

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

КАМІНСЬКИЙ ВОЙЦЕХ ПЕТРОВИЧ

Допускається до захисту:

в.о. завідувача кафедри
інформаційних технологій
канд. техн. наук, доцент

_____ О. В. Зелінська

« _____ » _____ 20__ р.

**ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ
КОГНІТИВНОЇ КАРТИ**

Спеціальність 122 Компютерні науки

Кваліфікаційна (магістерська) робота

Науковий керівник:

О.П. Ротштейн, професор кафедри

інформаційних технологій,

д.тн., професор

Оцінка: _____ / _____ / _____

(бали/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою)

Голова ЕК: _____

АНОТАЦІЯ

Камінський В.П. Експертна система на основі нечіткої когнітивної карти. Застосування в бізнесі. Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки», освітня програма «Комп'ютерні технології обробки даних», Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2023.

У кваліфікаційній (магістерській) роботі досліджена проблема збільшення продажів за допомогою оптимізації вимог щодо якості продукції в системі «виробник-покупець». Запропоновано вирішувати цю проблему за допомогою нечітких когнітивних карт і генетичного алгоритму. В результаті отримано оптимальні значення рівнів якості, що максимально задовольняють інтереси обох сторін, сприяючи підвищенню обсягів продажів продукту.

Ключові слова: експертні системи, продажі, рівні якості товару, виробник, продавець, нечіткі когнітивні карти, оптимізація.

ANNOTATION

Kaminsky V. P. Expert System based on Fuzzy Cognitive Maps: Application in Business. Specialization 122 - Computer Science. Educational Program - Data Processing Technologies. Donetsk National University named after Vasyl Stus, Vinnytsia, 2023.

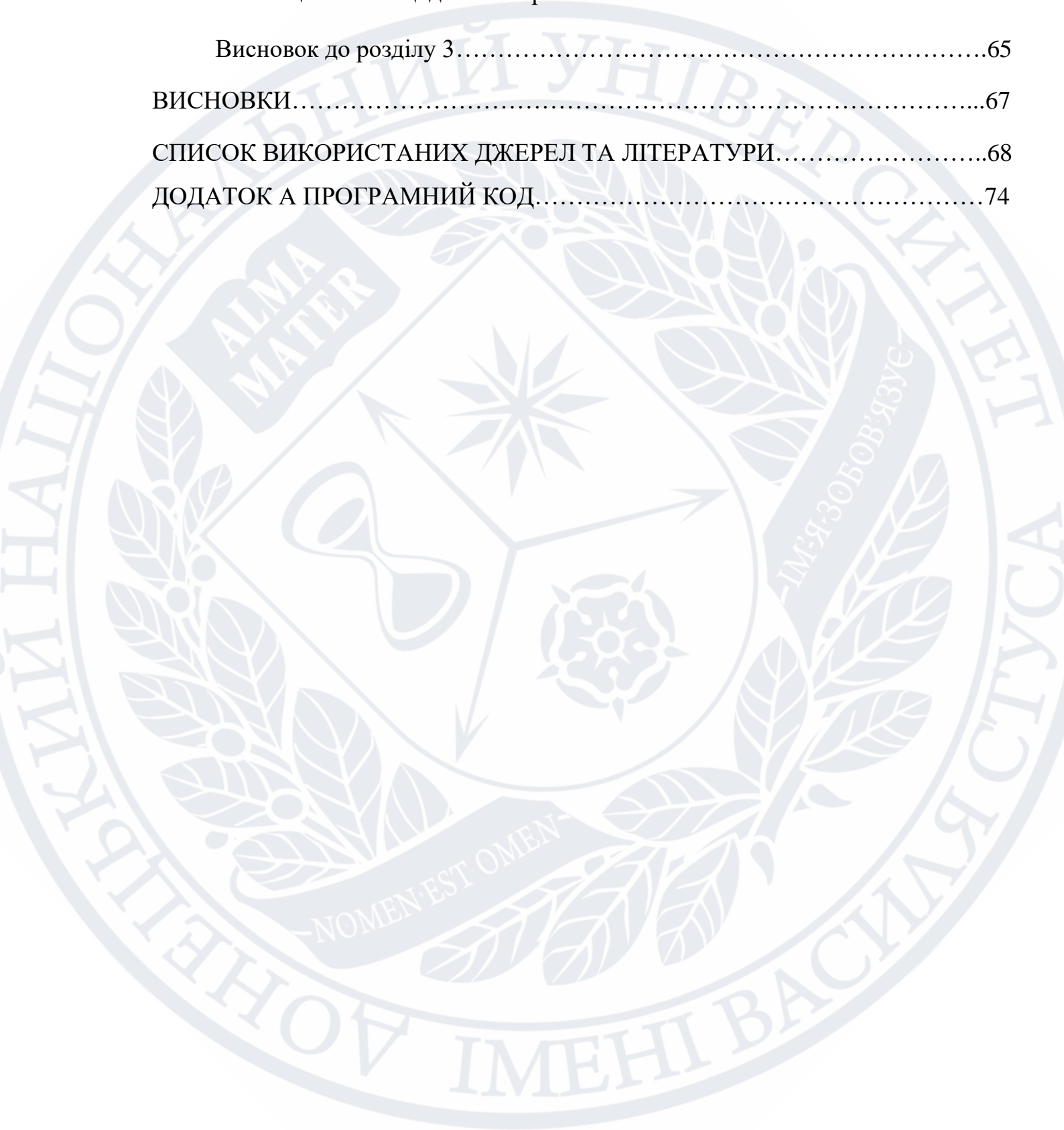
The qualification (master's) thesis explores the problem of increasing sales through the optimization of quality requirements in the "producer-consumer" system. It is proposed to address this issue using fuzzy cognitive maps and a genetic algorithm. As a result, optimal values of quality levels are obtained, which maximally satisfy the interests of both parties, contributing to an increase in product sales volumes.

Keywords: expert systems, sales, product quality levels, producer, consumer, fuzzy cognitive maps, optimization.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Бізнес і продажі товару як об’єкт дослідження.....	8
1.2 Експертні системи в бізнесі.....	17
Висновок до розділу 1.....	29
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ.....	30
2.1 Огляд питання.....	30
2.2 Когнітивні карти.....	31
2.3 Математика взаємодії чинників.....	33
2.4 Методологія побудови і аналізу когнітивних моделей.....	35
2.5 Математика когнітивних моделей.....	36
2.6 Нечітка когнітивна карта.....	39
2.7 Розробка моделі та алгоритму прийняття рішень.....	46
2.8 Програмне забезпечення для генерації НКК.....	46
Висновок до розділу 2.....	49
РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ ВИМОГ ЩОДО ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ В СИСТЕМІ «ВИРОБНИК-ПОКУПЕЦЬ» НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ І ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ.....	50
3.1 Узагальнена постановка оптимізації.....	52
3.2 Оптимізація вимог до якості робота-пилососа.....	54
3.2.1 Критерії якості.....	54
3.3 Нечітка когнітивна карта виробника.....	56

3.4 Нечітка когнітивна карта споживача.....	58
3.5 Оптимізація вимог щодо якості робота-пилососа.....	60
Висновок до розділу 3.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ.....	68
ДОДАТОК А ПРОГРАМНИЙ КОД.....	74



ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

КК – когнітивна карта

НКК – нечітка когнітивна карта

RVC – вакуумний робот-пилосос

ЕС – експертна система

ШІ – штучний інтелект

ГЕНКК - генетично еволюційно розвинені нечіткі когнітивні карти

ВСТУП

Сучасний бізнес в умовах глобалізації та постійних змін вимагає від підприємств постійного підвищення їхньої конкурентоспроможності. Однією з ключових складових успішного функціонування підприємства є досягнення максимального обсягу продажів продукції або послуг. Саме цей фактор визначає прибутковість, стабільність та зростання компанії. Проте, досягнення цієї мети вимагає досконалої стратегії, врахування великої кількості факторів та постійного аналізу ринкової ситуації.

Торгівля, включаючи продаж побутових товарів, не є винятком, і зазнає впливу різних чинників, які можуть бути нестабільними та складними для аналізу та передбачення. Один із способів досягнення успіху в цій галузі - вирішення конфлікту інтересів між виробником і споживачем в контексті визначення вимог щодо якості продукції. Виробники, зорієнтовані на максимізацію прибутку та оптимізацію виробничих процесів, і споживачі, які прагнуть отримати високоякісний продукт, часто зіштовхуються у своїх інтересах.

Технічні аспекти, такі як собівартість та ефективність виробництва, можуть бути пріоритетними для виробника, тоді як споживачі віддають перевагу властивостям продукту, які гарантують їхнє задоволення та надійність в експлуатації.

Вирішення цього конфлікту вимагає розробки ефективних методів оптимізації, які дозволять забезпечити баланс між економічними і технічними аспектами виробництва та вимогами споживачів. Врахування цього конфлікту є необхідним етапом для досягнення високої якості продукції, що відповідає як технічним, так і споживчим очікуванням і сприяє підвищенню рівня продажів.

Актуальність теми. Існує необхідність розробки ефективних методів оптимізації, спрямованих на забезпечення балансу між економічними та технічними аспектами виробництва, що враховують інтереси обох сторін.

Об'єкт дослідження. Сфера продажів у бізнесі.

Предметом дослідження. Оптимізація якості продукту як ключова умова збільшення продажів.

Мета. Пошук області компромісу на прикладі RVC за допомогою генетичного алгоритму. Маємо дати певні рекомендації розробнику з урахуванням вимог користувача, щоб це були оптимальні значення концептів, тобто властивостей які приводять до того що інтереси обох сторін зближаються.

Завдання Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі дослідницькі завдання:

1. Сформулювати математичну постановку задачі.
2. Побудувати багатофакторні залежності за допомогою НКК виробника та споживача.
3. Провести оптимізацію вимог щодо якості RVC для різних сценаріїв.

Робота складається з трьох розділів. У першому розділі проведено огляд стану питання та визначено завдання дослідження. Також розглянуто застосування експертних систем в бізнесі.

Другий розділ присвячено розробці моделі та алгоритму прийняття рішень на основі нечітких когнітивних карт. Вивчено когнітивні карти, їх математичну основу та методологію побудови і аналізу когнітивних моделей. Розроблено нечітку когнітивну карту та визначено алгоритм прийняття рішень, що базується на цій карті.

У третьому розділі роботи проведено оптимізацію вимог щодо якості продукції в системі "виробник-покупець" на основі нечітких когнітивних карт і генетичного алгоритму. Сформульовано узагальнену постановку задачі оптимізації та розглянуто конкретний випадок - оптимізацію вимог щодо якості робота-пилососа.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Бізнес і продажі товару як об'єкт дослідження

У сучасних умовах підприємства зазнають значного тиску у конкурентній боротьбі за здобуття та утримання клієнтів. Глобалізація, зростаючі вимоги споживачів та схожість пропонованих продуктів та послуг між постачальниками є основними тенденціями на ринку. Ці фактори зобов'язують підприємства розробляти стратегії для створення та утримання конкурентної переваги.

Купівельний шлях споживача зазнав істотних змін у зв'язку з поширенням інтернету. Завдяки доступу до великої кількості інформації споживачі можуть детально досліджувати та порівнювати різні рішення перед придбанням. Важливим елементом є також можливість отримання відгуків від інших користувачів, якими споживачі довіряють практично на рівні рекомендацій.

Збільшення кількості обізнаних покупців викликало подовження циклів продажу, оскільки споживачі тепер ретельно вивчають інформацію перед придбанням товару чи послуги. Тривалість процесу прийняття рішення також збільшилася, оскільки люди вже не обмежуються безпосередньою взаємодією з виробниками при здійсненні покупок.

У сучасному бізнес-оточенні, зокрема в сегменті B2B, участь у процесі закупівлі бере середньо 7 приймачів рішень. Зазначено, що вже 50-90% шляху вирішено до того, як покупець звертається до представника збуту. Ця зміна в поведінці споживачів вимагає серйозної адаптації від команд з продажу, незалежно від їхнього місця роботи.

З урахуванням цих тенденцій, керівники з продажу повинні активно вивчати сучасні дослідження та аналізувати інсайти для розробки та впровадження ефективних стратегій. Це стає ключовим елементом успіху в умовах постійної зміни на ринку, де важливо виробляти та пропонувати продукти та послуги більш ефективно, ніж конкуренти.

Ось певні статистичні дані, розділені на категорії:

Внутрішні продажі.

Внутрішні продажі у сучасних компаніях є одним із найшвидше зростаючих сегментів у галузі продажів. Статистика свідчить про те, що ключовим фактором успіху в цьому напрямку є можливість бути "першим до кого звертаються" в межах компанії. Ряд показників і статистичних даних відображає важливість внутрішніх продажів і їх вплив на ринковий успіх:

1. Потік внутрішніх продажів:

- За даними статистики, 44% потоку внутрішніх продажів генерується ринком [1].

- Середня кількість внутрішніх продажів в середньому зменшується на 20% щорічно.

2. Стратегія росту компаній:

- 37% компаній, які демонструють високий ріст, обирають внутрішні продажі як основну стратегію продажів.

- Це порівняно з 27% для зовнішніх продажів, 23% для інтернет-продажів і 8% для продажів через канали [2].

3. Ефективність часу:

- Тільки 33% часу представників внутрішніх продажів витрачається на активні продажі [3].

- Представники з продажу можуть витратити до 40% часу на пошук потенційних клієнтів для дзвінків [4].

4. Швидкість реакції:

- Від 35% до 50% продажів припадає на продавців, які реагують першими [5].

Отже, відзначається, що швидкість відгуку та ефективне використання часу є важливими факторами успіху в сфері внутрішніх продажів. Встановлення структури представників внутрішніх продажів для оперативних і ефективних дзвінків може вирішити ці виклики і сприяти збільшенню обсягів продажів. Таким чином, можна визначити, що здатність регулярно бути

"першою на місці події" в компанії стає ключовим фактором для досягнення росту у внутрішніх продажах.

Зовнішні продажі. Зовнішні продажі залишаються ключовим компонентом в галузі продажів, навіть у екосистемі цього сектора, що змінюється. Ця сфера продажів, як правило, асоціюється з прямим контактом "face to face", і не дивлячись на технологічні зміни, вона залишається однією з найуспішніших у досягненні поставлених квот.

Декілька ключових показників підтверджують важливість зовнішніх продажів:

1. Прибуток від зовнішніх продажів:

- Приблизно 71,2% від загальної кількості продавців займаються прямим контактом з клієнтами, що підкреслює їх значущість у структурі продажів.

2. Зміни у підході до роботи:

- Зовнішні продавці зараз витрачають на 89% більше часу на віддалених продажах, ніж у 2018 році. Це свідчить про адаптацію до нових умов та використання віддалених технологій у роботі.

Отже, важливо підкреслити, що зовнішні продажі залишаються суттєвим фактором для збільшення обсягів продажів. Навіть за наявності технологічних можливостей для віддаленої роботи, не існує повноцінної заміни живому один на один спілкуванню в реальному житті. Таким чином, внутрішні і зовнішні команди з продажу можуть і, в більшості випадків, повинні співпрацювати для оптимального досягнення бізнес-цілей.

Пошук клієнтів у продажах. Зміни в технологічному ландшафті значно вплинули на способи, якими компанії шукають потенційних клієнтів та вступають з ними в контакт. З додатковими каналами зв'язку, такими як мобільні пристрої, електронна пошта та текстові повідомлення, представники з продажу тепер мають безліч інструментів для ефективного виявлення, відбору та зв'язку з потенційними клієнтами.

Низка статистичних даних розкриває зміни в підходах до пошуку потенційних покупців:

1. Складність пошуку клієнтів:

- Більше 40% продавців вважають пошук клієнтів найскладнішою частиною процесу продажу [6].

2. Ефективність електронної пошти:

- Понад 78% представників використовують електронну пошту, яка відповідає понад 80% клієнтів, що віддають перевагу спілкуванню через цей канал.

3. Засоби комунікації:

- Потенційні клієнти виявляють готовність спілкуватися через різні канали, такі як індустрійні заходи, LinkedIn, текстові повідомлення, голосова пошта та соціальні медіа.

4. Уперше показати продукт:

- Понад 50% потенційних клієнтів виявляють бажання побачити, як працює продукт вже під час першого дзвінка.

5. Використання інструментів збагачення даних:

- Дев'ять з десяти компаній використовують два і більше інструменти для збагачення даних про зацікавлених осіб.

Отже, пошук потенційних клієнтів визначається як важлива, але складна частина для представників з продажу. Сучасні технології сприяють полегшенню цього процесу, надаючи засоби для швидкого створення профілів та знаходження точних даних про покупців на цільовому ринку. Інноваційні рішення, такі як SPOTIO's Lead Machine, роблять акцент на конкурентоспроможності, дозволяючи швидко створювати детальні профілі клієнтів і мапувати території з якісними потенційними клієнтами всього за кілька хвилин.

Телефонні продажі. Існує стереотип, що "холодні дзвінки мертві", але аналіз даних вказує на протилежне. Дослідження у цій області показують, що компанії, які вважають холодні дзвінки ефективними, зазнають на 42% більший ріст порівняно з тими, що вважають їх малоефективними. Подивимося на кілька ключових статистичних показників, що стосуються холодних дзвінків:

1. Ефективність холодних дзвінків:

- Лише 2% холодних дзвінків призводять до планованої зустрічі, що підкреслює виклики цього методу залучення.

2. Спроби дзвінків:

- У 2007 році знадобилось 3,68 спроби холодного дзвінка, щоб дійти до потенційного клієнта. Сьогодні це вже 8 спроб.

3. Збільшення продажів через додаткові спроби:

- Зробивши кілька додаткових спроб дзвінків, представники з продажу можуть збільшити продажі до 70% [7].

4. Кількість дзвінків для досягнення покупця:

- В середньому потрібно 18 дзвінків, щоб дійти до покупця [8].

5. Інформація для представників з продажу:

- 42% представників з продажу вважають, що вони не мають достатньо інформації перед тим, як дзвонити [9].

6. Незадоволеність досвідом розмови по телефону:

- 85% потенційних клієнтів і покупців незадоволені своїм досвідом під час розмови по телефону.

7. Витрати часу на залишення голосових повідомлень:

- Представники з продажу витрачають приблизно 15% часу на залишення голосових повідомлень.

8. Час залишення голосового повідомлення:

- При залишенні голосового повідомлення для потенційного клієнта оптимальна його тривалість становить від 8 до 14 секунд.

9. Припинення спроб дзвінків:

- 44% продавців відмовляються від подальших дзвінків після однієї спроби подзвонити.

10. Оптимальний час для холодних дзвінків:

- Найкращий час для холодних дзвінків - між 16:00 і 17:00.

Отже, виконання телефонних продажів, зокрема холодних дзвінків, є завданням, що вимагає великої напруги. Однак важливо мати міцну психіку та

детальний план взаємодії, оскільки це може бути ключем до успіху в цьому важкому аспекті продажів.

Соціальні продажі. Хоча соціальні мережі стали широко поширеними, їх прийняття в процесі продажу відбувається повільно. Багато представників з продажу все ще активно використовують електронну пошту та телефон для здійснення звернень до клієнтів, проте інтеграція соціальних мереж може стати ключовим фактором у забезпеченні успіху. Декілька статистичних даних свідчать про важливість соціальних продажів:

1. Ефективність соціальних продажів:

- 78% представників з продажу, які займаються соціальними продажами, показують кращі результати, ніж їхні однодумці, які цього не роблять [10].

2. Вищі продажі за допомогою соціальних мереж:

- 78% продавців, які використовують соціальні мережі, мають вищі продажі ніж їхні колеги.

3. Використання соціальних мереж для прийняття рішень:

- 75% покупців B2B та 84% виконавчих директорів чи віце-президентів використовують соціальні медіа для прийняття рішень про закупівлю [11].

4. Глибші стосунки з клієнтами через соціальні продажі:

- 31% професіоналів у сфері B2B зазначили, що соціальні продажі дозволили їм побудувати глибші стосунки з клієнтами.

5. Більше шансів досягти квоти:

- Представники з продажу, які використовують соціальні продажі, мають на 51% більше шансів досягти квоти з продажу.

6. Збільшення прибутку через соціальні продажі:

- 63,4% представників з продажу, які займаються соціальними продажами, повідомляють про збільшення прибутку своєї компанії [12].

7. Закриття угод через соціальні медіа:

- Чотири з десяти представників з продажу закрили від 2 до 5 угод безпосередньо завдяки соціальним медіа [13].

8. Збільшення середнього розміру угоди:

- Використання інструментів соціальних продажів може збільшити середній розмір угоди на 35%.

Отже, компанії та представники з продажу, які активно використовують соціальні мережі, мають більше можливостей для привертання потенційних клієнтів, вищі продажі та зміцнення відносин з клієнтами, що допомагає їм випереджати конкурентів у цьому змінюваному маркетинговому середовищі.

Реферальні продажі. Отримання рекомендацій від задоволених клієнтів виявляється надзвичайно важливим елементом в сучасному процесі продажу.

Декілька статистичних даних підтверджують вагомість рефералів:

1. Переваги рекомендацій:

- 73% покупців віддають перевагу співпраці з продавцями, яких їм рекомендували знайомі [14].

2. Ефективність активного пошуку рефералів:

- Продавці, які активно шукають та використовують рефералів, заробляють в 4-5 разів більше, ніж ті, хто цього не робить.

3. Початок процесу покупки з рефералу:

- 84% покупців починають свій процес покупки з рефералу [15].

4. Довіра до рекомендацій:

- 92% покупців довіряють рекомендаціям від знайомих.

5. Низький процент запитань про реферали:

- Тільки 11% продавців просять про реферали.

6. Зростання прибутку компаній з програмами рефералів:

- Компанії з офіційно оформленими програмами рефералів зазнають зростання прибутку на 86% більше протягом останніх двох років порівняно з іншими.

7. Вищий час утримання клієнтів, що були рекомендовані:

- Час утримання клієнтів, які були рекомендовані, в середньому вищий на 16%, ніж клієнтів, що не були рекомендовані [16].

Отже, рекомендації від гарантованих джерел, таких як задоволені клієнти, є важливим ресурсом для забезпечення успіху в сучасному бізнесі. Активне

запитання рефералів, а також використання їх в стратегії продажу, може значно покращити результати та вплинути на рентабельність бізнесу [17].

Електронні продажі. Електронна пошта - один із найпотужніших інструментів продажу для будь-якої компанії - цей канал має заявленої прибутковості 44:1 [18]. Деякі ключові фактори, які варто враховувати для ефективного використання електронної пошти в продажах:

1. Низький відсоток відкриття:

- Лише 23% продажних листів відкриваються, що підкреслює важливість створення привабливих та релевантних заголовків [19].

2. Ефективність порівняно з іншими методами:

- Електронний маркетинг має вдвічі вищий дохід, ніж холодні дзвінки, що підкреслює перевагу цього каналу [20].

3. Акційні листи:

- 44% одержувачів електронної пошти здійснили принаймні одну покупку минулого року на підставі акційного листа, що підтверджує ефективність промоцій через електронну пошту [21].

4. Важливість персоналізації:

- Персоналізовані електронні листи досягають вражаючого відсотка відкриття (29%) і високого показника клікабельності (41%) [22].

5. Відкриття на мобільних пристроях:

- 40% електронних листів відкриваються спершу на мобільних пристроях, що вказує на важливість мобільної оптимізації.

6. Заголовки та ефективність слів:

- Використання певних слів у заголовках, таких як "Розпродаж", "Новий" або "Відео", може підвищити відсоток відкриття.

7. Питання розгляду персоналізації та оптимізації:

- З урахуванням того, що користувачі оточені електронними повідомленнями, важливо акцентувати на ефективних стратегіях персоналізації та оптимізації для максимізації результатів.

Продажі зі слідом (дзвінком у відповідь на лист, зустріч і т. д.).

Здатність ефективно комунікувати та будувати відносини з потенційними клієнтами вимагає часу та послідовності. Деякі ключові аспекти, що важливо враховувати в процесі продажу:

1. Багаторазовий контакт:

- 80% продажів потребують 5 дзвінків зі слідом після зустрічі, що підкреслює важливість послідовності та тривалого взаємодії.

2. Рання відмова та відповідальність:

- 44% представників з продажу відмовляються після 1 сліду, але важливо бути відповідальним та надіслати наступний слід для підтримки взаємодії.

3. Швидкість реакції:

- 50% покупців вибирають постачальника, який найшвидше відповідає. Швидка реакція може визначити успіх у встановленні контакту.

4. Час реакції компаній:

- Результати випробувань показують, що лише 7% компаній відповіли за перші п'ять хвилин після відправлення форми, що свідчить про можливість для поліпшення швидкості реакції [23].

5. Оптимальна швидкість відгуку:

- Дослідження показують, що компанії, які намагалися зв'язатися з потенційними клієнтами протягом години, мали значущіше спілкування з приймачами рішень [24].

6. Багаторазовий контакт із слідами:

- В середньому потрібно 8 дзвінків зі слідом, щоб зв'язатися з потенційним клієнтом, що свідчить про необхідність постійної інтеракції.

Таким чином, стратегія повинна бути спрямована на ефективний многоконтактний підхід, швидку відповідь та підтримку взаємодії протягом тривалого часу для успішного встановлення контакту та побудови відносин з потенційним клієнтом.

1.2 Експертні системи в бізнесі

Сьогодні, завдяки постійній зміні умов бізнесу, адаптивність вважається значущою конкурентною перевагою для організації. Для досягнення цього необхідне практичне вирішення проблем в реальному часі [25]. Протягом останніх 40-50 років всі проблеми, пов'язані з бізнес-процесами, вимагали наявності експертів для їх вирішення в реалістичний та витратоємний спосіб. Нажаль, практичні проблеми можуть виникнути у будь-який момент, і експерти не завжди можуть бути доступні. Однак їхні знання можуть бути використані у будь-який час у певних проблемних галузях за допомогою добре розробленої ЕС.

Що таке ЕС?

"Розумна комп'ютерна програма, яка використовує знання для вирішення проблем, і такими знаннями володіють лише експерти."

ЕС - це галузь штучного інтелекту, яка використовує спеціалізовані знання для вирішення проблем на рівні експерта-людини. ЕС бере на себе роль людського експерта і вирішує проблеми, як фахівець. Вона дозволяє користувачу взаємодіяти з комп'ютером для розробки різних рішень. ЕС може надавати послідовні відповіді. ЕС містить якісну інформацію.

ЕС становлять найбільш поширену галузь ШІ. Фактично, ЕС - це обчислювальна програма, яка представляє та аналізує знання експерта в певній галузі, щоб радити чи вирішувати проблеми у цій галузі. Вони емулюють розуміння людей проблеми, виконуючи складний процес прийняття рішень у даній області проблем. ЕС, з моменту їх розвитку, надавали ефективні рішення в різних питаннях, які важко вирішувати іншими традиційними методами.

ЕС включає правила та алгоритми, які дозволяють їй виконувати завдання та приймати рішення на основі бази знань, наповненої експертними знаннями, евристичними та механізмами мислення. ЕС широко застосовуються в різних галузях промисловості, включаючи охорону здоров'я, фінанси, інженерію та багато інших.

Типи ЕС

Існують різні типи систем, такі як:

1. Системи на основі правил.

Системи на основі правил є найпоширенішим типом ЕС. Вони використовують набір правил для розв'язання проблеми та надання рішень або рекомендацій. Ці правила створюються людськими експертами та організовуються у базі знань.

2. Системи на основі нечіткої логіки.

Системи на основі нечіткої логіки використовують нечітку логіку для роботи з несерйозністю та невизначеністю даних. Нечітка логіка - це математична модель, що дозволяє використовувати ступені істинності замість традиційного бінарного (істинне або хибне) підходу. Системи на основі нечіткої логіки використовуються в системах рекомендацій продуктів та додатках для розпізнавання зображень.

3. Системи на основі знань.

Системи на основі знань використовують базу знань, яка містить факти та правила про певну галузь. Ці системи призначені наслідувати можливості вирішення проблем, які мають людські експерти. Вони використовують інференційний рушій для пояснення проблеми та надання рішень.

4. Системи на основі нейронних мереж.

Системи на основі нейронних мереж призначені для навчання на основі даних шляхом налаштування ваг між нейронами. Вони використовуються у системах розпізнавання мови, класифікації зображень та обробки природної мови.

У бізнесі можна виділити:

1. TPS: Система обробки транзакцій (Transaction Processing System) - це система, яка використовується для обробки і записування транзакцій і подій в реальному часі, зазвичай пов'язаних із операційною діяльністю підприємства [26].

2. MIS: Система управлінської інформації (Management Information System) - це система, яка забезпечує управлінців інформацією для прийняття рішень та контролю діяльності організації.

3. ERP: Система планування ресурсів підприємства (Enterprise Resource Planning System) - це інтегрована система, яка об'єднує в собі різні функціональні області підприємства, такі як фінанси, логістика, виробництво і багато інших, для підтримки управління ресурсами.

4. DSS: Система підтримки прийняття рішень (Decision Support System) - це система, яка допомагає приймати складні стратегічні і тактичні рішення, надаючи аналітичні інструменти та дані [27].

5. EIS: Система підтримки виконавчого рівня (Executive Information System) - це система, призначена для керівників верхнього рівня, яка надає інформацію для прийняття стратегічних рішень.

6. Експертні системи (Expert Systems) - це розумні комп'ютерні програми, які використовують знання експертів для вирішення складних проблем і дають консистентні рішення на основі цих знань.

Компоненти ЕС

1. База Знань (Knowledge Base): Включає в себе відносини правил і правила для даних, які зазвичай використовуються експертами для розв'язання різних типів проблем. База знань містить професійні знання, якими володіє або один експерт, або група експертів.

2. Механізм Висновку (Inference Engine): Містить логіку та механізми розв'язання. Він відповідає за використання знань і правил з бази знань для вирішення конкретних запитів або завдань.

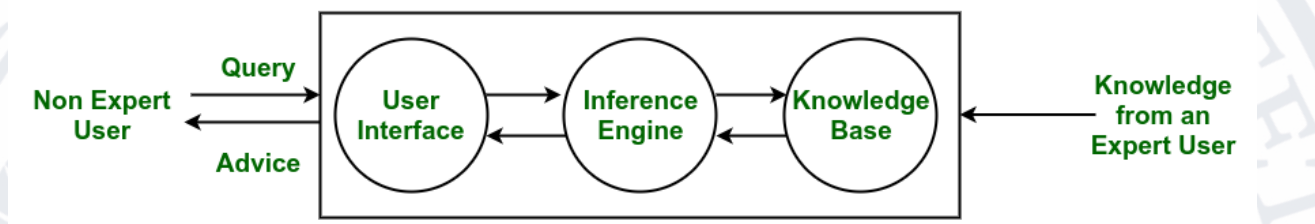
3. Інтерфейс Користувача (User Interface): Ця програма дозволяє користувачу взаємодіяти з експертною системою. Користувач може вводити запити та отримувати відповіді через інтерфейс користувача.

4. Засіб Пояснення (Explanation Facility): Надає користувачеві логіку, яку використовує експертна система для вирішення запитів. Це допомагає

користувачеві зрозуміти, як система прийшла до певного висновку чи рекомендації.

5. Засіб Отримання Знань (Knowledge Acquisition Facility): Для створення якісної бази знань необхідні зусилля як людського експерта, так і інженера знань. Цей компонент допомагає виявляти, записувати і оновлювати знання експертів у базі знань експертної системи.

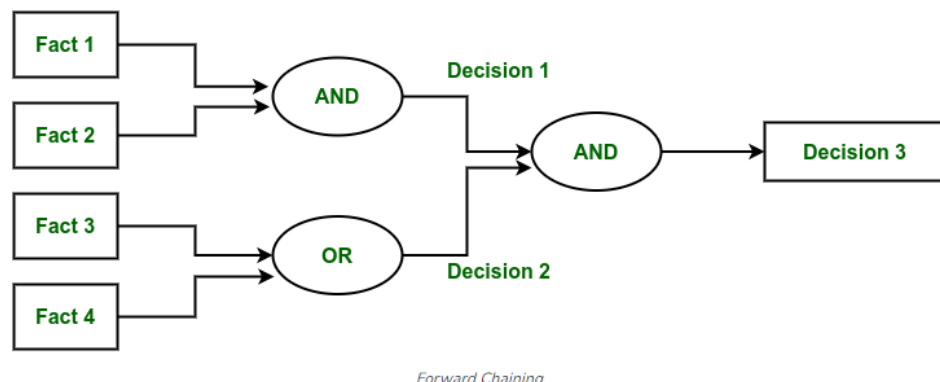
Експертні системи використовують ці компоненти для емуляції процесу прийняття рішень, що зазвичай відбувається в роботі людських експертів[28].



Зазвичай Інферентний модуль використовує два підходи для отримання знань із бази знань, а саме:

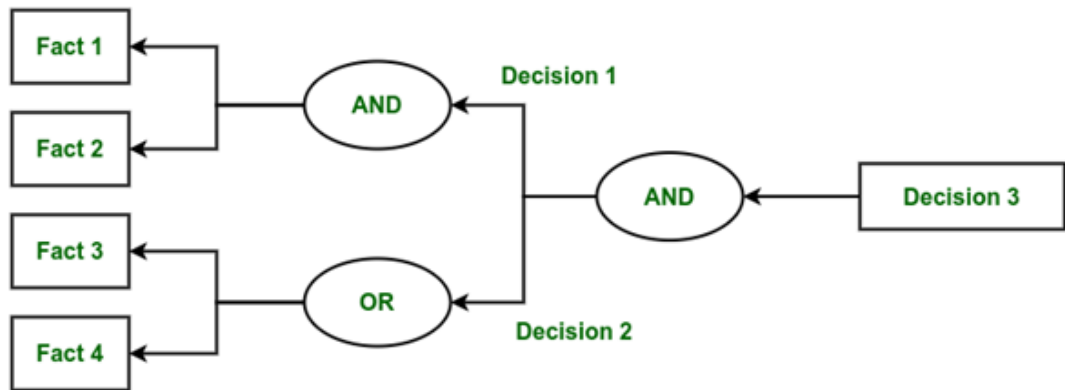
- 1) Прямий вивід.
- 2) Зворотний вивід.

Прямий вивід - це стратегічний процес, який використовується ЕС для відповіді на питання "Що станеться далі". Цей підхід в основному використовується для управління завданнями, такими як створення висновків, результатів чи наслідків. Наприклад, передбачення стану руху на фондовому ринку [35].



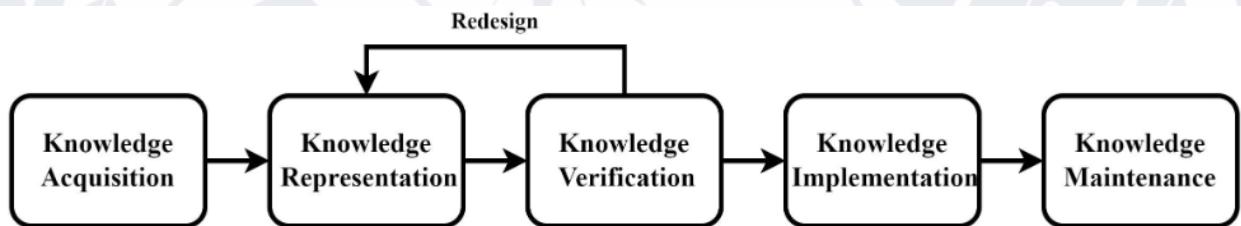
Зворотний вивід - це стратегія, яку використовує ЕС для відповіді на питання "Чому це сталося". Цей підхід в основному використовується для

визначення кореневої причини або причини за тим, що вже сталося. Наприклад, діагностика болю в животі, лейкемії або денге і т. д.



Розробка експертних систем

Вміння проектування зводиться до створення та підтримки експертної системи. Нижче наведено діаграму, що представляє різні кроки у розробці експертної системи:



Спочатку збираються знання (Knowledge Acquisition), від людських експертів. Цей процес включає різні техніки, включаючи інтерв'ю, анкетування та спостереження.

На другому кроці перетворюємо отримані знання перетворюються у формат, який система може розуміти та використовувати (Knowledge Representation). Цей формат може мати різні форми, такі як правила, фрейми, семантичні мережі або онтології, залежно від характеру знань та вимог системи.

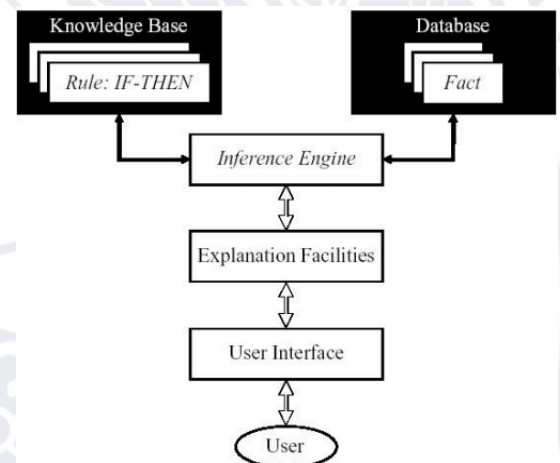
На третьому кроці потрібно переконатись, що знання в експертній системі є точними та повними (Knowledge Verification). Це може включати тестування експертної системи за допомогою відомих даних або порівняння її рекомендацій з рекомендаціями людських експертів.

Після підтвердження валідності реалізовується система (Knowledge Implementation), використовуючи інференційний рушій.

Нарешті, потрібно підтримувати базу знань ЕС, регулярно оновлюючи її новою інформацією (Knowledge Maintenance). Цей процес включає додавання нових правил, модифікацію існуючих або видалення застарілої інформації. В цілому процес проектування знання є ітеративним, і кожен крок може потребувати перегляду та уточнення по мірі розвитку експертної системи.

Методи, що застосовуються в ЕС

Методи, які застосовуються в ЕС, надають засоби для представлення знань, прийняття рішень і розв'язання складних проблем. Наведені нижче деталізовані описи методів, а також наведені приклади використання кожного з них:



I. *Правила вирішення (rule-based systems)*: Цей метод використовує правила, що містять логічні умови і дії для прийняття рішень. ЕС складається з бази знань, яка містить набір правил. Коли поступає запит або задача, система застосовує ці правила для вирішення проблеми або надання відповіді. Наприклад, в продуктивній системі для контролю якості виробу можуть бути правила, які засвідчують якість продукту на основі вимог та характеристик.

II. *Кейс-базові методи (case-based reasoning)*: Цей метод використовує схожість до раніше вирішених задач для розгляду поточної ситуації. ЕС зберігає базу даних раніше розглянутих ситуацій і відповідних рішень. Коли з'являється нова задача, система шукає схожість зі збереженими випадками і використовує відповідне рішення або модифікує його для поточної ситуації. Наприклад, у системі медичної діагностики можуть бути збережені випадки пацієнтів з певними симптомами і відомими діагнозами. При появі нового

пацієнта з аналогічними симптомами система може рекомендувати подібний діагноз або проконсультуватись з лікарем.

Сюди ж відноситься НКК - це метод, який дозволяє представляти та моделювати нечіткі знання та залежності між ними. Вона використовує нечіткі множини та правила, які дозволяють описати нечіткість і неоднозначність в знаннях. Кейс-базові методи базуються на схожості з раніше вирішеними задачами, а НКК може допомогти врахувати нечіткість і неоднозначність у вирішенні поточної ситуації. Наприклад, якщо є база даних з різними випадками пацієнтів і їх симптомами, можна використати НКК для моделювання нечітких зв'язків між симптомами і діагнозами. При появі нового пацієнта зі схожими, але не ідентичними симптомами, НКК може допомогти врахувати неоднозначність та визначити ймовірність різних діагнозів на основі схожості з раніше вирішеними випадками.

III. Еволюційні алгоритми: Цей метод використовує методи еволюції та генетичного програмування для оптимізації рішень. Він моделює процес природного відбору для пошуку найкращих рішень в заданій проблемі. ЕС створює популяцію можливих рішень і застосовує генетичні оператори, такі як схрещування і мутація, для знаходження оптимального рішення. Наприклад, у задачі оптимізації розкладу можуть бути застосовані еволюційні алгоритми для знаходження найкращого розкладу з урахуванням обмежень і вимог.

IV. Логічне програмування: Цей метод використовує логічні формалізми для представлення знань та виведення рішень. Мови програмування, такі як Пролог і Answer Set Programming (ASP), використовуються для формалізації знань у вигляді логічних правил і запитів до системи. Логічне програмування базується на логіці предикатів і може використовувати інформацію з бази даних для виведення рішень. Наприклад, в експертній системі для діагностики може бути використаний Пролог для представлення медичних правил і виконання запитів щодо симптомів пацієнта.

V. *Нейромережі*: Цей метод використовує штучні нейронні мережі для моделювання та вивчення складних залежностей. Нейромережі складаються з взаємопов'язаних штучних нейронів, які виконують обчислення та розпізнавання патернів. Вони можуть бути навчені на основі вхідних даних для класифікації, прогнозування або інших завдань. Наприклад, нейромережі можуть використовуватись для автоматичного розпізнавання образів у системах комп'ютерного зору або для прогнозування цін на фондовому ринку.

VI. *Математичні методи*: Цей метод використовує математичні моделі та алгоритми для аналізу та вирішення задач. Математичні методи можуть включати оптимізацію, лінійне програмування, динамічне програмування та інші техніки. Вони застосовуються для вирішення проблем з точністю та ефективністю. Наприклад, в ЕС для планування маршрутів можуть бути використані математичні моделі оптимізації для знаходження найкоротшого маршруту з урахуванням обмежень.

VII. *Байєсівський підхід*: Цей метод використовує статистичні методи, що базуються на теорії ймовірностей та формулі Байєса. Він застосовується для моделювання невизначеності та прийняття рішень. Байєсівський підхід дозволяє оновлювати ймовірності та ваги різних гіпотез на основі нової інформації. Він широко використовується у багатьох галузях, включаючи медичну діагностику, фінансовий аналіз та обробку природної мови.

VIII. *Статистичні методи*: Цей метод використовується для аналізу та обробки даних, включаючи методи регресії, класифікації та кластеризації. Він дозволяє знаходити закономірності та шаблони в даних та здійснювати прогнозування на їх основі. Наприклад, в ЕС для прогнозування попиту можуть бути використані статистичні методи регресії для знаходження залежностей між факторами і попитом.

IX. *Ріст*: Цей метод використовується для автоматичного виявлення правил, залежностей та патернів у великих обсягах даних. Він базується на

аналізі даних та пошуку складних зв'язків між ними. Ріст може використовуватись для виявлення асоціативних правил, класифікації та кластеризації даних. Наприклад, у системі рекомендацій можуть застосовуватись методи росту для виявлення зв'язків між покупками користувачів і рекомендавання подібних товарів.

Засоби будування ЕС

Засоби будування експертних систем можуть включати різні компоненти, від мов програмування та фреймворків до інструментів для зберігання та обробки знань. Детальний опис деяких засобів із прикладами:

1. Мови програмування.

Python: Python є однією з найпопулярніших мов програмування для розробки експертних систем. Його простота, легкість читання та велика кількість бібліотек роблять його відмінним вибором. Наприклад, бібліотека PyCLIPS надає засоби для роботи з мовою CLIPS, яка використовується для розробки експертних систем.

Java: Java є ще однією популярною мовою програмування, яка використовується для будування експертних систем. У Java існує декілька фреймворків, таких як Drools, які дозволяють визначати правила та логіку експертної системи.

Prolog: Prolog є мовою програмування, спеціально призначеною для логічного програмування. Вона часто використовується для розробки експертних систем, оскільки логічне програмування добре підходить для визначення правил та логіки розуміння.

2. Фреймворки та інструменти розробки.

CLIPS (C Language Integrated Production System): CLIPS - це інтегрована система розробки, що базується на мові C, яка надає потужні засоби для

створення експертних систем. Вона має вбудований інтерпретатор правил та можливості логічного виведення.

Jess: Jess - це правилний мовний фреймворк, який є реалізацією мови Jess, основаної на Java. Він надає засоби для створення та виконання експертних систем з використанням правил.

Drools: Drools - це фреймворк, що базується на мові Java, який надає потужні засоби для визначення бізнес-правил та логіки експертної системи. Він дозволяє визначати правила з використанням мови деревовидних правил.

3. Системи управління базами знань (СУБЗ).

MySQL: MySQL є однією з найпопулярніших систем управління базами даних. Вона може використовуватися для зберігання фактів, правил та інших компонентів експертної системи.

PostgreSQL: PostgreSQL - це потужна відкрита система управління базами даних, яка також може використовуватися для зберігання знань експертної системи.

4. Машинне навчання.

TensorFlow: TensorFlow - це популярна бібліотека машинного навчання, яка надає засоби для розробки та навчання нейронних мереж. Її можна використовувати у складі експертних систем для аналізу та класифікації даних.

Scikit-learn: Scikit-learn - це бібліотека машинного навчання для Python, яка містить реалізації різних алгоритмів класифікації, кластеризації та регресії. Вона може бути використана для побудови моделей у експертних системах.

Це лише кілька прикладів засобів, які можуть бути використані для будівництва експертних систем. Вибір конкретних засобів залежить від вимог проекту та конкретних потреб розробки

Потреба в ЕС

Потреба у ЕС виникає з наступних основних причин:

1. Високі витрати на експертну оцінку. Експертні працівники є дорогими і рідкісними, і організації не завжди можуть собі дозволити їхню наявність.

2. Недостатня кількість експертів. Недостача кваліфікованих експертів є серйозною проблемою в багатьох областях.

3. Здатність експертів до обробки обмеженої кількості факторів. Людські експерти можуть враховувати лише обмежену кількість факторів одночасно, тоді як ЕС можуть обробляти більший обсяг інформації.

Застосування ЕС

ЕС мають безліч застосувань у різних галузях, зокрема у сфері охорони здоров'я, фінансів, інженерії та інших.

Медична діагностика: ЕС може допомогти медичним фахівцям встановлювати діагнози хвороб, аналізувати симптоми та надавати варіанти лікування на основі медичної історії, симптомів та результатів тестування. Наприклад, MYCIN є експертною системою для діагностики бактеріальних інфекцій.

Фінансове планування. ЕС може допомагати у фінансовому плануванні, такому як стратегія інвестування, планування пенсій та податкове планування, на основі фінансового стану та цілей користувача. Наприклад, LenddoEFL є цифровою фінансовою платформою включення, яка використовує машинне навчання для оцінки кредитного ризику фізичних осіб та малих підприємств.

Контроль якості. ЕС може допомагати виявляти дефекти або проблеми з якістю, аналізуючи дані виробництва або результати тестування. Прикладом є ЕС DENDRAL для визначення хімічної структури.

Підтримка клієнтів. ЕС може допомагати клієнтам усувати технічні проблеми або надавати поради щодо продукту на основі запитань або введених даних користувача. Прикладом ЕС є XCON, яка використовується для налаштування комп'ютерних систем.

Застосування ЕС в бізнесі: переваги та обмеження

До бізнес-застосувань ЕС входять:

1. Продажі та маркетинг: визначення знижок, обсягу і різних факторів, пов'язаних з продажами.

2. Виробництво: визначення правильності або неправильності процесу виробництва і вчасне виправлення помилок.

3. Облік: допомога у прийнятті фінансових рішень і рішень щодо авторизації кредитів.

4. Бізнес: допомога у плавному управлінні бізнесом, навчанні та оцінці продуктивності.

Нижче представлено декілька прикладів ЕС у бізнесі продажів та програми, які їх реалізують.

1. Salesforce Einstein. Це розширення CRM-системи Salesforce, яке використовує штучний інтелект та аналітику для прогнозування продажів, підвищення продуктивності продажів і надання рекомендацій з покращення обслуговування клієнтів [29].

2. IBM Watson Sales Assistant. Це інтелектуальний помічник для продажів, який використовує машинне навчання та аналіз даних для надання продавцям рекомендацій щодо того, як покращити продажі та взаємодіяти з клієнтами [30].

3. XANT Playbooks. Це платформа для автоматизації і оптимізації продажів, яка використовує аналітику і прогнозування для рекомендацій щодо оптимальних дій продавців [31].

4. InsideSales.com Predictive Playbooks. Ця платформа використовує аналітику та прогнозування для надання інсайтів щодо того, які клієнти мають найбільший потенціал для успішних продажів та як краще з ними взаємодіяти [32].

Ці ЕС базуються на штучному інтелекті та машинному навчанні для аналізу даних, прогнозування та надання рекомендацій продавцям, щоб покращити їхні результати у сфері продажів та маркетингу.

Різні методології ЕС [33] дозволили ЕС подолати їх обмеження, пов'язані з їх правилами. Однак ще довго треба працювати. Розробка ЕС продовжує бути витратною та часомісткою задачею. Крім того, вони можуть вирішувати

складні проблеми в дуже вузькій області, і не завжди експертам легко передавати свої специфічні знання. ЕС часто викликають недовіру з боку користувачів, тобто керівників, які не можуть звикнути до ідеї того, що комп'ютерна програма буде приймати рішення замість них. Керівники, більше схильні до інструментів для сприяння прийняттю рішень, ніж до автоматичного прийняття рішень.

Дуже часто у бізнес-системах містяться невизначені та розмиті, неструктуровані знання, оскільки більшість знань виражається у термінах причин та наслідків. Крім того, кожен практикуючий у бізнесі, тобто експерт, має свою власну точку зору на ефективне управління бізнесом.

Висновок до розділу 1

В даному розділі звіту проведено огляд стану питання. Перший розділ роботи розпочинається з обґрунтування актуальності вибраної теми, де відзначається важливість бізнесу та продажів товару як об'єкта дослідження. Бізнесові процеси та прийняття рішень у сучасному світі вимагають більш точних та ефективних методів, а ЕС можуть стати потужним інструментом для цього.

Проаналізовано роль ЕС в бізнесі та відзначено їхні переваги, визначено обмеження та недоліки ЕС, що потребують вирішення.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ

2.1 Огляд питання

У контексті виробничих та стратегічних викликів часто стикаємося з ситуаціями, де інформації недостатньо для вибору оптимальних шляхів дії. Вирішення проблем, таких як визначення цінової політики, стратегічний розвиток компанії та аспекти політичних впливів, потребує аналізу широкого спектру можливостей та врахування наявних ресурсів. Наприклад, визначення впливу зниження цін на обсяг продажів та рентабельність або вибір вкладень у високотехнологічне обладнання вимагає чіткого розуміння наслідків цих дій.

Однак основна проблема полягає у тому, що широкий спектр можливих дій породжує невизначеність у механізмі та очікуваних результатах. Аналогічно до ситуації в кабіні літака, де обсяг приладів та елементів управління великий, але визначення їхнього впливу не завжди очевидне.

Складним є залучення зовнішнього світу, де вплив покупців, дії конкурентів та динаміка будівельної галузі роблять суб'єкти дій менш прогнозованими. У цьому контексті роль відповідальної особи за певні процеси відсутня, що відрізняється від внутрішнього середовища фірми, де кожен процес має свого власника.

Моделювання цієї складної ситуації виявляється непростим завданням. Більшість існуючих методологій моделювання, спрямованих на строгість, надто фокусуються на внутрішній системі, ініціюючи відділення її від зовнішнього середовища. Спроби моделювання зовнішнього середовища, такі як SWOT і PEST, часто виявляються обмеженими у кількісних оцінках та точності.

Прагнучи знайти рішення, потрібно викласти бачення ситуації на папері з двох причин. По-перше, це дозволяє відокремити своє сприйняття від проблеми для аналізу "глухих кутів" та виявлення нових підходів. По-друге, це сприяє спільному розумінню проблеми в колективі, де необхідна єдина мова та модель.

Однак для успішного вирішення проблеми необхідна динамічна та функціональна модель, спрямована на зміни та досягнення конкретних результатів.

2.2 Когнітивні карти

В контексті вивчення вказаної проблеми, проведено аналіз основних характеристик (чинників), що можуть бути вимірні, включаючи якісні оцінки, такі як "багато", "мало", "зростає", "зменшується". Останні дві характеристики виступають як індикатори змін у цих чинниках і служать основою для створення динамічної моделі. Ці характеристики відображаються у вигляді точок на аркуші паперу та будуються причинно-наслідкові зв'язки між ними за допомогою стрілок, які з'єднують ці точки. Наприклад, якщо є залежність "якщо чинник А зростає, то чинник Б також зростає", то позначається стрілкою, яка вказує від точки А до точки Б, використовуючи позитивне значення (+) на цій стрілці. У випадку зменшення одного чинника при зростанні іншого, стрілка позначається негативним значенням (-). Всі відомі причинно-наслідкові зв'язки розташовуються на діаграмі та перевіряється, чи додані зайві елементи (це складний аналіз, оскільки непотрібні зв'язки часто виявляються як "сліпі кути" у свідомості).

Результатом цього процесу є когнітивна карта проблеми, яку в математиці можна описати термінами "знаково орієнтований граф" або "орграф". Точки на діаграмі називаються вершинами, а стрілки - ребрами. За допомогою когнітивної карти проблеми можна проаналізувати певну ситуацію з різних позицій:

1. Виділення цільових чинників - тих, які потрібно змінити у бажаному напрямку, обмежуючи їхню кількість.

2. Визначення рушійних сил - чинників, які піддаються контролю в межах можливостей. Якщо таких чинників немає, можна провести аналіз розвитку ситуації, наприклад, у випадку прогнозування погоди.

Проте, потреба у використанні телефонів має прямий вплив на об'єм ринку, оминаючи довгий процес формування звички (див. рис. 2.2). Фактично, вона може бути ідеальним рушійним механізмом для впливу на ситуацію.

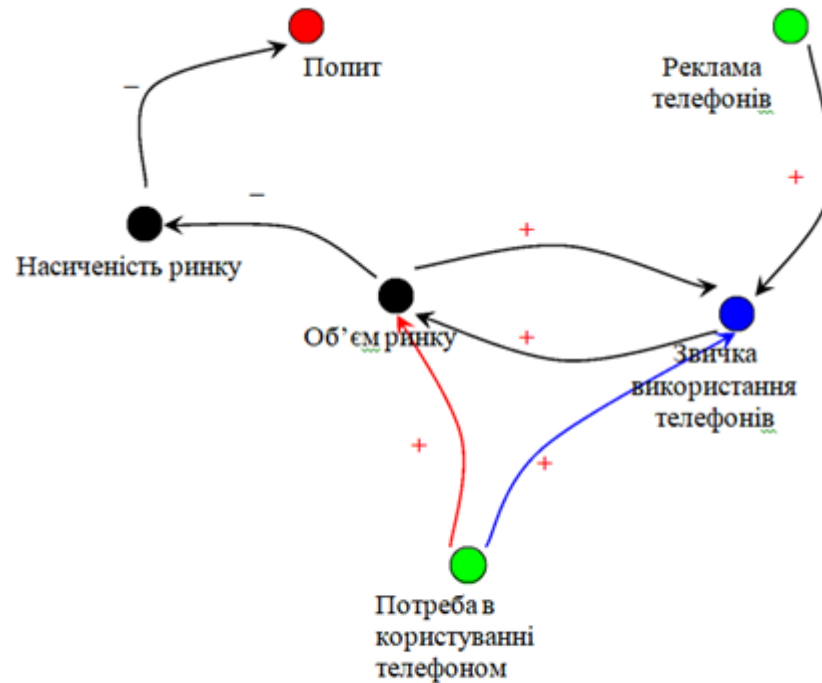


Рис. 2.2. Когнітивна карта ринку мобільних телефонів (остаточна)

Отже, завдяки аналізу механізмів взаємодії чинників, майже без використання конкретних кількісних оцінок, вдалося вирішити проблему. Цей випадок є окремим, оскільки виявлено "глухий кут" у мисленні та перетворено його у можливість розв'язання проблеми. Зазвичай же, ситуації є набагато більш складними та вимагають додаткових зусиль для вирішення.

2.3 Математика взаємодії чинників

Вище фокус був переважно на якісних характеристиках ситуації та взаємодії між чинниками, але іноді цього може бути недостатньо. Для кращого розуміння ситуації представлено приклад карти продажу продукції підприємства (див. рис. 2.3).

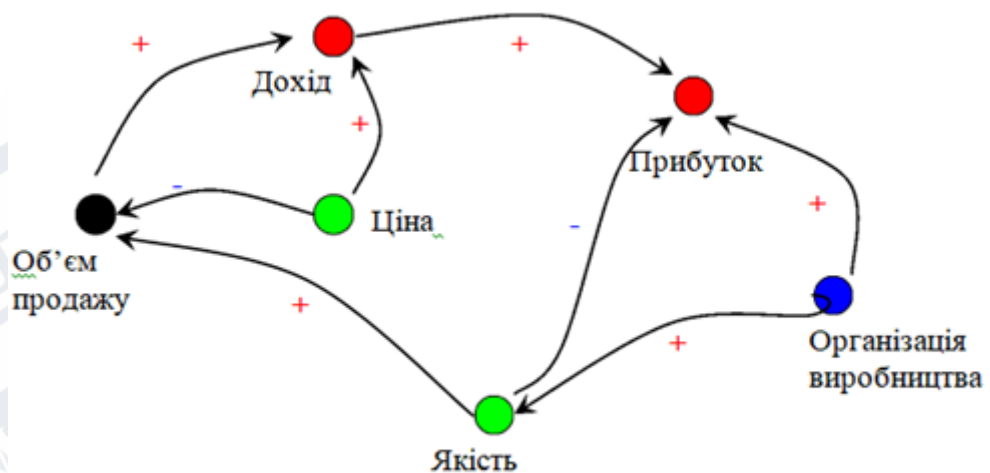


Рис. 2.3 Когнітивна карта продажу

У розглянутому трикутнику Ціна - Об'єм продажу - Дохід, виявляється, що при зміні ціни при незмінному об'ємі продажу, дохід збільшується, що є арифметичною залежністю. Те ж саме відбувається при збільшенні об'єму продажу при постійній ціні. Однак, при зростанні ціни, об'єм продажу зменшується, що вже відноситься до економічних аспектів.

З'ясування загального ефекту на дохід при зміні ціни вимагає зважування цих дій, оскільки одного знаку дії не вистачає для повного розуміння. Для цього спочатку потрібно розібратись у вимірюванні факторів. Ціна, дохід і прибуток виражаються у гривнях, а об'єм продажу вимірюється у штуках. Але як вимірюється організація виробництва? Тут можна використати якісні оцінки, такі як "вона на висоті", "залишає бажати кращого" або "низька". Те саме можна сказати про різні зовнішні фактори, такі як "ажіотажний попит", "залежність товару" або "незадоволення населення екологією". У таких випадках немає звичайних кількісних мір, але може бути побудована шкала якісних оцінок, наприклад, від "відсутньої" дії до "сильної" або "визначаючої". Цей підхід відомий як "лінгвістичне значення", а фактори, які мають такі оцінки, називаються "лінгвістичними змінними". Цьому опису можуть бути надані числові значення, для чого і розроблений апарат нечіткої логіки, який не є предметом подробиць у цьому контексті.

Найбільш поширеним підходом є інтерпретація матриці як перетворення процентних змін причин в процентні зміни наслідків. Наприклад, якщо на карті є зв'язок $A \rightarrow B$ з вагою $+0,8$, це означає, що якщо величина фактора A зросте на 10% , то величина фактора B зросте на 8% ($10\% \times 0,8$). Це дозволяє розглядати фактори на одній моделі, не звертаючи особливо уваги на одиниці вимірювання.

Зрозуміло, що такий підхід не є дуже точним, але числові оцінки цікаві для отримання якісних висновків, щоб зрозуміти, який важіль треба рухати вгору або вниз, або оцінити, наскільки сильно кінцевий результат залежить від кожного з них. Пізніше можна розглянути, який важіль є дешевшим для пересування і як управляти системою взагалі.

2.4 Методологія побудови і аналізу когнітивних моделей

Основна ідея полягає у систематичному викладі відомої інформації про проблему та її об'єднанні для подальшого аналізу. Важливо оцінити результати з точки зору здорового глузду та інтуїції експертів. Якщо це узгоджується, переходиться до аналізу можливих сценаріїв і наслідків. Якщо не вдається досягти бажаного результату, повертається до початку і розглядається можливі зміни, пропуски або надмірність.

Зазвичай існують дві взаємопов'язані задачі: пряма - вивчення впливу зовнішніх факторів на ситуацію, і зворотна - визначення дій, необхідних для досягнення бажаного результату.

Найважливішим є постійний моніторинг моделі, що означає постійне порівняння з реальністю. В кінцевому рахунку, когнітивна модель є формалізованою уявою про реальність. Вона не тільки ґрунтується на об'єктивних законах, але також повинна працювати, оскільки приймаються рішення, стикаючись з реальністю і досить успішно функціонують. Основа поведінки людини полягає у постійному отриманні нової інформації з навколишнього світу та коригуванні поведінки на її основі. Аналогічно, з

когнітивною моделлю слід підтримувати постійне оновлення інформації.

2.5 Математика когнітивних моделей

Розглянемо деякі математичні інтерпретації когнітивних карт.

М'які математичні моделі. У контексті м'яких математичних моделей, першим варіантом є ситуація, коли всі чинники можна виміряти кількісно, і їх взаємодію можна виразити у формі математичної формули з набором параметрів. Цей варіант є бажаним, оскільки використання математики надає нам широкий набір інструментів. Наприклад, модель "хижак-жертва" в екосистемі, яка складається з двох вершин і чотирьох ребер, може бути описана за допомогою відомої моделі Лотка-Вольтерра, яка описує боротьбу за існування. За допомогою математичних методів можна прогнозувати розвиток ситуації і аналізувати стійкість отриманого рішення.

Однією з переваг цих методів є "повний" опис ситуації в часі, що дозволяє оцінювати тенденції розвитку ситуації та чітко розрізняти незворотні зміни від коливальних змін. Наприклад, жорстка модель Лотка-Вольтерра має коливальне рішення, де кількості хижаків і жертв змінюються в циклічному порядку. У той же час, математичні моделі, що використовуються для розрахунків бізнес-планів, зазвичай мають експоненціальну асимптотику.

Однак, серйозним недоліком є те, що математика працює з відносно простими моделями. Якщо система стає досить складною, то математичний опис всіх можливих рішень стає неможливим, і можливі тільки чисельні моделювання.

Модель підсумовування дії чинників. Запропонована модель розглядає підсумовування дії чинників і використовує математичні підходи для опису взаємодії між цими чинниками. Зазвичай, взаємодія чинників не має чіткого реального механізму і описується словесно. У цьому випадку, можна вибрати відповідну математичну модель і перевірити, наскільки вона відповідає розумінню ситуації. Можна проігнорувати реальні одиниці вимірювання чинників і привести їх до загальної форми. Зазвичай, експерти описують

взаємодію чинників таким чином: "При значному зростанні чинника А, чинник Б трохи зменшується". В цьому описі немає конкретних одиниць вимірювання. Тому ми можемо спробувати сформулювати закон так: "Якщо значення чинника А зростає на x_k відсотків, то значення чинника m зменшується на x_m відсотків". Це можна виразити за допомогою формули

$$\bar{X}(t + 1) = F(\bar{X}(t), W)$$

У такій моделі взаємодія між чинниками повністю визначається матрицею суміжності $W = (W_{mk})$ орієнтованого графа. Якщо ребро між вершинами k та m відсутнє на когнітивній карті, то $W_{mk} = 0$. При цьому кожному ребру графа приписується вага. Отримана структура називається зваженим орієнтованим графом.

Зазвичай, вимагають, щоб $-1 < W_{mk} < +1$, що відповідає інерційності аналізованої системи, де зміна одного чинника не має значного впливу на інші чинники. Більш жорсткою вимогою є стійкість системи до локальних збурень, коли невелика зміна може призвести до розбалансу всієї системи. У реальності такі ситуації можливі. Щоб забезпечити затухання наслідків дії, необхідно, щоб відображення значень чинників з моменту t до моменту $t + 1$ було стискаючим.

Для подальшого аналізу потрібно розглянути модель колективної дії декількох зв'язків на чинник. Якщо у вершину входить кілька стрілок, то як взаємодіють зміни по кожній стрілці - підсумовуються, перемножуються або діє інший закон? Це питання не має однозначної відповіді. Взаємодія змін чинників в момент часу $t + 1$ повністю визначається матрицею суміжності W орієнтованого графа і вектором змін чинників в момент часу t за формулою

$$\bar{X}(t + 1) = W * \bar{X}(t).$$

Простою інтерпретацією є підсумовування,

$$X_m(t + 1) = \sum_k W_{mk} * X_k(t),$$

$$X_m(t + 1) = W_{mN} * X_N(t)$$

що відповідає фізичному закону підсумовування сил. Для аналізу таких рівнянь використовується лінійна алгебра, а перевірка чи відображення є стискаючим легко підраховується.

Модель нелінійної взаємодії чинників. У попередньому розділі розглянуто лінійну модель формули

$$\bar{X}(t + 1) = W * \bar{X}(t),$$

проте існують інші моделі, які можна використовувати. Якщо лінійна модель відображає аналогію фізичного світу, де сили підсумовуються, то можна розглянути психологічні моделі. Одна з можливих моделей - коли враховується вплив всіх чинників, що діють, але визначальним є найсильніший з них. Цей принцип може мати іншу інтерпретацію - коли експертно оцінюється сила впливу причин на наслідки, тоді припускається, що інші чинники не впливають. Але насправді це не так, і інтуїція підказує, що інші причини також впливають, хоча й у меншій мірі. Тобто сила впливу, яка обчислюється, враховує певний сумарний результат всіх причин за умови, що інші причини мають незначний вплив. Тоді формула може бути записана наступним чином:

$$X_m(t + 1) = W_{mN} * X_N(t),$$

де N - значення, для якого досягається $\max_k (|W_{mk} * X_k(t)|)$

В цьому випадку умовою стислості відображення буде $-1 < W_{mk} < +1$, що вже є природним наслідком побудованої моделі.

Як вже зазначалося раніше, міркування про взаємодію чинників часто є недостатньо чіткими та наближеними. Отже, і висновки, які робляться, також

будуть наближеними. Щоб оцінити достовірність цих висновків, використовуються механізми нечіткої логіки.

Інтерпретація залишається такою ж, але вона стосується не максимального позитивного або негативного впливу, а сумарних позитивних та негативних дій.

Інтервали значень можуть мати лінгвістичну інтерпретацію, наприклад, "Неможливо", "Можливо", "Достовірно" та інші.

На завершення розгляду математичних інтерпретацій, варто зазначити важливість матриці суміжності. Як видно, вона суттєво визначає поведінку моделі. Як знайти значення ваг ребер? Для лінійної інтерпретації

$$X_m(t + 1) = W_{mN} * X_N(t)$$

одним з методів може бути статистичний аналіз (рівняння лінійної регресії), для нелінійної моделі потрібна більш точна статистика. Варто врахувати, що статистичні методи працюють лише там, де вже є достатня історична статистика системи, що, можливо, не завжди доступна.

Іншим методом розрахунку значень матриці суміжності є метод парних порівнянь - "чинник А має більший вплив, ніж чинник Б" [36].

2.6 Нечітка когнітивна карта

НКК, які були вперше введені Б. Коско [37], представляють собою результат узагальнення бінарних когнітивних карт, запропонованих Р. Аксельродом [38], які були розроблені для моделювання динаміки причинно-наслідкових зв'язків у соціально-політичних системах. НКК - це орієнтований граф зі зваженими ребрами (див. рис. 2.4). Вершини графа, позначені як C_i , відповідають вхідним і вихідним змінним, які враховуються в моделі. Зважені ребра графа відображають силу впливу W_{ij} зміни однієї змінної C_i на зміну іншої C_j . Термін "когнітивний" вказує на те, що вихідними даними для моделювання є суб'єктивні думки експерта, висловлені словами, такими як "підвищується" або "знижується", наприклад: "збільшення C_i призводить до

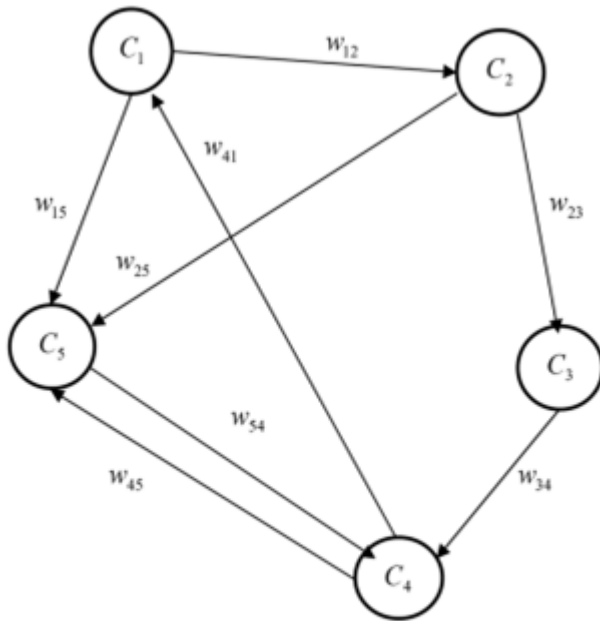


Рис. 2.4. Приклад нечіткої когнітивної карти

зменшення C_j ". У бінарних когнітивних картах [38], "збільшення" оцінюється як "+1", а "зменшення" - як "-1". Загальний вигляд НКК дозволяє аналізувати складні взаємозв'язки між концептами у соціально-політичних системах та встановлювати важливі причинно-наслідкові зв'язки. Ця модель може бути корисною для прогнозування та аналізу різних явищ у суспільстві та політиці, допомагаючи краще розуміти та передбачати їхні наслідки.

Термін "нечіткі" вказує на те, що у НКК [37] використовуються різні рівні "підвищення" та "зниження". Вони визначаються числами з інтервалів $[0, 1]$ та $[-1, 0]$, що відповідає термінам "слабо", "середньо", "сильно" і так далі, які використовуються в теорії нечітких множин [39].

Сила впливу оцінюється експертно за допомогою лінгвістичних термів та шкали термометра яку представлено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Оцінка сили впливу

Шкала термометра	Лінгвістичні оцінки	Числові значення
	Позитивна максимальна	1
	Позитивна вище за середнє	0.75
	Позитивна середня	0.5
	Позитивна нижче середнього	0.25
	Відсутня	0
	Негативна нижче середнього	-0.25
	Негативна середня	-0.5
	Негативна вище середнього	-0.75
	Негативна максимальна	-1

З точки зору теорії ідентифікації [40, 41], яка займається відновленням закономірностей на основі експериментальних даних, НКК є апроксиматором залежності "вхід - вихід" з взаємодіючими входами. Як і будь-який інший апроксиматор, такий як регресія, нечіткі правила, нейронна мережа та інші, НКК містить параметри, які можуть бути налаштовані, шляхом мінімізації відмінності між модельними та експериментальними значеннями виходу. Якщо експериментальні дані "вхід - вихід" недоступні, то якість моделі цілком залежить від кваліфікації експерта.

Попередники НКК є так звані каузальні когнітивні карти (СМs), які використовуються для відображення каузальних знань індивідів або груп у візуальних структурах, що показують поняття та їх каузальні зв'язки [42],

схожі на карту (див. рис. 2.5). У цьому прикладі концепт А призводить до збільшення концептів В і С (позитивні стрілки), тоді як концепт С призводить до збільшення концепту В і до зменшення концепту D (негативна стрілка). СМs широко використовувалися в політичних, соціологічних та управлінських дослідженнях [43], але вони мають практичні обмеження: через те, що вони фундаментально якісні за своєю природою, важко аналізувати великі карти зі складними взаємозв'язками та практично неможливо робити висновки про динамічну поведінку представленої системи. Наприклад, просто глянувши на рис. 2.5, неможливо сказати, чи призведе збільшення концепта А до збільшення чи зменшення концепта D: шлях через концепт С вказує на зменшення, тоді як прямий шлях через концепт В і опосередкований шлях через С до В вказують на збільшення. Крім того, існує зворотній зв'язок між С, який, збільшуючись, зменшує А.

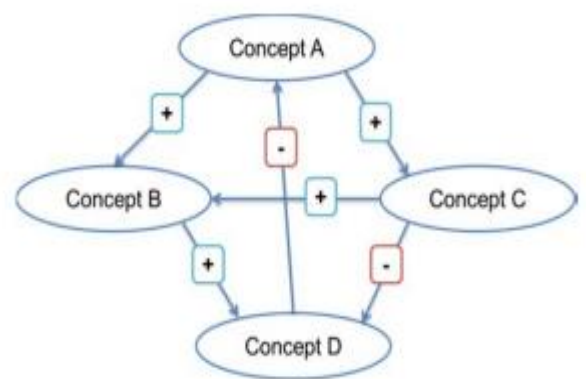


Рис. 2.5. Каузальна КК

НКК було запропоновано як засіб для поліпшення практичності КК, застосовуючи теорію нейронних мереж [44], щоб зробити можливими динамічні висновки.

Перший крок - це представити НКК разом із відповідною матрицею суміжності (2.1), яка відображає структуру моделі НКК

$$E = \begin{bmatrix} 0 & +1 & +1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & +1 \\ 0 & +1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Для дослідження зміни кожного поняття, спричиненої конкретним рішенням чи сценарієм, використовується вектор стану, який має один рядок і n (кількість понять) стовпців, і помножується на матрицю суміжності.

Наприклад, якщо концепт А активований, а інші вимкнуті на рис. 2.5, початковий вектор стану виглядає таким чином;

$$S_0^T = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0] \quad (2.2)$$

Цей вектор помножений на матрицю суміжності у рівнянні (2.1), що призводить до нового вектора виводу. Цей вихідний вектор знову і знову множиться на матрицю суміжності, поки система не стабілізується і вхідні та вихідні вектори стають ідентичними.

Проте в нейронних мережах не всі стимули (вхідні вектори) є достатньо сильними для активації інших концептів (тобто зміни вихідного значення інших концептів). У теорії нейронних мереж, а також в НКК, це моделюється за допомогою функцій стиснення (або порогів). Існують кілька типів функцій стиснення, таких як бінарні, лінійні, сигмоїдні та гіперболічні тангенси:

$$\text{- бінарна функція: } f(x) = \begin{cases} -1, & \text{for } x < 0 \\ 0, & \text{for } x \geq 0 \\ 1, & \text{for } x > 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

$$\text{- лінійна функція: } f(x) = \begin{cases} -1, & \text{for } x \leq -1 \\ x, & \text{for } -1 < x < 1 \\ 1, & \text{for } x \geq 1 \end{cases} \quad (2.4)$$

$$\text{- сигмоїдальна функція: } f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}} \quad (2.5)$$

$$\text{- гіперболічна тангенс функція: } f(x) = \tan \lambda x = \frac{e^{\lambda x} - e^{-\lambda x}}{e^{\lambda x} + e^{-\lambda x}} \quad (2.6)$$

Де λ відповідає за рівень насичення активації поняття. Функція стиснення перетворює множені значення матриці суміжності і попереднього вектора стану в новий вектор стану, як показано нижче:

$$S_t = f(E * S_{t-1}) \quad (2.7)$$

де t - це певний момент ітерацій. Ітерація цього процесу триває до того моменту, коли вектор стану досягає стабільного стану або задовольняє критерію зупинки. Нарешті, останній стан і поведінка кожного елемента вектора стану можуть бути інтерпретовані відповідно до мети аналізу.

Для НКК ми можемо будувати динамічні системи які є циклічними, таким чином в циклі доступний зворотній зв'язок. Змінна кожного концепту має ініціальне значення на підставі думки експерта для конкретного стану. НКК тоді вільна для взаємодії допоки не настане стан рівноваги. Станом рівноваги можна вважати стан коли новий вектор стану рівний попередньому вектору стану.

Генетично еволюційно розвинені НКК

ГЕНКК є обчислювальною моделлю, яка поєднує концепції нечіткої логіки та еволюційних алгоритмів для вирішення складних завдань моделювання та прийняття рішень. Ця методологія була розроблена для обробки нечіткої та неструктурованої інформації, а також для управління складними системами.

Основна ідея ГЕНКК полягає в тому, щоб створити нечітку когнітивну карту, яка може еволюціонувати і покращуватися з часом за допомогою генетичних алгоритмів.

Генетичний алгоритм.

Для вирішення нелінійної проблеми оптимізації пропонується використовувати генетичний алгоритм, що базується на наступних концептах та операціях:

- хромосома – кодована версія рішення;
- популяція – ініціальний набір рішень;
- фітнес функція – критерій для опцій селекції;
- схрещування – операція генерації дочірніх хромосом з батьківських хромосом;
- мутація – випадкова зміна в елементах хромосоми.

Загальна структура генетичного алгоритму має форму:

початок

- t:=0; присвоєння початкового значення;
- оцінка за допомогою фітнес функції;

поки (поки умови зупинки не виповняться) **робити**

схрещування;

мутація;

оцінка за допомогою фітнес функції;

обрати кращий результат ; $t:=t+1$;

кінець

кінець

Генетичні алгоритми використовуються для еволюції структури та параметрів НКК, щоб покращити її продуктивність та здатність приймати рішення. Це досягається шляхом створення популяції різних когнітивних карт, піддаючи їх мутаціям та кросс-продукції, а потім оцінюючи та вибираючи кращих індивідів.

ГЕНКК знаходять застосування в різних галузях, включаючи управління ресурсами, фінансовий аналіз, медичну діагностику та інші області, де потрібно моделювання та прийняття рішень на основі нечіткої та невизначеної інформації. Ця методологія дозволяє автоматизувати процес аналізу та прийняття рішень, роблячи його більш ефективним та точним.

У ГЕФКК використовується генетичний алгоритм для обчислення оптимальних ваг зв'язків між концептами в НКК на основі бажаних рівнів активації одного або кількох концептів, які виступають як обмеження для НКК і впливають з політичних, соціальних, фізичних чи економічних вимог. Бажані рівні активації встановлюють мету для аналізу. ГЕФКК потім обчислює рівні активації інших концептів у НКК, враховуючи бажані рівні активації. Через процес дефузифікації розробляється значення аналізу. Це дуже потужний підхід, оскільки додає еволюційну перевагу для НКК. Тепер, не лише НКК може забезпечити розумний підхід до планування та прийняття рішень, але і ГЕФКК тепер дозволяє досягати оптимальних стратегій, пов'язаних із виділенням ресурсів для типових проблем у прийнятті рішень, політиці та плануванні

2.7 Розробка моделі та алгоритму прийняття рішень

Нечітка когнітивна карта була використана, зокрема у бізнес продажах, для видобуття, інтеграції та аналізу розуміння учасників(виробників товару та споживачів) щодо продуктів у розробці нових продуктів для збільшення їх продажів.

Процес створення НКК поділяється на шість кроків [45]. По-перше, слід уточнити цілі моделювання та потреби в інформації. Наступним кроком є планування збору відповідної інформації. Для цього потрібно визначити джерела знань (наприклад, експертів чи літературу) та методику збору знань (наприклад, інтерв'ю чи текстовий аналіз). За допомогою цього плану зафіксуються основні концепти знань, і досліджується очікувана динамічна поведінка системи. Четвертий і п'ятий кроки передбачають розробку НКК від концептуального до детального проекту. Одночасно в цих кроках слід визначити розумну функцію стиснення (порогову функцію) та початкові вектори стану. Нарешті, після випробування результати НКК інтерпретуються та підтверджуються.

2.8 Програмне забезпечення для генерації НКК

Доступно небагато інформації щодо визначеного програмного забезпечення для роботи з системами на основі НКК. Більш того, існуючі програмні реалізації не надають розширених можливостей для налаштування параметрів моделі. Відсутність таких можливостей призводить до розриву між останніми теоретичними досягненнями у дослідженні НКК і розробкою точних та математично обґрунтованих систем на основі НКК. Розглянемо найбільш репрезентативні програмні інструменти для НКК.

FCM Modeler [46] це реалізація для робочого столу, призначена для моделювання загальних НКК. Вона включає простий графічний інтерфейс користувача і надає підтримку для групового прийняття рішень на якісну статичну модель. Вона була розроблена як загальний інструмент для моделювання, але проект так і не розвинувся в цьому напрямку. Автори також

пропонували включити базовий алгоритм машинного навчання для налаштування набору ваг.

Аналогічний підхід був виявлений в **FCM Designer** [47]. Цей інструмент дозволяє змінювати правила виводу, вибираючи функцію переходу та критерій зупинки. Головним недоліком є відсутність алгоритмів навчання для обчислення параметрів, що характеризують систему. Незважаючи на це обмеження, за допомогою цього програмного інструменту було створено декілька модельних сценаріїв, включаючи використання НКК для простих завдань, пов'язаних із наглядом і керуванням.

FCM-Analyst [48] сприяє симуляції та впровадженню НКК з підтримкою базового малювання та налаштування функції переходу. Ця функція була цікавою, оскільки пропонується редактор, здатний визнавати рівняння, що підтримують різні функції.

FCM Tool [49] - це програмний інструмент на Java, який дозволяє створювати складні моделі на основі НКК за допомогою інтерактивної візуалізації графа. Він дозволяє аналізувати сценарії та налаштовувати процес висновку НКК. Ще однією важливою функцією є включення агрегаційних операторів для об'єднання кількох систем на основі НКК в єдиний базовий варіант представлення знань. Оскільки FCM Tool був призначений для вирішення конкретної проблеми прийняття рішень, це означає, що його алгоритми не можна використовувати для вирішення більш загальних завдань класифікації шаблону. З іншого боку, FCM Tool використовує конкретні файли для обробки історичних даних, які генеруються реалізацією автоматизованого інженера знань, такі особливості сприяють відсутності загальності.

Перспективним програмним інструментом, запропонованим нещодавно, є **Mental Modeler** [50], який включає веб-інтерфейс для підтримки фізичних осіб та спільнот у стандартизованому форматі для аналізу сценаріїв. Цей програмний інструмент розроблено для підтримки групового прийняття рішень, дозволяючи експертам у галузі спільно представляти та перевіряти свої припущення щодо системи. Mental Modeler може використовуватися головним

чином не IT особами, зазвичай експертами або зацікавленими сторонами у певній галузі, які потребують створити просту когнітивну карту та симулювати її поведінку для деяких сценаріїв. Основними недоліками цієї реалізації НКК є відсутність методів навчання та обмежені можливості експериментування.

Нещодавно була представлена бібліотека **Java Fuzzy Cognitive Maps (JFCM)** [51] для моделювання нечітких когнітивних мереж. Бібліотека невелика і проста, але може використовуватися для створення різних когнітивних мереж. Бібліотека JFCM дозволяє завантажувати мережі з файлів XML, що збільшує її портативність. Ідея за бібліотекою полягає в створенні перехідних модулів, які можуть використовуватися при необхідності розв'язування задач на основі НКК в певній проблемі. Взаємодія з цією бібліотекою вимагає перевикористання і модифікації вихідного коду для моделювання конкретних функцій, що є обмеженням для неекспертних користувачів.

Інтелектуальна Експертна Система на основі Когнітивних Мереж (ISEMK) [52], дозволяє моделювати системи підтримки прийняття рішень на основі НКК та нейронних мереж. ISEMK включає багатоетапний алгоритм градієнтного навчання та два методи еволюційного пошуку (наприклад, генетичний алгоритм з реальним кодом) для налаштування моделі НКК. Крім того, він включає два алгоритми навчання для багатосарових нейронних мереж, які використовуються для прогнозування часових рядів, і підтримує візуалізацію результатів через відповідний графічний інтерфейс. Однак це програмне забезпечення в основному спрямоване на прогнозування часових рядів, що зменшує його використовуваність в більш загальних областях.

FCM Expert [53]. Основний акцент робиться на аналізі сценаріїв та класифікації паттернів. Головні можливості FCM Expert базуються на алгоритмах машинного навчання для обчислення параметрів, які можуть визначити модель, оптимізувати її топологію мережі та покращити збіжність системи без втрати інформації. Крім того, FCM Expert дозволяє виконувати

симуляції "WHAT-IF" та вивчати поведінку системи за допомогою дружнього, інтуїтивного та легкого у використанні графічного інтерфейсу користувача.

Висновок до розділу 2

В розділі 2 опрацьовано різні аспекти, пов'язані з розробкою моделі та алгоритму прийняття рішень на основі НКК. В цьому розділі було проведено огляд питання, що дозволило зрозуміти актуальність та значущість досліджуваної теми. Дослідження включало в себе розгляд КК, їх математичну основу та методологію побудови і аналізу когнітивних моделей.

З'ясовано математичні аспекти взаємодії чинників у когнітивних моделях, а також математичні підходи до моделювання когнітивних процесів. Дослідження НКК дозволило поглибити розуміння принципів нечіткості та їх використання в аналізі та моделюванні складних ситуацій.

Завершальною частиною розділу була розробка моделі та алгоритму прийняття рішень на основі накопиченого знання про КК та нечіткість. Використано отримані знання та методи для створення інструменту, який може допомогти в прийнятті рішень у складних умовах, коли інформація не є абсолютно точною або повністю визначеною.

РОЗДІЛ 3

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИМОГ ЩОДО ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ В СИСТЕМІ «ВИРОБНИК-ПОКУПЕЦЬ» НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ І ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Якість продукції – це сукупність властивостей, що забезпечують задоволення потреб користувачів. Формування вимог до цих властивостей (критеріїв якості) – це складний ітеративний процес, який виконується з врахуванням інтересів виробників та користувачів. З однієї сторони виробник хвилюється про те, щоб його товар завойовував увагу покупця. З іншої сторони, користувач хоче бачити товар, який хочеться купити.

Важливим критерієм, яким цікавиться споживач є ціна продукту, що впливає на бажання його купити, натомість для заводу виробника важливою являється собівартість продукції, яка залежить від обладнання, технологічної підготовки виробництва, поставок сировини, де знайти потрібних працівників і т. д. Тобто є такі критерії якими споживач взагалі не цікавиться, натомість вони важливі для виробника і впливають на інші критерії

Однією з ключових проблем, яку необхідно враховувати при формуванні вимог до якості продукції, є конфлікт інтересів між виробником і споживачем. Виробник, маючи на меті максимізацію прибутку та оптимізацію виробничих процесів, часто акцентує увагу на технічних аспектах продукту, таких як собівартість та ефективність виробництва. З іншого боку, споживач цікавиться не лише технічними параметрами, але і властивостями, які забезпечують задоволення його потреб та очікувань.

Наприклад, виробник може прагнути зменшити витрати на виробництво, що може вплинути на якість виготовленого продукту. У той же час споживач може прагнути до отримання високоякісного товару, готового задовольнити його вимоги та надійно служити. Такий конфлікт інтересів вимагає розробки методів оптимізації, щоб забезпечити баланс між потребами обох сторін.

Серед множини всіх критеріїв, що впливають на інтереси виробника та користувача, завжди можна виділити три групи:

- загальні критерії, зв'язані одночасно з виробником та споживачем;
- специфічні критерії, зв'язані з виробником;
- специфічні критерії, зв'язані з інтересами користувача.

Вимоги до загальних критеріїв якості, як правило, формуються маркетингологами на основі вивчення потреб ринку.

Враховуючи вплив критеріїв якості не тільки на інтереси виробника і користувача, але і один на одного, виникає задача оптимізації: як вибрати вимоги до специфічних критеріїв якості, які, з однієї сторони, відповідають загальним вимогам, а з іншої, - найкращим чином відповідають цілям виробника і користувача?

В цьому розділі пропонується підхід до постановки і вирішення такої задачі оптимізації на основі НКК і генетичного алгоритму. Пропонований підхід ілюструється на прикладі RVC, який є одним із побутових продуктів штучного інтелекту, які найбільше продаються.

Для емпіричного моделювання багатофакторних залежностей за допомогою НКК використовуються результати роботи [54].

Експертна інформація, звірена з критеріями якості робота-пилососа запозичена з роботи [55].

Пропонується, що є експерт чи група експертів, які можуть сформулювати:

- цільові функції виробника та користувача;
- множини критеріїв якості, які враховують виробник та користувач;

- ступені впливу критеріїв якості один на одного, які використовуються при побудові НКК, для моделювання цільових функцій виробника та користувача;

- обмеження щодо допустимих значень рівнів показників якості, які використовуються в математичній постановці задачі оптимізації.

3.1 Узагальнена постановка оптимізації

Нехай:

$A_1 \in [0, 1]$ - рівень привабливості продукту, вираховується на основі НКК продавця.

$A_2 \in [0, 1]$ - бажання купити продукт, вираховується на основі НКК покупця.

M_1 - множина факторів, що впливають на A_1 (вони враховуються в НКК₁ – продавця).

M_2 - множина факторів, що впливають на A_2 (вони враховуються в НКК₂ – споживача).

$M_0 = M_1 \cap M_2$ – множина факторів(концептів) які є спільними для НКК₁ та НКК₂.

M_{s1} - множина факторів, специфічних для НКК₁, таких що

$$M_1 = M_{s1} \cup M_0.$$

M_{s2} - множина факторів, специфічних для НКК₂, таких що

$$M_2 = M_{s2} \cup M_0.$$

$A_1 = F_1(M_{s1}, M_0)$ – модельована за допомогою НКК₁ залежність A_1 від факторів, що впливають (продавця).

$A_2 = F_2(M_{s2}, M_0)$ – модельована за допомогою НКК₂ залежність A_2 від факторів, що впливають (покупця).

Задачу оптимізації сформуємо таким чином.

Знайти такі значення(рівні) факторів(концептів), що входять в множину M_{s1}, M_0 і M_{s2} , які:

- задовольняють необхідні обмеження,
- мінімізують відхилення A_1 від A_2 , тобто

$$|A_1 - A_2| \xrightarrow{M_{s1}, M_0, M_{s2}} \min,$$

де $A_1 = F_1(M_{s1}, M_0),$

$$A_2 = F_2(M_{s2}, M_0).$$

Блок схема задачі оптимізації показана на рис. 3.1

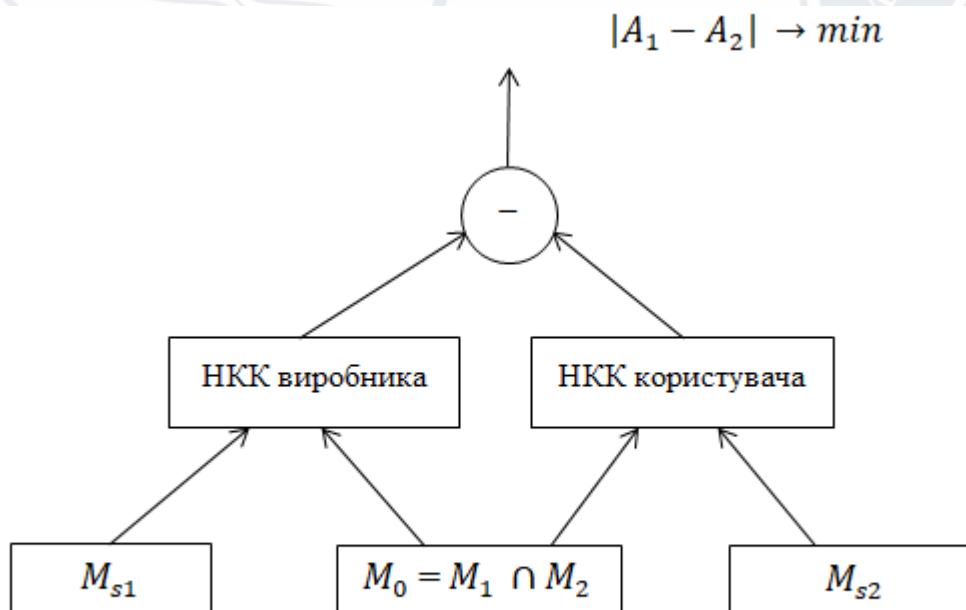


Рис. 3.1. Блок схема задачі оптимізації.

3.2 Оптимізація вимог до якості RVC

3.2.1 Критерії якості.

Таблиця 3.1 - Критерії якості RVC.

Позначення	Критерій	Враховує	
		Виробник	Споживач
C_1	Привабливість(Attractiveness)	+	
C_2	Бажаність(Desirable)		+
C_3	Корисність(Utility)	+	+
C_4	Безпека(Safety)	+	+
C_5	Шум(Noise)	+	+
C_6	Результати прибирання (Cleaning performance)	+	+
C_7	Мобільність(Mobility)	+	+
C_8	Витривалість(Durability)	+	+
C_9	Потужність всмоктування (Suction Power)	+	+
C_{10}	Ємність акумулятора (Battery Capacity)	+	+
C_{11}	Зовнішній вигляд(Appearance)	+	+
C_{12}	Вартість(Cost)	+	
C_{13}	Зручність інтерфейсу (Easiness of User Interface)	+	
C_{14}	Складність інтелектуальності (Complexity of Intelligence)	+	
C_{15}	Кількість зарядок (Frequency of Charging)	+	
C_{16}	Ємність контейнера для сміття (Dust Bin Capacity)	+	
C_{17}	Обслуговування споживачів (Customer Service)		+
C_{18}	Частота обслуговування (Frequency of Maintenance)		+
C_{19}	Ціна(Price)		+
C_{20}	Естетичний дизайн(Aesthetic Design)		+

Продовження таблиці 3.1

Позначення	Критерій	Враховує	
		Виробник	Споживач
C_{21}	Легкість використання(Ease of Use)		+
C_{22}	Вага(Weight)		+
C_{23}	Інтелектуальність(Intelligence)		+
C_{24}	Діапазон прибирання(Cleaning Range)		+
C_{25}	Водонепроникність(Water Proof)		+
C_{26}	Прибирання країв(Edge cleaning)		+
C_{27}	Площа прибирання за одним зарядом(Cleaning Area per Charge)		+
C_{28}	Мультифункціональність (Multifunctionality)		+

Список критеріїв якості робота-пилососа, які використовуються виробником та споживачем представлений в табл. 1.

З цієї таблиці видно, що

$$M_1 = \{C_1, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}, C_{16}\};$$

$$M_2 = \{C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}, C_{17}, C_{18}, C_{19}, C_{20}, C_{21}, C_{22}, C_{23}, C_{24}, C_{25}, C_{26}, C_{27}, C_{28}\};$$

$$M_0 = \{C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}\};$$

$$M_{s1} = \{C_1, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}, C_{16}\};$$

$$M_{s2} = \{C_2, C_{17}, C_{18}, C_{19}, C_{20}, C_{21}, C_{22}, C_{23}, C_{24}, C_{25}, C_{26}, C_{27}, C_{28}\};$$

Вважатимемо, що $A_i \in [0, 1]$ – це рівень критерія C_i . Тоді цільова функція виробника (A_1) і споживача (A_2) в загальному вигляді виглядає так:

$$A_1 = F_1(A_i, \dots, A_j, \dots, A_k) \quad (3.1)$$

$$A_2 = F_2(A_i, \dots, A_j, \dots, A_k) \quad (3.2)$$

Для отримання цільових функцій (3.1) і (3.2) будемо використовувати апарат НКК.

3.3 Нечітка когнітивна карта виробника

НКК виробника показана на рис. 3.2.

Матриця ваг дуг для НКК виробника має вигляд:

$$W_1 = \begin{matrix} & C_1 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 & C_{10} & C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \\ C_8 \\ C_9 \\ C_{10} \\ C_{11} \\ C_{12} \\ C_{13} \\ C_{14} \\ C_{15} \\ C_{16} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.25 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.3)$$

Застосування матриці (3.3) дозволяє прогнозувати рівень (A_1) привабливості (C_1) RVC для заданого вектора рівнів критеріїв якості заводу-виробника:

$$[A_1, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}]$$

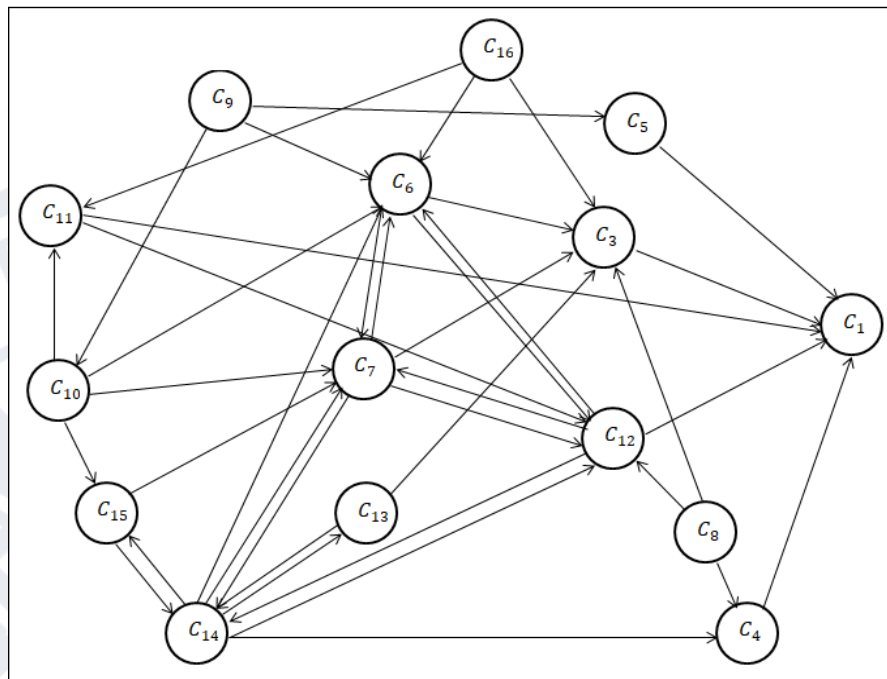


Рис. 3.2. Нечітка когнітивна карта виробника.

Приклад 1. Нехай вектор рівнів якості для критеріїв що впливають на A_1 (привабливість) має вигляд

A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}
0.21	0.99	0.69	0.81	0.01	0.46	0.55	0.97	0.57	0.46	0.41	0.57	0.54	0.79

(3.4)

Покрокова динаміка зміни цих рівнів якості із врахуванням їх взаємного впливу показана на рис. 3.3

З нього видно, що вектор (3.4) забезпечує привабливість RVC на рівні $A_1 = 0.51$.

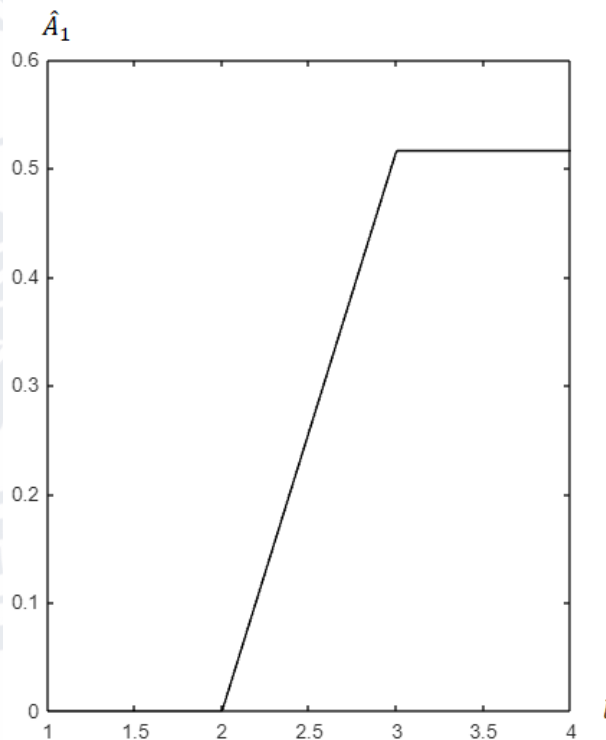


Рис. 3.3. Динаміка зміни параметра «Привабливість» (A_1)

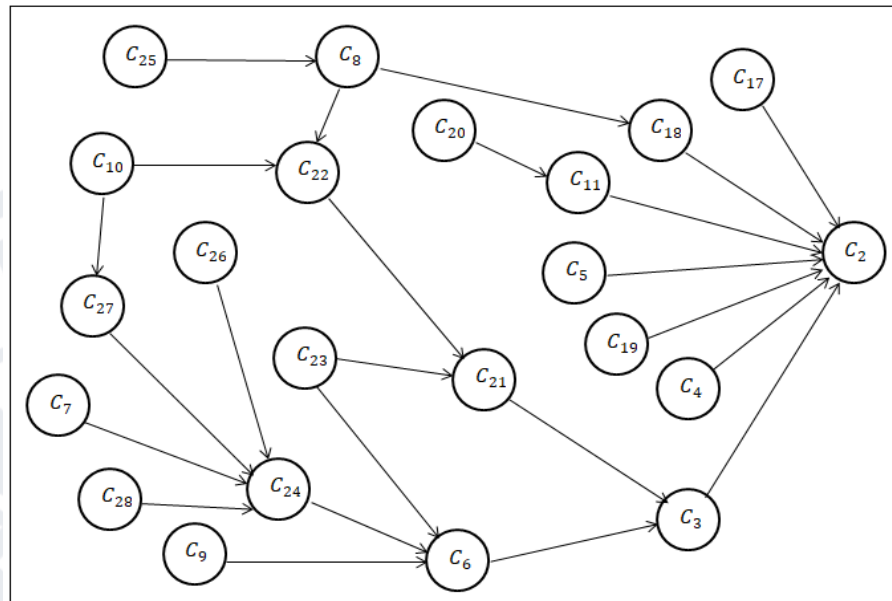


Рис. 3.4. Нечітка когнітивна карта споживача

Застосування матриці дуг для НКК споживача (3.5) забезпечує прогнозування рівня (A_2) бажаності покупки RVC при заданих рівнях якості, запропонованих покупцем

$$[A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}, A_{21}, A_{22}, A_{23}, A_{24}, A_{25}, A_{26}, A_{27}, A_{28}]$$

Приклад 2. Нехай вектор рівнів якості для критеріїв що впливають на A_2 (бажання купити) має вигляд

A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
0.61	0.12	0.64	0.62	0.95	0.72	0.29
A_{10}	A_{11}	A_{17}	A_{18}	A_{19}	A_{20}	A_{21}
0.29	0.06	0.48	0.40	0.33	0.21	0.34
A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_{27}	A_{28}
0.23	0.95	0.73	0.54	0.21	0.87	0.97

(3.6)

Покрокова динаміка зміни цих рівнів якості із врахуванням їх взаємного впливу показана на рис. 3.5

З нього видно, що початковий вектор (3.6) забезпечує бажання купити RVC на рівні $A_2 = 0.44$.

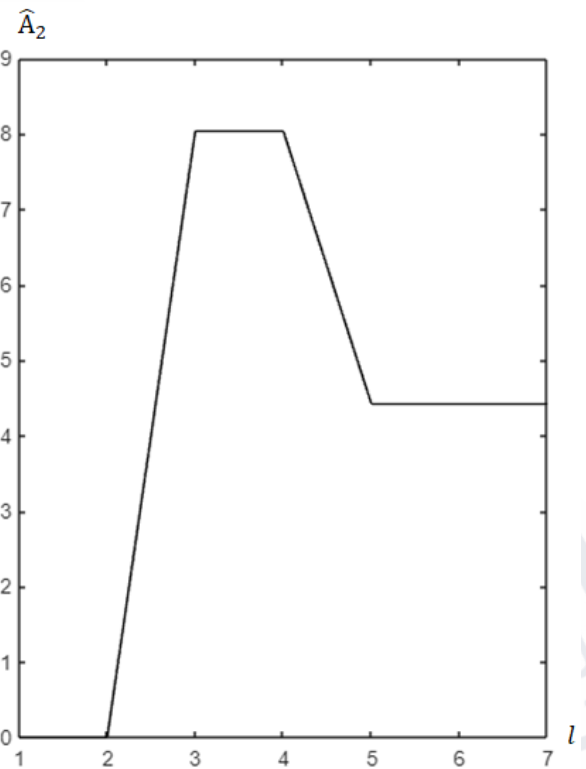


Рис. 3.5. Динаміка зміни параметра «Бажаність» (A_2)

3.5 Оптимізація вимог щодо якості робота-пилососа

Припустимо, що відомі обмеження, представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Обмеження щодо рівнів якості критеріїв, спільних для виробника та споживача.

Рівень критерію	Сценарій		
	1	2	3
A_3	[0.60, 0.90]	[0.00, 0.30]	[0.10, 0.40]
A_4	[0.50, 0.80]	[0.10, 0.40]	[0.00, 0.30]
A_5	[0.10, 0.40]	[0.60, 0.90]	[0.30, 0.70]
A_6	[0.70, 1.00]	[0.50, 0.80]	[0.60, 0.90]
A_7	[0.70, 1.00]	[0.50, 0.80]	[0.40, 0.70]
A_8	[0.15, 0.45]	[0.60, 0.90]	[0.20, 0.50]
A_9	[0.40, 0.70]	[0.70, 1.00]	[0.70, 1.00]
A_{10}	[0.50, 0.80]	[0.10, 0.40]	[0.30, 0.60]
A_{11}	[0.60, 0.90]	[0.20, 0.50]	[0.10, 0.40]

Задачу математичного програмування, необхідну для оптимізації вимог щодо якості робота-пилососа у системі «виробник-покупець» сформулюємо наступним чином:

Знайти такі значення рівнів якості, які задаються виробником (із множини M_1), тобто

$$[A_1, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}]$$

та споживачем (із множини M_2), тобто

$$[A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, \\ A_{20}, A_{21}, A_{22}, A_{23}, A_{24}, A_{25}, A_{26}, A_{27}, A_{28}]$$

які відповідають обмеженням на рівні спільних критеріїв з табл. 3.2 і забезпечують мінімальне розходження привабливості робота-пилососа (A_1) та бажання його купити (A_2), тобто $|A_1 - A_2| \rightarrow \min$.

Для вирішення задачі оптимізації використовувався генетичний алгоритм, що базується на наступних концептах та операціях[56]:

- хромосома – кодована версія рішення;
- популяція – ініціальний набір рішень;
- фітнес функція – критерій для опцій селекції;
- кросинговер – операція генерації дочірніх хромосом з батьківських хромосом;
- мутація – випадкова зміна в елементах хромосоми.

Хромосома визначена як набір генів, що генерується в діапазоні заданих значень. Підмножина M_0 , містить елементи $A_i = R [\underline{A}_i, \overline{A}_i]$ де $R [\underline{A}_i, \overline{A}_i]$ це операція знаходження випадкового числа з інтервалу $[\underline{A}_i, \overline{A}_i]$. Підмножини M_{s1}, M_{s2} містять константні значення, задані експертно.

Схрещення пари батьківських хромосом дає ріст дочірньої хромосоми. Операція схрещування відбувається через випадковий обмін генами (елементи) батьківських хромосом. Для цього, кожному гену дочірньої хромосоми задається випадкове значення $\varepsilon_1 = R[1,0]$. Якщо $\varepsilon_1 \leq 0.5$ тоді цей ген береться з першої батьківської хромосоми, в іншому разі – з другої.

Кожен ген в хромосомі може піддатись мутації. Для цього, випадковий номер $\varepsilon_2 = R[1,0]$ та коефіцієнт мутації q застосовуються до кожного гена. Якщо $\varepsilon_2 \leq q$, тоді цей ген заміщується випадковим числом з проміжку допустимих значень.

Фітнес-функція це такий критерій, що чим краще хромосома відповідає критерію оптимізації, тим краща фітнес-функція. Для поставленої задачі оптимізації фітнес-функція має вигляд $|A_1 - A_2| \rightarrow \min$.

Відбір батьківських хромосом для кросинговеру не є випадковим. Найкращі рішення в пріоритеті. Чим краща фітнес-функція, тим більша ймовірність що дана хромосома дасть потомство. Коли виконується генетичний алгоритм, розмір популяції не змінюється. Тому після кросинговерів і мутацій з отриманої популяції необхідно видалити хромосоми, які мають найгірше значення функції відповідності.

Для генетичного алгоритму задамо наступні параметри:

Розмір популяції = 100, кількість генерацій = 50, коефіцієнт мутацій = 0.1, довжина хромосоми = 28. Приклад хромосоми виглядає так:

A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}
0.70	0.60	0.30	0.90	0.80	0.30	0.60	0.70	0.80	0.61	0.67	0.00	0.25
A_{16}	A_{17}	A_{18}	A_{19}	A_{20}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_{27}	A_{28}
0.41	0.85	0.61	0.33	0.15	0.97	0.66	0.72	0.62	0.46	0.44	0.65	0.84

Покрокова динаміка сходження критерію $|A_1 - A_2|$ до стійкого стану в процесі генетичної оптимізації для різних сценаріїв представлена на рис. 3.6-3.8, де N- номер кроку.

Час виходу на плато стійкого стану становить : 5.7 сек – для сценарію 1, 8.5 сек- для сценарію 2, 4.2 сек- для сценарію 3. Судячи з графіків, входження в стійкий режим відбувається повільно, а великі кількості кроків свідчать про складний характер нелінійної залежності цільової функції $|A_1 - A_2|$ від керованих змінних.

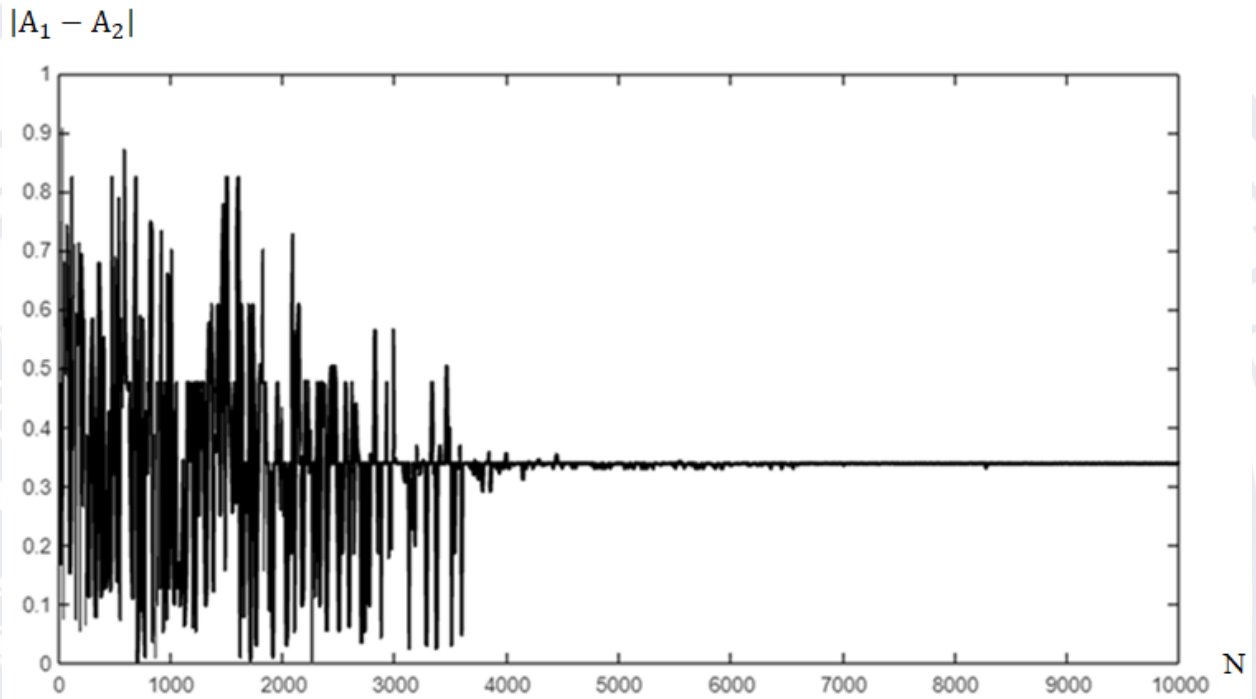


Рис. 3.6. Динаміка сходження функції $|A_1 - A_2|$ до стійкого стану (сценарій 1).

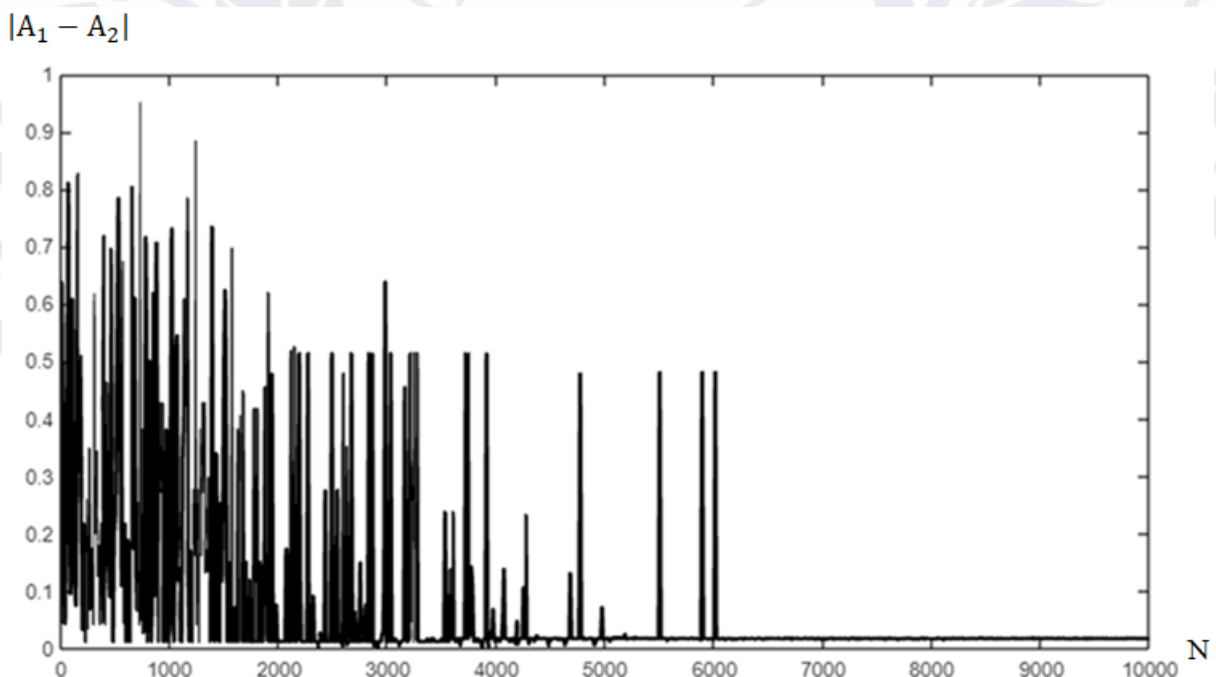


Рис. 3.7. Динаміка сходження функції $|A_1 - A_2|$ до стійкого стану (сценарій 2).

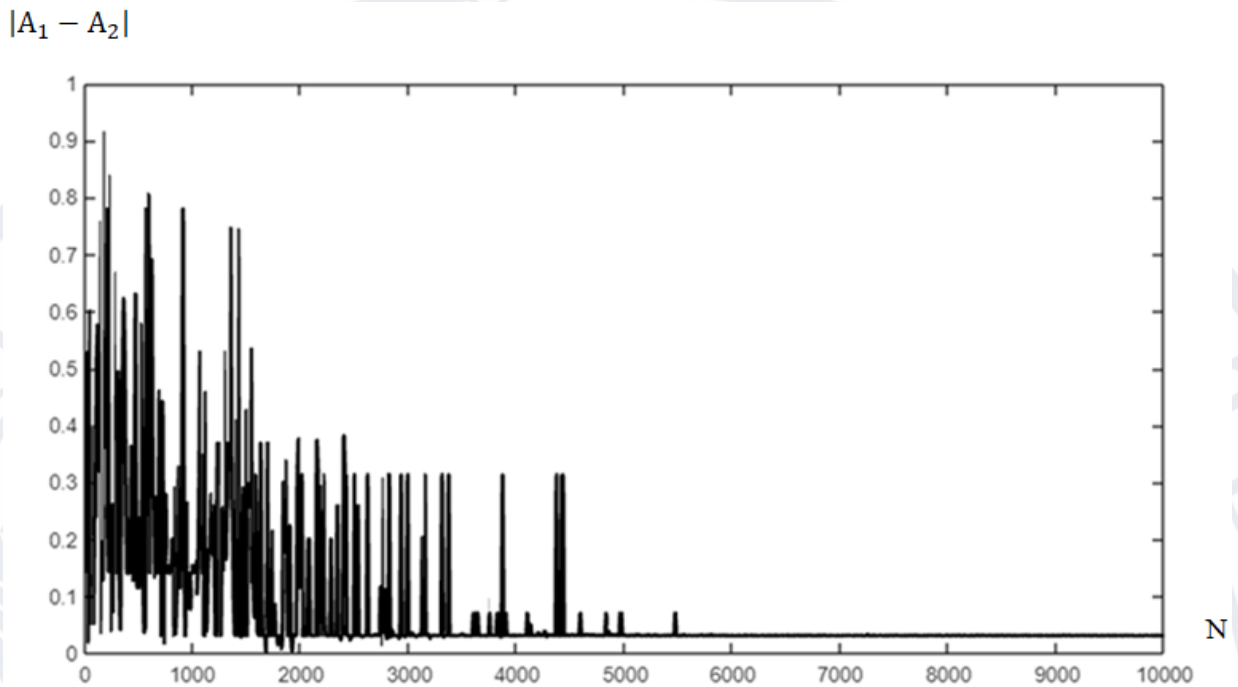


Рис. 3.8. Динаміка сходження функції $|A_1 - A_2|$ до стійкого стану (сценарій 3).

Оптимальні значення параметрів робота-пилососа для різних сценаріїв представлені у табл. 4, із якої можна зробити висновок, що сценарій 2 забезпечує найкращі значення цільових функцій виробника (A_1) і споживача (A_2).

Таблиця 3.3. Оптимальні значення параметрів RVC для різних сценаріїв

Рівень критерію	Сценарій 1	Сценарій 2	Сценарій 3
A_1	0.46	0.75	0.45
A_2	0.80	0.74	0.48
A_3	0.71	0.00	0.20
A_4	0.56	0.29	0.27
A_5	0.11	0.72	0.60
A_6	0.91	0.71	0.81
A_7	0.94	0.53	0.55
A_8	0.29	0.76	0.37
A_9	0.58	0.75	0.88
A_{10}	0.66	0.10	0.47
A_{11}	0.62	0.34	0.10
A_{12}	0.77	0.46	0.36
A_{13}	0.84	0.48	0.16
A_{14}	0.81	0.85	0.90
A_{15}	0.93	0.12	0.03
A_{16}	0.15	0.18	0.14
A_{17}	0.74	0.97	0.82
A_{18}	0.47	0.38	0.70
A_{19}	0.63	0.60	0.43
A_{20}	0.55	0.15	0.04
A_{21}	0.53	0.79	0.47
A_{22}	0.14	0.18	0.23
A_{23}	0.81	0.53	0.69
A_{24}	0.52	0.60	0.81
A_{25}	0.02	0.74	0.62
A_{26}	0.43	0.13	0.22
A_{27}	0.41	0.24	0.15
A_{28}	0.27	0.86	0.79
$ A_1 - A_2 $	$ 0.46 - 0.80 = 0.34$	$ 0.75 - 0.74 = 0.01$	$ 0.45 - 0.48 = 0.03$

Висновок до розділу 3

Оптимальний вибір параметрів якості продукції з урахуванням інтересів виробника і споживача є важливим завданням управління якістю, від якого залежить рівень продажів продукції. Складність вирішення цієї задачі пов'язана з тим, що на інтереси обох сторін впливає велика кількість взаємозв'язаних кількісних і якісних факторів, які можуть бути керованими змінними.

В цьому розділі показана та проілюстрована на прикладі RVC можливість вирішення задачі оптимального вибору параметрів якості на основі інтеграції нечітких когнітивних карт і генетичного алгоритму.

Нечіткі когнітивні карти дозволяють будувати цільові функції, необхідні для вирішення задачі оптимального вибору в термінах математичного програмування при довільній кількості керованих змінних.

Генетичний алгоритм забезпечує сходження до вирішення нелінійної задачі оптимізації за прийнятний час.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі проведено дослідження проблеми збільшення продажів за допомогою оптимізації вимог щодо якості продукції в системі "виробник-покупець". Для вирішення цієї проблеми було запропоновано використання нечітких когнітивних карт і генетичного алгоритму.

Запропонований підхід можна використовувати для сценарного моделювання в системах підтримки рішень з управління якістю виробів на етапі їх проектування.

За результатами проведеної роботи сформовано математичну постановку задачі.

Побудовано багатофакторні залежності за допомогою НКК виробника та споживача.

Проведено оптимізацію вимог щодо якості RVC для різних сценаріїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Bridge Group Inc [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.bridgegroupinc.com/>
2. Pacific Crest [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<http://www.pacificcrest.com/>
3. CSO Insights [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://salesenablement.pro/assets/2019/10/CSO-Insights-5th-Annual-Sales-Enablement-Study.pdf>
[%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8.pdf](https://salesenablement.pro/assets/2019/10/CSO-Insights-5th-Annual-Sales-Enablement-Study.pdf)
4. Inside Sales [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.insidesales.com/the-15-time-wasters/>
5. InsideSales [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.insidesales.com/>
6. Hubspot [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://blog.hubspot.com/sales/sales-process-?_ga=2.5076785.387041243.1529954704-1473552536.1524241231&_hstc=11361899.22dc3ba7edd3bbd70e6132cf3eb122e3.1696425781485.1696425781485.1696425781485.1&_hssc=11361899.1.1696425781486&_hsfp=2473410350
7. Call Hippo [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://callhippo.com/blog/marketing/best-day-time-make-business-call>
8. Spotio [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://spotio.com/blog/sales-statistics/>
9. Close [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://blog.close.com/39-shocking-stats-that-will-change-the-way-you-sell/>
10. Sprout Social [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://sproutsocial.com/insights/social-selling-metrics/>
11. Business [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

https://business.linkedin.com/content/dam/business/sales-solutions/global/en_US/c/pdfs/idc-wp-247829.pdf

12. Sales For Life [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<http://www.salesforlife.com/blog/infographics/the-state-of-social-selling-in-2016-infographic/?sp=6358526028466487508050>

13. Forbes [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<https://forbes.com/sites/markfidelman/2013/05/19/study-78-of-salespeople-using-social-media-outsell-their-peers/?sh=5f154b0ba39e>

14. IDC [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
https://business.linkedin.com/content/dam/business/sales-solutions/global/en_US/c/pdfs/idc-wp-247829.pdf

15. Harvard Business Review [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:

<https://hbr.org/2016/11/84-of-b2b-sales-start-with-a-referral-not-a-salesperson>

16. Wharton Business School [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:

https://faculty.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2013/05/Schmitt_Skiera_VandenBulte_2013_Referrral_Programs_2.pdf

17. NPS [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<https://www.qualtrics.com/experience-management/customer/net-promoter-score/>

18. Campaign Monitor [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:

<https://www.campaignmonitor.com/company/annual-report/2016/>

19. TOPO [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<http://blog.topohq.com/sales-development-technology-the-stack-emerges/>

20. Blog Hubspot [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
https://blog.hubspot.com/sales/sales-statistics?_hstc=11361899.22dc3ba7edd3bbd70e6132cf3eb122e3.1696425781485.1696425781485.1696444285061.2&_hssc=11361899.1.1696444285061&_hsfp=24

[73410350](#)

21. Blog Hubspot [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
[https://blog.hubspot.com/sales/salespeople-only-spent-one-third-of-their-time-selling-last-year?_hstc=11361899.22dc3ba7edd3bbd70e6132cf3eb122e3.1696425781485.1696444285061.2&_hssc=11361899.1.1696444285061&_hsfp=2473410350](https://blog.hubspot.com/sales/salespeople-only-spent-one-third-of-their-time-selling-last-year?_hstc=11361899.22dc3ba7edd3bbd70e6132cf3eb122e3.1696425781485.1696425781485.1696444285061.2&_hssc=11361899.1.1696444285061&_hsfp=2473410350)

22. Campaign Monitor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.campaignmonitor.com/resources/guides/email-marketing-new-rules/>

23. Harvard Business Review [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://hbr.org/2011/03/the-short-life-of-online-sales-leads>

24. Telenet і Ovation Sales Group [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<http://www.slideshare.net/JakeAtwood1/20-shocking-sales-stats>

25. M. Dasic, S. Trajkovic and B. Tesanovic, "The necessity of using expert systems in strategic decision making," Int. J. of Economics & Law, vol. 1, no. 1, pp. 27-35, Apr. 2011.

26. Banking [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://bank.caknowledge.com/transaction-processing-system-tps/>

27. Banking [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://bank.caknowledge.com/decision-support-system-dss/>

28. Banking [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://bank.caknowledge.com/expert-system-business/#Expert_System_In_Business

29. Salesforce [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.salesforce.com/eu/products/einstein/overview/>

30. IBM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.ibm.com/products/watson-assistant>

31. InsideSales [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.insidesales.com/playbooks/>
32. InsideSales [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.insidesales.com/>
33. S. H. Liao, "Expert system methodologies and applications—a decade review from 1995 to 2004," Expert Systems with Applications, vol. 28, issue 1, pp. 93-103, Jan. 2005.
34. (PDF) RISKS OF USING FUZZY COGNITIVE MAP IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT. Available from: https://www.researchgate.net/publication/361642376_RISKS_OF_USING_FUZZY_COGNITIVE_MAP_IN_BUSINESS_PROCESS_MANAGEMENT [accessed Oct 05 2023].
35. Geeks For Geeks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.geeksforgeeks.org/expert-systems/>
36. Когнітивні карти[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://iq.vntu.edu.ua/fm/fdb/963/journ/KCM/%D0%9A%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96_%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8.pdf
37. Kosko B. Fuzzy cognitive maps [Text] / B. Kosko // International Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 24. – P. 65-75.
38. Axelrod R. Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites [Text] / R. Axelrod. – Princeton: University Press, 1976.
39. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений [Текст] / Л. Заде. – М.: Мир, 1976.
40. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации [Текст] / Я.З. Цыпкин. – М.: Наука, 1984
41. Rotshtein A. Fuzzy Evidence in Identification, Forecasting and Diagnosis [Text] / A.Rotshtein, H. Rakytyanska. – Berlin: Springer, 2012.
42. R. Axelrod, Structure of Decision. The Cognitive Maps of Political Elites. Princeton: Princeton University Press, 1976.

43. C. Eden, F. Ackermann, and S. Cropper, “the Analysis of Cause Maps,” *J. Manag. Stud.*, vol. 29, no. 3, pp. 309–324, May 1992.
44. B. Kosko, “Hidden patterns in combined and adaptive knowledge networks,” *Int. J. Approx. Reason.*, vol. 2, no. 4, pp. 377–393, Oct. 1988.
45. A. J. M. Jetter, “Fuzzy Cognitive Maps for Engineering and Technology Management: What Works in Practice?,” in *2006 Technology Management for the Global Future - PICMET 2006 Conference*, 2006, no. c, pp. 498–512.
46. S. Mohr, *Software design for a fuzzy cognitive map modeling tool* (Tensselaer Poly-technic Institute, 1997).
47. J. Aguilar and J. Contreras, *The FCM designer tool*, in *Fuzzy Cognitive Maps*(Springer, 2010), pp. 71–87.
48. M. Margaritis, C. Stylios and P. Groumpos, *Fuzzy cognitive map software*, in *10th Int. Conf. on Software, Telecommunications and Computer Networks* (2002).
49. M. Léon, G. Nápoles, C. Rodriguez, M. M. García, R. Bello and K. Vanhoof, *A fuzzycognitive maps modeling, learning and simulation framework for studying complexsystem*, in *New Challenges on Bioinspired Applications* (Springer, 2011), pp. 243–256.
50. S. A. Gray, S. Gray, L. J. Cox and S. Henly-Shepard, *Mental modeler: A fuzzy-logiccognitive mapping modeling tool for adaptive environmental management*, in *201346th Hawaii Int. Conf. on System Sciences (HICSS)* (IEEE, 2013), pp. 965–973.
51. D. De Franciscis, *JFCM: A java library for fuzzy cognitive maps*, in *Fuzzy CognitiveMaps for Applied Sciences and Engineering* (Springer, 2014), pp. 199–220.
52. K. Poczeta, A. Yastrebov and E. Papageorgiou, *Learning fuzzy cognitive maps usingstructure optimization genetic algorithm*, *Annals of Computer Science and Informa-tion Systems* 5 (2015) 547–554.
53. ResearchGate [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/328218204_FCM_Expert_Software_Tool_f

or Scenario Analysis and Pattern Classification Based on Fuzzy Cognitive Maps

54. Rotshtein, A., Katelnikov, D. (2021). Fuzzy Cognitive Map vs Regression. *Cybernetics and Systems Analysis*, 57(1), 605-616.
55. B. S. Yoon and A. J. Jetter, "Investigation of Different Perspectives between Developers and Customers: Robotic Vacuum Cleaners," in *Proceedings of PICMET '14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; Infrastructure and Service Integration*, 2014, pp. 2307–2313.
56. M. Gen and R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Willey & Sons, New York (1997).

ДОДАТОК А ПРОГРАМНИЙ КОД

Базова функція для роботи з НКК

```
function [rez_matr] = cyprmethod(nach, matr, numsteps, outp_num)

N = size(matr, 1);

stan0 = zeros(N, 1);
stan1 = zeros(N, 1);
stan2 = zeros(N, 1);
rez_matr = zeros(numsteps + 1, N + 1);
rez_matr(1, 1) = 1.0;

for k = 1:N
    stan0(k) = 0.0;
    stan1(k) = nach(k);
    rez_matr(1, k + 1) = nach(k);
end

for k = 1:numsteps
    for m = 1:N
        stan2(m) = stan1(m);
        for t = 1:N
            stan2(m) = stan2(m) + matr(t, m) * (stan1(t) - stan0(t));
        end
    end
    rez_matr(k + 1, 1) = k + 1;

    for m = 1:N
        stan0(m) = stan1(m);
        stan1(m) = stan2(m);
        % Лінійна функція стиснення [0, 1]
        stan1(m) = min(1, max(0, stan1(m)));
        rez_matr(k + 1, m + 1) = stan1(m);
    end
end
end
```

Дані наступного програмного коду стосуються виробників RVC, для споживачів RVC код аналогічний

Виведення графіка динаміки зміни значень концептів для початкового вектора

```
% Виклик функції cyprmethod
nach = [ 0.3702 0.2119 0.9971 0.6944 0.8192 0.0148 0.4656 0.5575
0.9728 0.5721 0.4696 0.4150 0.5765 0.5484 0.7956 ];
numsteps = 3;
rez_matr = cyprmethod(nach, matr, numsteps);
disp(rez_matr);

% Побудова графіку
figure;
% Різні стилі ліній для графіку
lineStyles = {'-', '--', ':', '-.', '-.-', '-.-', ':', '-.', '-.-', '-.-', '-.-', '-.-', '-.-', '-.-', '-.-', '-.-', '-.-', '-.-', '-.-'};

for i = 2:size(rez_matr, 2)
    plot(rez_matr(:, 1), rez_matr(:, 2), 'k', 'LineStyle', lineStyles{i-1});
    hold on;
end

xlabel('Крок ітерації');
ylabel('Значення концептів');

% Легенда для кожної лінії з параметром Location='NorthEast'
legend('Привабливість', 'Корисність', 'Вартість', 'Безпека', 'Шум', 'Результати
прибирання', 'Мобільність', 'Зручність інтерфейсу користувача', 'Витривалість',
'Потужність всмоктування', 'Складність інтелектуальності', 'Кількість зарядок',
'Ємність акумулятора', 'Зовнішній вигляд', 'Ємність контейнера для сміття', 'Location',
'EastOutside');

hold off;
```

Реалізація оптимізації вимог щодо якості продукції в системі «виробник-споживач» на основі НКК та генетичного алгоритму

```

populationSize = 100;
generations = 50;
mutationRate = 0.1;
chromosomeLength = 28;

global startTime;
startTime = tic;

lowerBound = -ones(1, chromosomeLength);
upperBound = ones(1, chromosomeLength);

lowerBound(1) = 0.0;
upperBound(1) = 1.0;
...
lowerBound(28) = 0.0;
upperBound(28) = 1.0;

fitnessFunction = @(chromosome) evaluateFitness(chromosome, matr_dev, matr_cust);

global absDiffHistory;
absDiffHistory = [];
global stopStoreAbsDiff;
stopStoreAbsDiff = false;

options = optimoptions('ga', 'MaxGenerations', generations, 'MutationFcn',
{@mutationadaptfeasible, mutationRate}, 'PlotFcn', {@gaplotbestf, @customPlot});

[x, fval] = ga(fitnessFunction, chromosomeLength, [], [], [], [], lowerBound,
upperBound, [], options);

figure('Position', [100, 100, 800, 400]);
disp(absDiffHistory(end, :))

generations = [0, 10:10:(length(absDiffHistory(:))-10), length(absDiffHistory(:))-1];
selectedIndices = [1, 10:10:length(absDiffHistory(:))-10, length(absDiffHistory(:))];
selectedValues = absDiffHistory(selectedIndices);

plot(generations, selectedValues, 'k-', 'LineWidth', 2);

grid off;

function fitness = evaluateFitness(chromosome, matr_dev, matr_cust)
    numsteps = 15;
    rez_matr_dev = cyprmethod([chromosome(1), chromosome(3), chromosome(12),
chromosome(4:7), chromosome(13), chromosome(8:9), chromosome(14), chromosome(15),
chromosome(10:11) chromosome(16)], matr_dev, numsteps);

    rez_matr_cust = cyprmethod([ ...
        chromosome(2), chromosome(17:18), chromosome(11), chromosome(5),
chromosome(19), chromosome(4), chromosome(3), chromosome(8), chromosome(20:21),
chromosome(6), chromosome(22), chromosome(23)...
        chromosome(24:25), chromosome(10), chromosome(26:27), chromosome(7),
chromosome(28), chromosome(9)
    ], matr_cust, numsteps);

last_iteration_results_dev = rez_matr_dev(end, 2:end);
last_iteration_results_cust = rez_matr_cust(end, 2:end);
y1 = last_iteration_results_dev(1);

```

```

y2 = last_iteration_results_cust(1);
diff = abs(y1 - y2);
fitness = diff;
end

function state = customPlot(options, state, flag)
persistent bestFitnessHistory;
global convergenceTime;
global absDiffHistory;
global startTime;

switch flag
case 'init'
    bestFitnessHistory = [];

case 'iter'
    bestFitness = min(state.Score);
    bestFitnessHistory = [bestFitnessHistory, bestFitness];

    absDiff = abs(state.Population(:, 1) - state.Population(:, 2));
    absDiffHistory = [absDiffHistory, absDiff];

case 'done'
    convergenceTime = toc(startTime);
    disp(['Time of first convergence - Best Fitness: ',
        num2str(convergenceTime), ' seconds']);
    x = state.Population(end, :);
    disp('Optimized chromosome:');
    disp(x);
    optimize_concepts_dev = [x(1), x(3), x(12), x(4:7), x(13), x(8:9), x(14),
        x(15), x(10:11), x(16)];
    optimize_concepts_cust = [x(2), x(17:18), x(11), x(5), x(19), x(4), x(3), x(8),
        x(20:21), x(6), x(22), x(23), x(24:25), x(10), x(26:27), x(7), x(28), x(9)];
    disp('Concepts dev: ');
    disp(optimize_concepts_dev);
    disp('Concepts cust: ');
    disp(optimize_concepts_cust);
    hold off;
end
end

```

Додаток 2 до наказу
від «31» березня 2023 року
№119/05

ДЕКЛАРАЦІЯ

про дотримання академічної доброчесності

Я, _____

Повністю вказується ПІБ та статус (посада для працівників, освітня (освітньо-наукова) програма – для здобувачів вищої освіти)

що нижче підписався, розуміючи та підтримуючи загальновизнані засади справедливості, доброчесності та законності,

ЗОБОВ'ЯЗУЮСЬ:

дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності, що визначені законодавством України, локальними нормативними актами Донецького національного університету імені Василя Стуса, положеннями, правилами, умовами, визначеними іншими суб'єктами, та не допускати їх порушення.

ПІДТВЕРДЖУЮ:

що мені відомі положення статті 42 Закону України «Про освіту»;
що у даній роботі не представляв чийсь роботи повністю або частково як свої власні. Там, де я скористався працею інших, я зробив відповідні посилання на джерела інформації;

що дана робота не передавалась іншим особам і подається вперше, не порушує авторських та суміжних прав закріплених статтями 21-25 Закону України «Про авторське право та суміжні права», а дані та інформація не отримувались в недозволеній спосіб.

УСВІДОМЛЮЮ:

що ця робота може бути перевірена університетом на плагіат або інші порушення академічної доброчесності, в тому числі з використанням спеціалізованих сервісів;

що у разі порушення академічної доброчесності, до мене можуть бути застосовані процедури, передбачені законодавством України та Кодексом академічної доброчесності та корпоративної етики Донецького національного університету імені Василя Стуса, іншими локальними нормативними актами університету, та я можу бути притягнутий до академічної відповідальності.

_____ (дата)

_____ (підпис)

