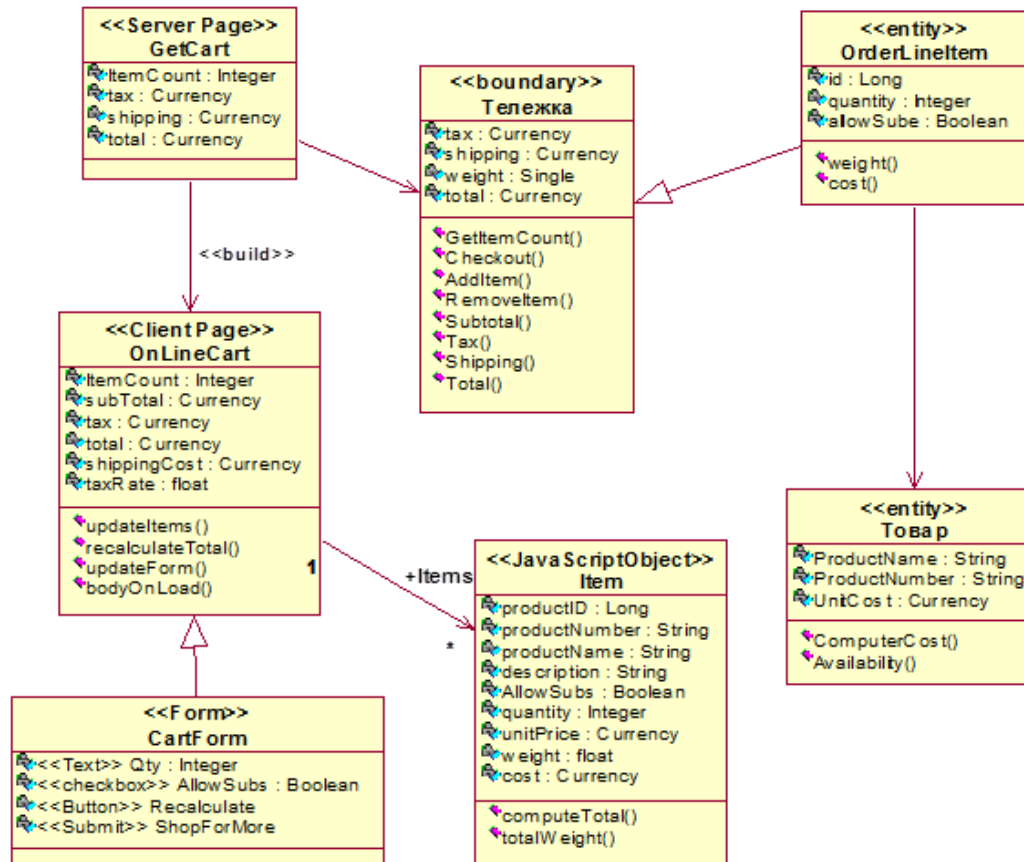
Створення бази знань в середовищі FUZZY EXPERIENCE

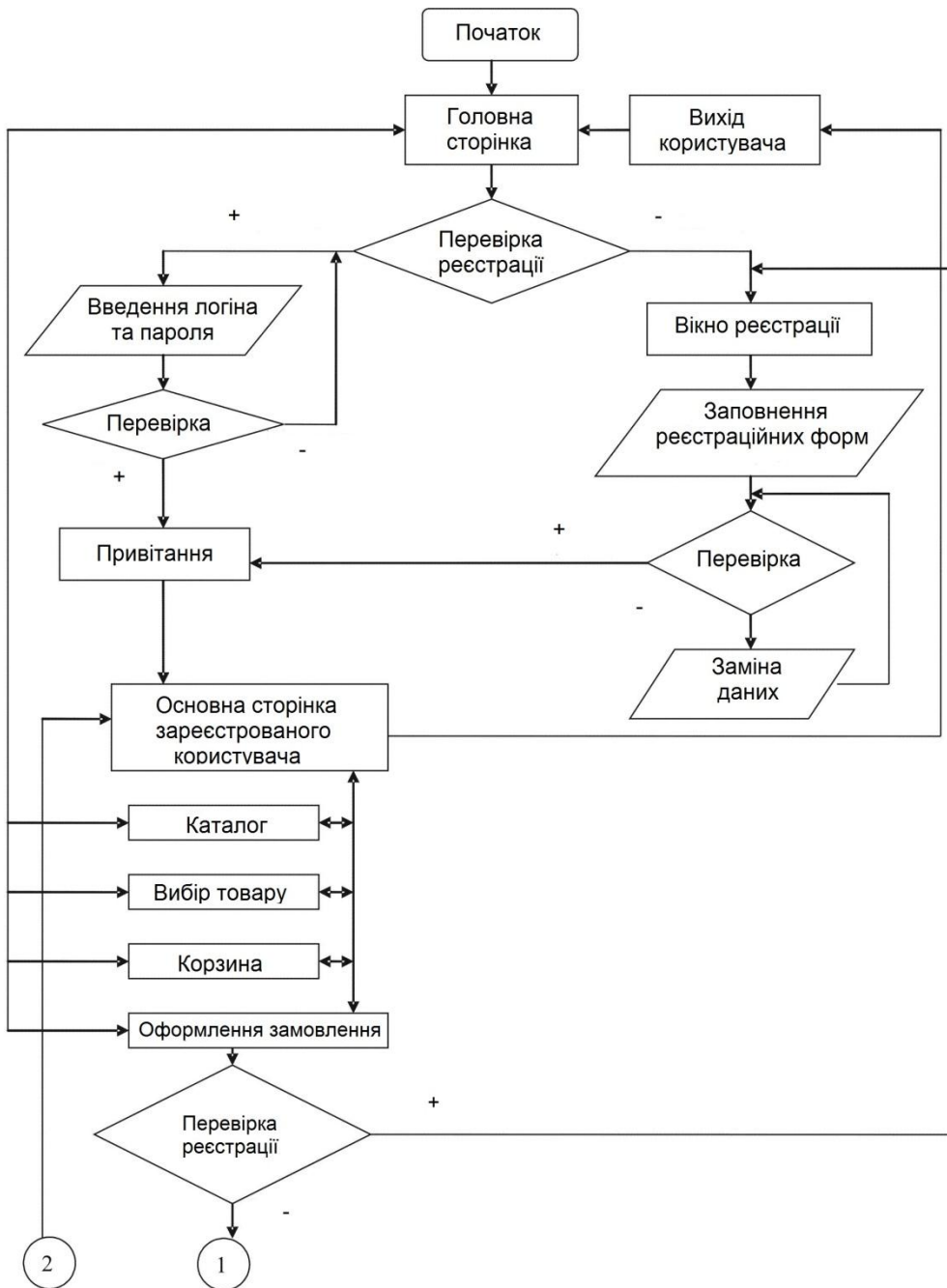


Діаграма взаємодії модуля замовлення



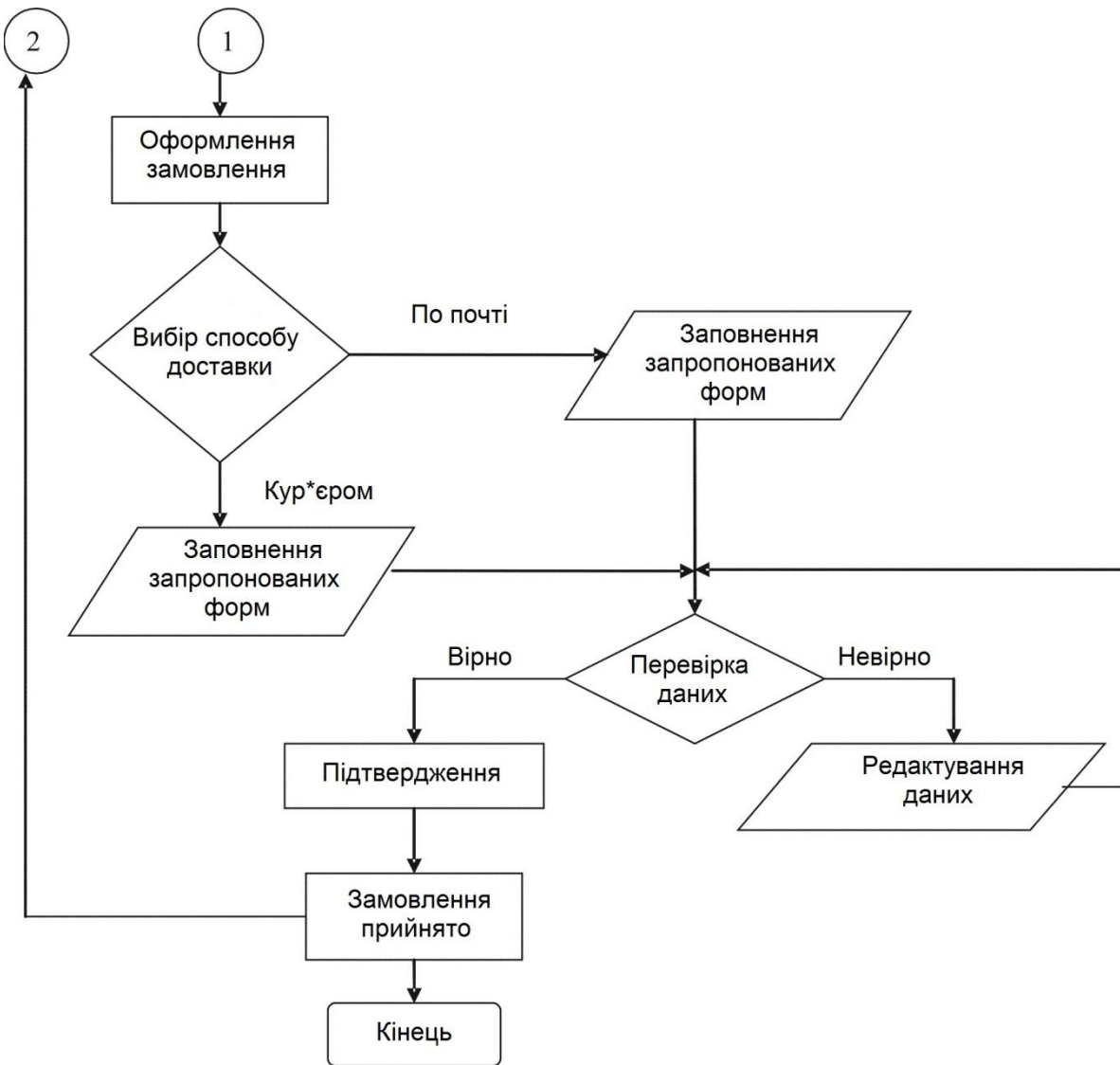
Діаграма класів модулю «ЗАМОВЛЕННЯ»



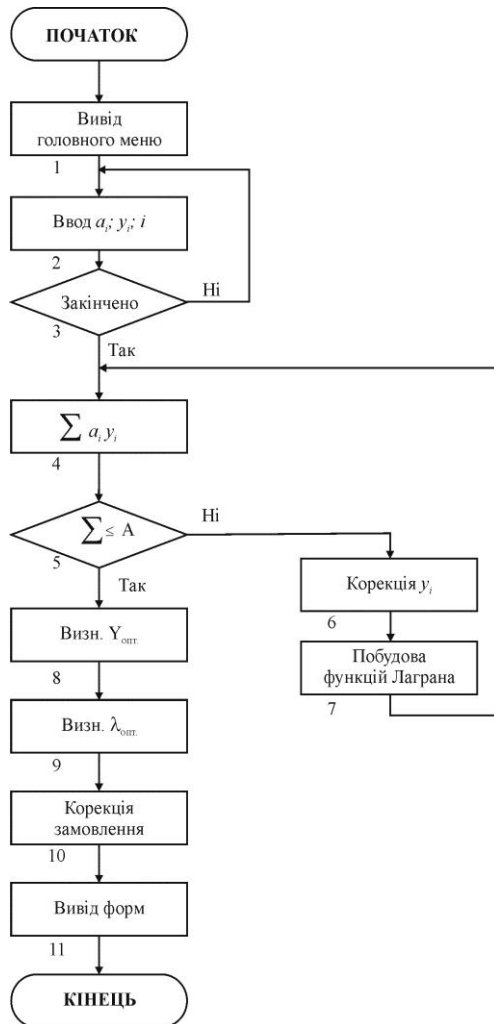


Алгоритм роботи веб-сайту

Алгоритм роботи веб-сайту (продовження)



Алгоритм роботи блоку автоматизованого постачання



Алгоритм базується на системі управління запасами, яка містить $n > 1$ видів продукції, що зберігається на одному складі з обмеженою площею

Тут, при відкритті головного меню, заповнюється база даних склад (бдоки1,2,3).

Значення λ^* знаходимо в ітераційному циклі керованого перебору (бл.4,5,6,7 алгоритма). Так якщо за визначенням в поставленій вище задачі мінімізації $\lambda < 0$, то при послідовній перевірці від'ємних значень λ знайдене значення λ^* буде одночасно визначати значення y^* , які задовільняють задане обмеження в вигляді рівності. Таким чином, в результаті визначення λ^* автоматично отримуються значення y_i^* .

Блоки 8,9,10,11 алгоритма оновлюють значення параметрів екземплярів класу «Товар», після чого формується чергове замовлення. (Клас «Замовлення»)

Висновки

Всі задачі, посавлені перед магістерською кваліфікаційною роботою виконані в повному об'ємі, а саме:

- проаналізовані існуючі технології, методи і моделі управління запасами та прогнозування і вибрані найбільш ефективні;
- формалізована задача прогнозування попиту в торгівлі із застосуванням апарату нечіткої логіки;
- розроблена спеціалізована математичну модель інформаційної технології управління запасами, яка, на відміну від існуючих, базується на автоматизованому прогнозуванні попиту;
- доопрацювана інтелектуальна технологія прогнозування дискретних послідовностей з врахуванням специфіки задачі прогнозування попиту;
- розроблені алгоритми роботи програмного забезпечення для управління запасами веб-магазину;
- спроектувано та реалізовано програмне забезпечення для нової технології;
- розроблено економічну частину.

Мета роботи – розширення функціональних можливостей вирішується за рахунок вирішення в новоствореній інформаційній технології управління запасами задачі прогнозування продаж.