

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Програмної інженерії
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

Дослідження методів формування агрегативних моделей штучних агентів
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи ІПЗм-18-2
спеціальності 121 – Інженерія програмного
забезпечення

(код і повна назва спеціальності)

освітньо-наукової програми Інженерія
програмного забезпечення

(повна назва освітньої програми)

Сербін В.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник проф. Шостак І.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри, проф. _____

З.В.Дудар

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра програмної інженерії

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення

(код і повна назва)

Освітньо-наукова програма Інженерія програмного забезпечення

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Сербіну Владиславу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів формування агрегативних моделей штучних агентів

затверджена наказом по університету від « _____ » _____ 2020 р № _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії «11» травня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Алгоритми обробки великих обсягів даних, алгоритми моделювання штучних агентів. Використовувати ОС Windows, середовище об'єктно-орієнтованого проектування.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі мета роботи, аналіз проблемної галузі і постановка задачі, методи пошуку корисних даних, опис об'єктних моделей, використовувані методи та алгоритми, архітектура програмної системи, опис розробленої програмної системи, результати тестування програмної системи

5. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Спецчастина	проф. Шостак І.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз предметної галузі	25 березня 2020 р.	
2.	Огляд існуючих методів	31 березня 2020 р.	
3.	Методи створення та аналізу алгоритмів штучних агентів	15 квітня 2020 р.	
4.	Підготовка пояснювальної записки	20 квітня 2020 р.	
5.	Спецчастина	28 квітня 2020 р.	
6.	Підготовка презентації та доповіді	03 травня 2020 р.	
7.	Попередній захист	05 травня 2020 р.	
8.	Нормоконтроль, рецензування	07 травня 2020 р.	
9.	Занесення роботи в електронний архів	08 травня 2020 р.	
10.	Допуск до захисту в зав. кафедри	10 травня 2020 р.	

Дата видачі завдання _ « _____ » _ _____ 2020 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Шостак І.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ ABSTRACT

Пояснювальна записка на роботу: с., 5 табл., 45 рис., 3 дод., 33 джерела.

ЗАКОНИ ГОССЕНА, ШТУЧНІ АГЕНТИ, КОРИСНІСТЬ ТОВАРІВ,
ПРИВЕДЕНА МАТРИЦЯ КОРИСНОСТІ, КОЕФІЦІЄНТ ЗМЕНШЕННЯ
КОРИСНОСТІ

Об'єкт дослідження – процеси формування списку закупівель для систем «Розумний будинок».

Методи дослідження – моделі і методи оптимізації формування списку покупок для системи «Розумний будинок».

Мета роботи – підвищення ефективності роботи автоматизованої системи штучних агентів для оптимізації формування списку товарів для закупівлі системи інтернету речей.

В результаті досліджено методи формування списку товарів, розроблено прототип програмного забезпечення для автоматизованої системи IoT.

SMART HOUSE, FIRST AND SECOND GOSSEN LAWS, UTILITY OF
GOODS, UTILITY MATRIX, REDUCED UTILITY EFFICIENCY, COEFFICIENT
APPLICATION, UTILITY MATRIX

Object of study – the process of forming a list of purchases for the system "Smart Fridge".

The subject of the research is the models and methods for optimizing the formation of a shopping list for the "Smart Fridge" system.

The aim of the work is the improving the efficiency of the automated system "Smart Fridge".

As a result of the experiment and its subsequent analysis, it was found that the method of forming the optimal list of goods according to the laws of Gossen is the most preferable among the existing methods of forming the list of goods, provided that the user does not plan in advance the list of dishes for consumption.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Стан проблеми формування систем «Розумний дім»	9
1.1 Аналіз сучасного стану проблеми «Розумний будинок»	9
1.2 Програмне забезпечення системи Інтернет речей	12
1.3 Формування оптимального списку товарів згідно із законами Госсена	15
1.4 Аналіз методів для систем інтернету речей	20
1.5 Застосування теорії штучних агентів	21
1.6 Мета і завдання дослідження	26
2 Опис проведених теоретичних досліджень	28
2.1 Математичні моделі формування оптимального списку товарів	28
2.2 Математична модель формування рекомендованого списку товарів	32
2.3 Аналіз моделей формування списку товарів	33
3 Аналіз результатів дослідження	37
3.1 Модель формування рекомендованого списку товарів	37
3.2 Алгоритми вибору списку автоматизованої системи	39
3.3 Діаграми варіантів використання програмного забезпечення	41
3.4 Архітектурне проектування ПЗ	43
4 Опис розробленого програмного забезпечення.....	49
4.1 Діаграми послідовностей системи	49
4.2 Інструментальне середовище розробки програмного забезпечення	51
4.3 Інтерфейс користувача програми	52
5 Опис можливості використання отриманих результатів.....	56
Висновки	58
Перелік джерел посилання	60
Додаток А Лістинг фрагментів коду програми	63
Додаток Б Слайди презентації	69
Додаток В Апробація результатів роботи.....	82

ВСТУП

Ще в минулому столітті багато письменників-фантастів у своїх романах представляли концепцію повністю автоматизованого житлового будинку. «Розумні» побутові прилади роблять всю необхідну роботу, звільняючи людині час для відпочинку і інших повсякденних справ. Звичайно, людство поки що не досягло такого результату, але з упевненістю можна сказати, що створення повноцінного «розумного будинку» не за горами. Вже зараз велика кількість побутової техніки від різних виробників підтримує можливість віддаленого управління, досить мати під рукою звичайний смартфон. У цій статті я представив найбільш цікаві, на мій погляд, варіанти побутової техніки, якими можна управляти через смартфон, підключеним до інтернету.

Як і на будь-якому ринку в ніші «SmartHome» є свої лідери, аналоги дешевше і аутсайтери. Відомі виробники пропонують якісний і функціональний товар, але частіше за все він стоїть надто великих грошей, змушуючи середньостатистичного покупця шукати варіанти подешевше. Благо на ринку зараз є велика кількість відносно недорогих і функціональних пристроїв.

Наприклад, метеостанція CliMate здатна з високою точністю відслідковувати вологість повітря, температуру і рівень ультрафіолетового випромінювання, а потім кожні 15 хвилин синхронізуватися з мобільним додатком на iOS і Android пристроях і передавати статистичну інформацію.

Інтелектуальний термостат Honeywell за допомогою Wi-Fi синхронізується зі смартфоном, після чого ви можете керувати ним за допомогою спеціального додатку. Пристрій також здатне аналізувати дані з вашого смартфона і підлаштовуватися на підтримку певного клімату, а в разі, якщо власник залишив будинок, термостат починає працювати на збереження електроенергії.

Більшість людей звикло до того, що холодильник є пристроєм, що має лише дві функції, – зберігання і охолодження продуктів. Однак холодильник «Розумного будинку» має дещо більшими опціями, ніж ви можете уявити.

Сучасні виробники холодильників вбудовують в них безліч опцій. Це і вакуумні камери, що дозволяють зробити термін зберігання продуктів великим, генератор льоду, системи «сухий» і «вологої свіжості», антибактеріальні фільтри і багато іншого.

Однак, незважаючи на всі ці численні опції, подібні холодильники не відносяться до розряду «розумних», так як все-таки їх можливості обмежуються зберіганням і охолодженням продуктів. Для того щоб стати по-справжньому «розумним», холодильник повинен стати частиною системи «Розумного будинку» і навчитися віддалено отримувати команди від господаря і надавати йому необхідну інформацію, а також обробляти її.

Для того щоб холодильник отримав такі можливості, в ньому повинен бути вбудовані комп'ютер, засоби для підключення до Інтернету і стільникового зв'язку, а також рідкокристалічний монітор для введення інформації. І сьогодні такі пристрої цілком реальні і вже є в багатьох оселях, господарі якого оцінили всі переваги «Розумного будинку».

Перше, що відрізняє подібні моделі – це можливість самоконтролю. Вбудований в неї модуль сканера автоматично перевіряє середу холодильника на її відповідність нормам і при виявленні несправностей – зміна температури в відсіку, незакриті дверцята – відразу ж відсилає господареві повідомлення на стільниковий телефон або через Інтернет, а також виведе інформацію про помилку на монітор. Холодильник здатний сканувати і знаходиться в ньому вміст, визначаючи найменування продукту, його вага, а також термін придатності. Завдяки цій опції, холодильник може сам здійснювати покупку, відправляючи необхідні запити в Інтернет-магазин. Господарю залишається тільки завчасно скласти список продуктів і оплачувати електронні рахунки. Служба доставки Інтернет-магазину привезе всі замовлені продукти за адресою власника і завантажить їх в спеціальну зовнішню панель пристрою, виведену на вулицю, а

холодильник перевірить правильність, просканувавши завантажені в нього продукти.

У базу даних холодильника можна завантажити не тільки список продуктів, але і рецепти, а також улюблені страви всіх членів сім'ї. Завдяки цьому, система зможе сама видавати вам інформацію про те, які продукти необхідно купити для приготування того чи іншого блюда. Крім цього, ви можете занести в базу нагадування про майбутні події і справах.

Об'єкт дослідження – штучні інтелектуальні агенти в процесах формування списку закупівель для підсистем Інтернет речей.

Методи дослідження – моделі і методи оптимізації формування списку покупок для системи Інтернет речей.

1 СТАН ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ «РОЗУМНИЙ ДІМ»

1.1 Аналіз сучасного стану проблеми «Розумний будинок»

Відкритий характер сучасного інформаційного суспільства та розвиток економіки веде до прискорення науково-технічного прогресу та росту конкуренції на ринку. Це призводить до необхідності пошуку нових методів та засобів управління, які повинні більш якісно та ефективно задовольняти індивідуальні потреби споживачів. Один з таких підходів передбачає побудову мережевої структури організації, де окремі підрозділи розглядаються як автономні підприємства. Перевагами такої організації є прямий характер взаємодії окремих підрозділів з іншими підприємствами, свобода приєднання та виходу із організації. Це дозволяє підприємствам адаптуватися до ринкових змін за рахунок гнучкості, відкритості, узгодженості та оперативності процесів прийняття рішень.

При цьому такий тип організаційної структури передбачає розробку спеціальних систем щодо управління ресурсами, тому що існуючі традиційні програмні системи не задовольняють вимоги щодо своєчасної ідентифікації потреб, оперативного прийняття рішень, реструктуризації ресурсів для ефективного вирішення різноманітних завдань в умовах динамічного середовища.

В наш час комп'ютерні технології повсюдно завойовують все сфери життєдіяльності сучасної людини. Інформаційні технології все глибше впроваджуються в наш побут. Предмети наділяються програмним забезпеченням для того щоб зробити побут людини більш комфортним безпечним і економічним. У світі повсюдно збільшується попит на подібну техніку, яка при об'єднанні з житлом може називатися «Розумним домом».

Поняття «Розумний будинок» було сформульовано Інститутом інтелектуальної будівлі у Вашингтоні в 1970-х роках: «Будівля, що забезпечує продуктивне й ефективне використання робочого простору».

Під «Розумним домом» слід розуміти систему, яка повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будівлі, і відповідним чином

на них реагувати: одна з систем може управляти поведінкою інших по заздалегідь виробленим алгоритмам. Основною особливістю інтелектуальної будівлі є об'єднання окремих підсистем в єдиний керований комплекс.

У 1995 році розробники технологій Java передікали одним з основних призначень для цієї технології збільшення інтелекту побутових приладів – наприклад, холодильник сам буде замовляти продукти з магазину. Промислового поширення ця ідея тоді не отримала, але такі компанії, як Miele, LG і Siemens, вже випускають побутову техніку з можливістю включення в «Розумний будинок». Більш того, «розумні» технології інтенсивно проникають в будинки споживачів, якщо не у вигляді повноцінних систем, то, як мінімум, у вигляді їх складових. Як приклад можна привести самовідкриваючіся двері, включення світла при спрацьовуванні датчиків руху, автоматичний полив галявин, система клімат-контролю.

Призначення «Розумних будинків» в Європі – енергозбереження, в країнах СНД – комфорт і імідж, але незалежно від різних покладених функцій «розумні» технології є бажаними в кожній оселі і в кожній країні.

«Розумними будинками» зацікавилися і світові бренди. Так, компанія Microsoft випустила свій власний «Розумний будинок», відомий як «Будинок Білла Гейтса». Будинок Білла Гейтса – найдорожчий будинок, побудований в США, а також найбільш відомий «Розумний будинок» в Світі. Його площа – 3700 квадратних метрів. На березі озера Вашингтон він був добудований восени 1997 року і обійшовся приблизно в 55 млн. Доларів. У будинку автоматизовані всі електроприлади, механічна техніка. Здійснюється централізоване управління будинком і усіма його частинами окремо. [1]

Відомо, що компанія Google хоче впровадити свою нову операційну систему Android в «Розумний будинок». Компанія мислить глобально і розглядає будь-який побутовий прилад в будинку як потенційний аксесуар для Android-пристроїв [2].

Поняття «Розумний будинок» (англ. SmartHouse) – житловий будинок сучасного типу, організований для зручності проживання людей за допомогою

високотехнологічних пристроїв. Електронні побутові прилади в розумному будинку можуть бути об'єднані в домашню UniversalPlug'n'Play – мережа з можливістю виходу в мережі загального користування.

Основною особливістю інтелектуальної будівлі є об'єднання окремих підсистем різних виробників в єдиний керований комплекс [3].

До переваг розумного будинку відносять такі переваги.

Комфорт полягає в постійному контролі й управлінні системами «Розумного будинку» з будь-якої точки будівлі або поза ним через інтернет.

Безпека – засоби безпеки дають звіт про те, що відбувається всередині або біля будинку. Система пожежної безпеки попереджає про виникнення загоряння, відключає всі прилади, перекриває подачу газу, викликає пожежних і навіть здатна самотійно загасити займання. Функціонує функція імітації присутності господарів, електронний пес гавкає на кожного, хто підійшов до дверей.

Енергозбереження. Системи енергозбереження контролює роботу електрообладнання, запобігають витрата електроенергії даремно шляхом своєчасного відключення невикористаного обладнання, використання сценаріїв освітлення і температурних сценаріїв. Так само практикується установка систем, що виробляють енергію [4].

До недоліків розумного будинку відносять:

- висока вартість обладнання, його монтажу та обслуговування – цей аспект багато разів перекриває витратами весь ефект від економії енергоресурсів, позначених в перевагах систем "розумного будинку", також варто відзначити небезпека виходу з ладу дорогого устаткування і можливі незручності при необхідності проведення його ремонту і обслуговування;

- необхідність спеціального місця в будинку для розміщення обладнання. Обладнання повинно працювати постійно, стабільно і не ламатися, відповідно, виникає необхідність в джерелі безперебійного живлення і стабілізаторі;

- для впровадження системи "Розумний будинок" необхідно замінити електропроводку, встановити необхідне обладнання "Розумного будинку",

переробити інші системи в будинку для того, щоб вони могли функціонувати разом;

- терміни виконання будівництва можуть затягнутися, що пов'язано з тим, що фірма-установник повинна зробити замовлення, монтаж і налагодження обладнання, причому не все відразу, а на різних стадіях будівництва, а у разі поломки, як швидко з'явиться можливість її усунути?

- необхідність в дизайн-проект для чіткого визначення місць установки всієї побутової техніки, меблів – від цього залежить кількість і місце розташування панелей управління системою «Розумний будинок», розеток, датчиків, відеокамер і т.ін.;

- складності централізованого управління масою пристроїв [5] ;

- збільшення кількості підключених пристроїв обмежена, тому що це впливає на швидкість роботи системи. Після досягнення граничної кількості пристроїв виникає необхідність корекції або зміни системи «Розумний будинок» для того, щоб підключити нові модулі.

Недоліки у системи «Розумний будинок» відповідають недолікам будь-якого нового продукту на ринку, а саме: висока вартість самого устаткування і його впровадження, нерозвинена обслуговує мережу для складових системи «Розумний будинок». Однак, як і у випадках з іншими новими продуктами, дані проблеми вирішуються при збільшенні кількості «Розумних будинків», тенденція до чого присутній.

1.2 Актуальність розвитку програмного забезпечення системи Інтернет речей

Покладаючись на перераховані вище матеріали можна зробити висновок про перспективність розвитку системи «Розумний будинок». Наслідком цього є

високий потенційний попит на супутнє ПЗ для «Розумного будинку», чим і є програмне забезпечення, що описується в даній роботі.

В «Розумному будинку» автоматизовані такі побутові прилади як мікрохвильова піч, пральна машина, кондиціонер, пилосос, телевізор, настільна лампа і багато інших. Розумна побутова техніка логічно об'єднана в системи – система освітлення, контролю споживаної енергії, спільної роботи аудіо та відеотехніки, автоматичного управління кліматом і так далі. Серед цієї безлічі побутових приладів і систем в даній роботі особливу увагу приділено холодильника. А точніше його функції формування списку товарів для їх автоматичної закупівлі в інтернет-магазинах.

Інтернет речей є однією з підсистем «Розумного будинку» і вирішує наступні завдання:

- самоконтроль – у більшість моделей вбудована система сигналізації, яка сканує середу і оповіщає господаря в режимі он-лайн, або чи змінилася температура в морозильній камері або будь-якому відсіку, відключилося електроживлення, залишилася відкритою дверцята, «розумний» холодильник пізнає проблему і відправляє СМС-повідомлення господареві, а також виведе інформацію на екран;

- контроль вмісту «Розумного холодильника» і автоматизоване поповнення запасів продуктів. Спеціальний сканер зчитує інформацію з усіх продуктів, поміщених в холодильник (не тільки найменування, але і вага, а також термін придатності) і щодня обробляє її, забезпечуючи поповнення потрібними товарами за допомогою інтернет-магазину. Холодильник сам відправляє господареві список продуктів, які необхідно поповнити згідно заздалегідь введеною програмою або рецептом на вечерю. Господар підтверджує його, вносить коригування, оплачує електронним платежем покупки;

- забезпечення функціонування бази даних. Інтернет речей є своєрідною базою даних: в нього можна завантажити рецепти приготування страв, керівництво користувача, нагадування для членів сім'ї, важливі дати, список справ на визначені періоди [7] ;

- комунікація з іншими системами «Розумного будинку»;
- управління системами «Розумного будинку». Холодильник є пультом управління роботою домашніх приладів;
- підтримка інтернету. Холодильник дає можливість доступу в інтернет, прийняття або відправлення електронної пошти, здійснення покупки в інтернет-магазині, перевірки електронного банківського рахунку та інших функцій, які можливо виконати в інтернеті; [8]
- перегляд вмісту холодильника через інтернет; [9]
- забезпечення роботи функцій холодильної камери, таких як: позбавлення від намерзлої «шапки» інею на випарнику завдяки попередньому осушенню повітря; відтавання інею з випарника без підвищення температури в камері; автоматичне доведення незакритих дверцят. [8]

Серед перерахованих завдань для даної роботи найбільш важливим є завдання контролю вмісту «Розумного холодильника» шляхом закупівлі товарів в інтернет-магазинах, а конкретно – формування оптимального списку товарів для закупівлі.

Огляд літератури показав, що в сучасних «Розумних» будинках цю функцію реалізують трьома способами:

- вручну – користувач становить список покупок сам. Після цього йде автоматична закупівля;
- шляхом постійного поповнення продуктів, кількість яких менш ніж заданий мінімум;
- шляхом поповнення продуктів відповідно до встановленого списку страв, які користувач «Розумного холодильника» має намір готувати.

У атестаційній роботі пропонується застосування законів Госсена для формування оптимального списку товарів в «Розумному холодильнику». Пропоноване рішення має деякі переваги перед існуючими системами, а саме: воно дозволить контролювати кількість грошових коштів на кожну покупку, дозволить формувати список покупок, спираючись на кількість грошових коштів,

сформований список покупок буде оптимально задовольняти заданим перевагам користувача системи.

1.3 Формування оптимального списку товарів згідно із законами Госсена

Пропонований спосіб формування списку товарів був описаний Г. Госсеном в його книзі, опублікованій в 1854 році в Брауншвейгу. Госсен математично обґрунтував основні принципи теорії граничної корисності товарів, продуктів і послуг. Госсен сформулював і довів два закони, які в подальшому були названі першим і другим законами Госсена. Ці закони розглядали економічні взаємозв'язки з математичної точки зору. Закони були доведені і вивчаються в нинішній час в вищих навчальних закладах в курсі предмета «Мікроекономіка». Г. Госсен описав правила раціональної поведінки суб'єкта, який прагне витягти максимум користі зі своєї господарської діяльності.

Продукт має корисність. Корисність – це здатність продукту задовольняти споживача. Корисність певного продукту буде істотно різною для різних людей. Продукт так само володіє граничною корисністю. Гранична корисність – це додаткова корисність, яку видобувають споживачем з додаткової одиниці конкретної продукції. Корисність Госсен запропонував вимірювати в утилях. Утилях – теоретична міра, яка відображає одиницю корисності товару.

Госсен звернув увагу на те, що корисність залежить не тільки від споживчих властивостей продукту, але і від процесу його споживання. Сенс першого закону Госсена виражається в двох положеннях, сформульованих автором:

- в одному безперервному акті споживання корисність наступної одиниці споживаного продукту збуває;
- при повторному акті споживання корисність кожної одиниці продукту зменшується в порівнянні з її корисністю при початковому споживанні.

Научно суть цих положень представлена на рисунку 1.1

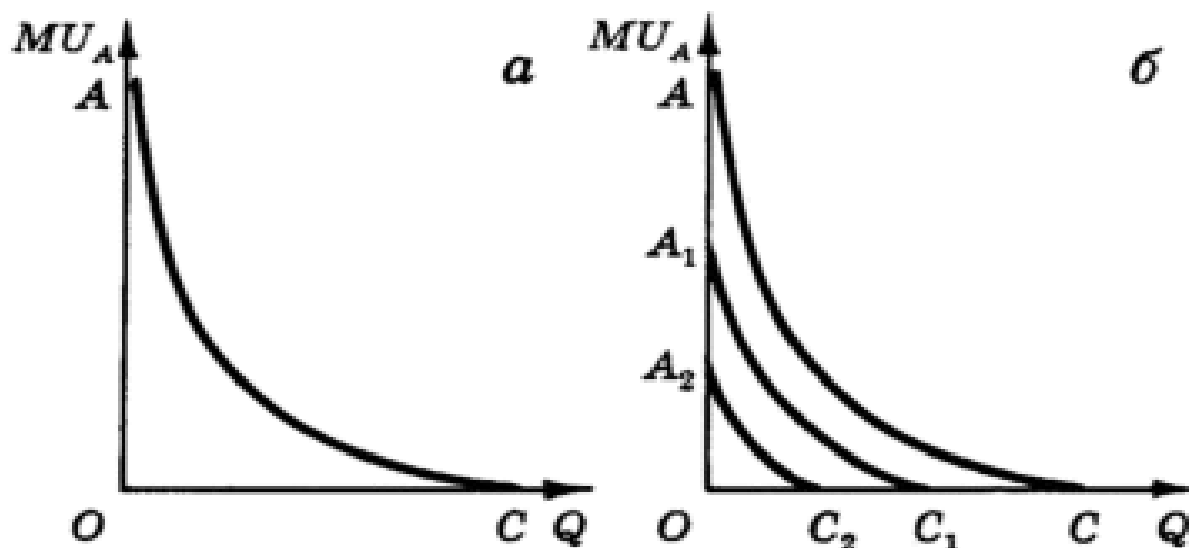


Рисунок 1.1 – Зменшення корисності в одному безперервному акті споживання(а) і при повторних актах споживання(б)

Відкладаючи по осі абсцис одиниці якогось продукту, а по осі ординат їх корисності, неважко побудувати криву AC (див. рис. 1.1а), яка і буде висловлювати спадання корисності протягом одного акту споживання. Криві AC , A_1C_1 , A_2C_2 (рис. 1.1б) будуть відповідно висловлювати спадання корисності одиниць продукту в наступних актах споживання.

На цій підставі Госсен робить висновок: "При послідовному споживанні корисність кожної наступної одиниці продукту нижче попередньої" [4]-[5].

Значення першого закону Госсена для економічної науки полягає, по-перше, в тому, що він дозволяє розрізняти загальну корисність деякого запасу продукту і граничну корисність даного продукту.

По-друге, постулат про убування граничної корисності продукту є необхідною умовою досягнення економічним суб'єктом стану рівноваги, тобто такого стану, при якому він витягує максимум корисності з наявних у його розпорядженні ресурсів.

Досягти стану рівноваги суб'єкт зможе в тому випадку, якщо буде керуватися другим законом Госсена, який у формулюванні автора звучить так: «Індивід, що володіє свободою вибору між деяким числом різних видів споживання, але не має достатньо часу використовувати всі їх сповна, з метою досягнення максимуму індивідуальної корисності, як би різна не була абсолютна

величина окремих корисностей, повинен, перш ніж використовувати повністю найбільшу з них, використовувати всі їх частково, і до того ж в такому співвідношенні, щоб розмір кожної граничної корисності в момент припинення його використання у всіх видів споживання залишався рівним». Сучасною мовою цей закон можна сформулювати наступним чином: щоб отримати максимум користі від споживання заданого набору благ за обмежений період часу, потрібно кожне з них спожити в таких кількостях, при яких гранична корисність всіх споживаних благ буде дорівнює одній і тій же величині. Якщо такої рівності немає, то за рахунок перерозподілу часу, виділеного на споживання окремих благ, можна збільшити загальну корисність.

Спрощений варіант другого закону Госсена заснований на розгляді натурального господарства людини, ізольованого від суспільства. При наявності певної кількості різних продуктів індивідуум протягом даного обмеженого періоду часу може спожити їх в різних комбінаціях, одна з яких повинна бути найбільш вигідною, що приносить максимум насолоди, що досягається при встановленні рівності граничних корисностей всіх продуктів. Наступна ступінь наближення враховує умови товарного господарства. Ціна товарів і кількість грошей – головні чинники, що обмежують споживання. Оптимальним буде той варіант споживання, при якому досягається рівність між граничними корисними речами, що виходять від останніх грошових одиниць, витрачених на покупку окремих товарів.

Рекомендація Госсена по оптимізації на прикладі двох продуктів представлена на рис. 1.2.

У першому квадраті зображено графік граничної корисності хліба, у другому – молока. При цьому одиниці виміру натуральних кількостей обох продуктів обрані таким чином, щоб в одиницю часу можна було спожити або одиницю хліба, або одиницю молока. Відрізок *AB* представляє кількість часу, яким володіє суб'єкт для споживання обраних продуктів харчування. Щоб визначити рівноважну структуру споживання, споживачеві досить підняти "планку" *AB* (зберігаючи її горизонтальне положення) до «упору», щоб вона

зайняла становище $A'B'$. Проекції точок «упору» на вісь абсцис вкажуть шуканий набір споживаних благ: $Q_{\text{хл}}^*$, $Q_{\text{мол}}^*$.

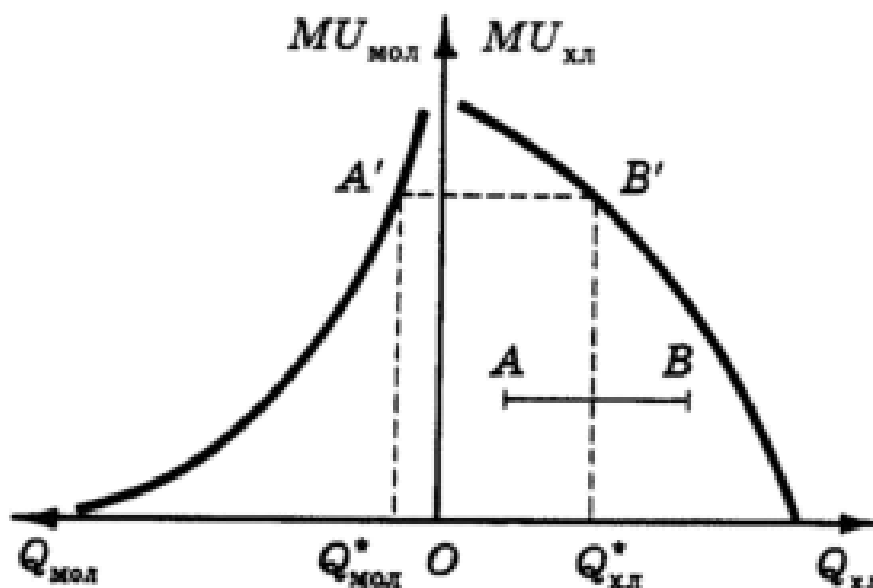


Рисунок 1.2 – Графічна ілюстрація закону Госсена, взаємозв'язок між граничною корисністю хліба і молока

На рис. 1.3 представлений закон убуття граничної корисності праці. Госсен застосовує свій інструментарій для дослідження поведінки економічних суб'єктів не тільки при формуванні їх споживчих планів, але і при плануванні виробництва благ [5].

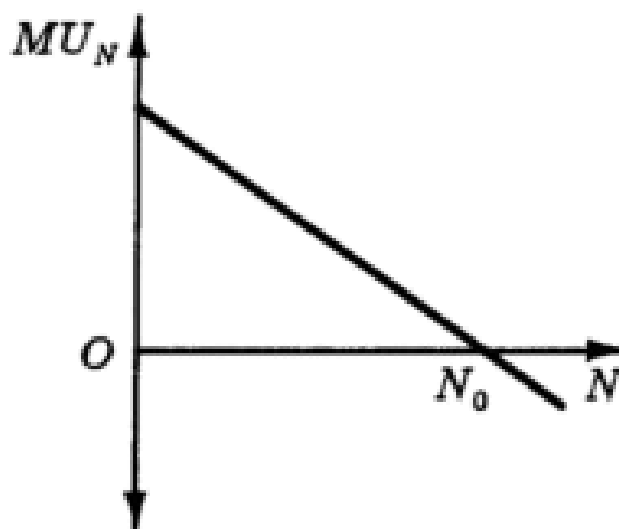


Рисунок 1.3 – Зменшення граничної корисності праці

Працю Госсен розглядає в якості особливого блага, корисність якого змінюється в повній відповідності з першим законом. Але на відміну від звичайних благ гранична корисність праці може досягати від'ємних значень. "Будь-яке рух, – пише Госсен, – після того як ми протягом довгого часу відпочивали, доставляє нам спочатку задоволення. При продовженні своєму задоволення це підпорядковується вищевикладеному закону падіння. Якщо ж, продовжуючись, воно впало до нуля, то при цьому не тільки припиняється задоволення, але необхідність продовження витрати власної сили доставляє відчуття, зворотне задоволенню".

На рисунку 1.3 N_0 годин роботи – «в радість», подаліше ж продовження праці – «тягарем». При визначенні оптимального співвідношення між вільним і робочим часом Госсен рекомендує дотримуватися наступного правила: "Для того щоб досягти в житті найбільшого задоволення, людина повинна розподілити свій час і сили при досягненні різного роду задоволень таким чином, щоб цінність граничного атома кожного одержуваного задоволення дорівнювала б втомі, яку він зазнав, якби він досяг цього атома в останній момент витрати своєї енергії". Ілюструє це правило рисунок 1.4,

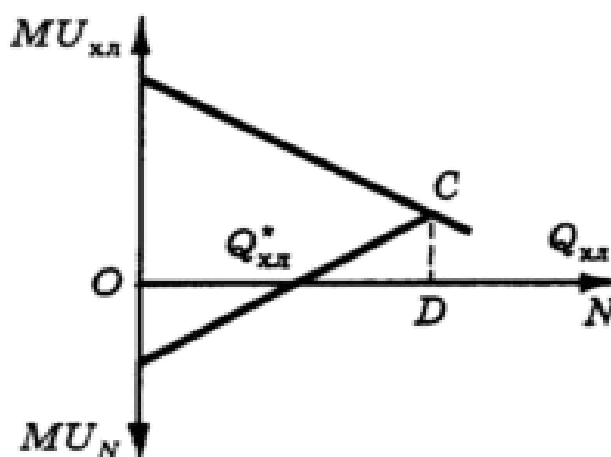


Рисунок 1.4 – Взаємозв'язок між граничною корисністю хліба і праці

По осі абсцис відкладається кількість одиниць хліба (за одиницю береться така кількість хліба, яке можна зробити за одиницю часу), а по осі ординат – гранична корисність хліба (верхня частина) і гранична корисність праці (нижня

частина) . відрізок CD одночасно представляє граничну корисність хліба і граничну тягар праці: значить, оптимальний обсяг виробництва дорівнює Q_{xl}^* .

Методологія, використана Госсеном при описі поведінки економічних суб'єктів, увійшла в економічну науку як класичної логіки прийняття рішень, на основі якої пояснюються дії агентів ринкового господарства [6, 7].

1.4 Аналіз методів для систем інтернету речей

В даний час відсутнє програмне забезпечення для формування оптимального списку товарів в системі «Розумного» холодильника, яке могло б приймати рішення ґрунтуючись на суб'єктивних перевагах користувача і так само мало можливість регулювання списку товарів по грошовому критерієм. Тому було прийнято рішення про створення системи, яка вирішить наведену вище завдання.

У табл. 1.1 наведено порівняльний аналіз методів по характеристикам: час, необхідний для формування списку товарів; облік грошових коштів за цим методом; наскільки корисним для користувача є отриманий список товарів (з урахуванням суб'єктивних корисностей товарів); зручність коригування списку товарів – характеризує доступність зміни списку при використанні методу.

Слід зазначити, що автоматично сформований список товарів при використанні законів Госсена не завжди є більш ефективним серед згаданих. Як приклад можна навести ситуацію, в якій користувач хоче приготувати певні страви. У такій ситуації метод формування списку товарів, згідно зі списком страв є найбільш ефективним серед запропонованих. Однак, за умови, що користувач заздалегідь не знає, які страви він буде сьогодні готувати, метод автоматичного формування списку товарів, що використовує закони Госсена є кращим.

Так як він враховує індивідуальні переваги споживача, фінансові обмеження і його ефективність доведена. Згідно наведеній таблиці, оптимальним є спосіб формування списку товарів із застосуванням законів Госсена.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз методів формування списку товарів в системі Інтернет речей

Спосіб формування	Час 1 ... 4	Облік грошових коштів 1..4	Облік корисності товарів для покупця 1..4	Зручність коригування списку 1..4
Вручну	1	3	4	4
Шляхом поповнення	4	1	2	1
Згідно зі списком страв	2	1	4	3
Застосування законів Госсена	3	4	4	4

1.5 Застосування теорії штучних агентів

Будь-який агент являє собою відкриту систему, поміщену в деяке середовище, причому ця система має власну поведінку екстремальним принципам, що задовольняють деяким. Таким чином, агент вважається здатним сприймати інформацію із зовнішнього середовища з обмеженим дозволом, обробляти її на основі власних ресурсів, взаємодіяти з іншими агентами і впливати на середовище, переслідуючи свої власні цілі [3].

Це значить, що при побудові штучного агента мінімальний набір базових характеристик включає такі властивості як [4]:

- активність, здатність до організації й реалізації дій;
- реактивність, здатність сприймати стан середовища;

- автономність, відносна незалежність від навколишнього середовища або наявність деякої «волі волі», що обумовлює власну поведінку, яка повинна маю гарне ресурсне забезпечення;
- товариськість, що впливає з необхідності вирішувати свої завдання разом з іншими агентами й забезпечувана розвиненими протоколами комунікації;
- цілеспрямованість, що припускає наявність власних джерел мотивації, а в більш широкому плані, особливих інтенціональних характеристик.

Необхідними умовами реалізації штучним агентом деякої поведінки виступають спеціальні обладнання, що безпосередньо сприймають впливи зовнішнього середовища (рецептори) і виконавчі органи, що впливають на середовище (ефектори), а також процесор – блок переробки інформації й пам'ять. Під пам'яттю тут розуміється здатність агента зберігати інформацію про свій стан і стані середовища [4].

Рецептори утворюють систему сприйняття агента, забезпечуючи приймання й первинну обробку інформації, яка надходить до нього із середовища (як зовнішньої, так і внутрішньої), а потім відправляється на згадку. Система сприйняття може контролювати дії шляхом визначення відмінностей між поточними й очікуваними станами. У пам'яті агента повинні бути відомості про типові реакції на інформаційні сигнали від рецепторів, а також інформація про стан ефекторів і про розташовувані ресурси. Крім того, у пам'яті повинні зберігатися програми переробки вхідної інформації в керуючі сигнали, що подається на ефектори, і обов'язково результати реакцій на ту або іншу зовнішню ситуацію [4].

Блок пам'яті зазвичай включає три основні компоненти: систему фільтрів, що забезпечують виділення найбільш значимої для агента інформації, а також внутрішню модель зовнішнього миру й модель самого агента. Саме обсяг пам'яті, кількість і різноманітність збережених у ній знань і програм, ступінь розвитку внутрішньої моделі зовнішнього миру й можливості рефлексії визначають складність і характер поведінки агента, рівень його автономності й інтелектуальності [4].

Процесор (система процесорів) забезпечує об'єднання й переробку різнорідних даних, вироблення відповідних реакцій на інформацію про стан середовища, прийняття рішень про виконання тих або інших дій. Вибір відповідних дій при заданих обмеженнях – одна із ключових здатностей агентів [4].

Функція ефекторів полягає у впливах на середовище, наприклад у переміщенні об'єктів зовнішнього середовища, видачі інформації в символічній формі, підтримці рівноваги внутрішнього середовища (тобто бажаного стану самого агента) і т.д. [4].

Джерела ресурсів, наприклад енергоживлення, забезпечують усі необхідні умови для підтримки (і, при необхідності, відтворення) життєвого циклу агента [4].

Розглянуто популяцію P агентів A , що перебувають у клітинному середовищі, у клітках якої з деякою ймовірністю з'являється ресурс, необхідний агентам для існування й здійснення дій [1].

Агент орієнтований у просторі. Безліч кліток, стану яких визначають значення вхідних змінних деякого агента, будемо назвати полем зору цього агента (рис. 1.5). Крім інформації про стан кліток у поле зору вектор значень вхідних змінних s містить інформацію про внутрішній ресурс r , середньої стосовно себе спорідненості (фенотипической близькості) агентів у сусідніх клітках і спорідненості партнера по взаємодії (агента, що перебуває прямо перед ним). Повний список вхідних змінних і їх визначення наведено в таблиці 1.1 [1].

Для того щоб агенти могли відрізнити родичів, кожному агентіві A зіставлений вектор-маркер m , що задає фенотипіческую ознаку агента. Значення компонентів маркера агента нащадка A_0 успадковуються з мутаціями від агента-батька A_p . Компоненти вектора m можуть ухвалювати цілочисельні значення з деякого інтервалу [1]. Роль маркера може також відіграти матриця ваг нейронної мережі.

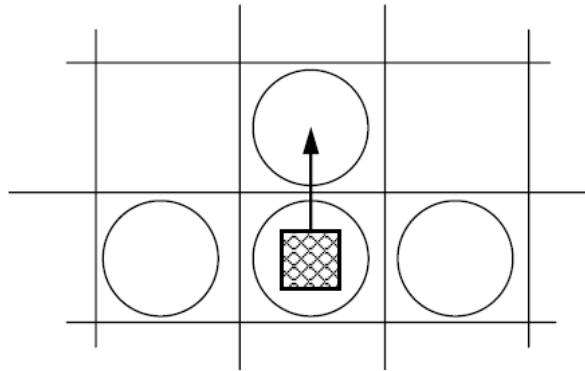


Рисунок 1.5 – Орієнтація поля зору щодо напрямку «уперед» агента (окружностями відзначені клітки, з яких агент може одержувати інформацію, квадратом позначений агент, стрілочкою – напрямком «уперед»).

Геном g агента A , являє собою структуру зв'язків нейронної мережі (рис. 1.6), яку можна представити у вигляді матриці ваг W [3].

Значення вихідний змінної f , що визначає дії агента й відповідних коефіцієнтів зміни внутрішнього ресурсу агента ki , що використовувалися при моделюванні, наведено в таблиці 1.3 [1].

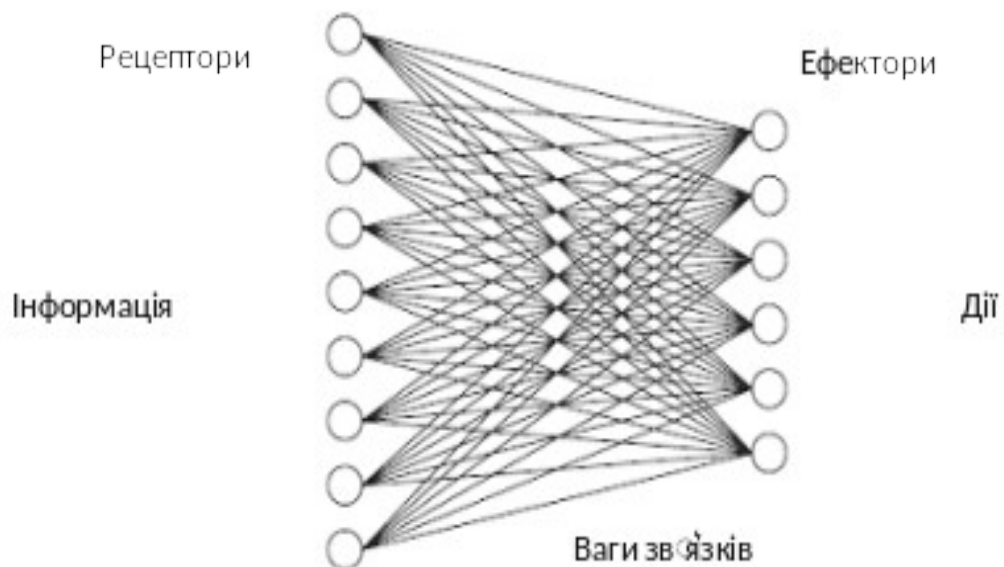


Рисунок 1.6 – Структура нейронної мережі агента

Таблиця 1.2 – Вхідні змінні і їх опис

Змінна	Значення
s_1	$k \cdot r / r_n$ r – внутрішній ресурс агента; r_n – номінальний ресурс
s_2, s_3, s_4, s_5	k , якщо в даній клітці поля зору є ресурс (0, а якщо ні, то)
s_6, s_7, s_8	k , якщо в даній клітці поля зору є агент (0, якщо клітка вільна)
s_9	$k \cdot r' / r_n r'$ – внутрішній ресурс партнера по взаємодії (0, якщо партнер відсутній)
s_{10}	$\Delta = \sqrt{\frac{1}{n \cdot m} \cdot \sum_i^n \sum_j^m (s_{i,j} - s'_{i,j})^2}$ - середня відмінність ваг генома агента й партнера по взаємодії; (0, якщо партнер відсутній)
s_{11}	$\bar{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot m} \cdot \sum_i^n \sum_j^m (s_{i,j} - \bar{s}_{i,j})^2}$, середня відмінність ваг генома агента й сусідів; (0, якщо сусіди відсутні). $\bar{s}_{i,j}$ – центроїд геномів сусідів

Таблиця 1.3 – Зміна ресурсу агента, залежно від дії

f	Дія	Зміна внутрішнього ресурсу r^*
f_0	Відпочивати	$\Delta r = -k_0$
f_1	Повертатися ліворуч	$\Delta r = -k_1$
f_2	Повертатися праворуч	$\Delta r = -k_2$
f_3	Споживати ресурс	$\Delta r = k_3$
f_4	Рухатися на одну клітку вперед	$\Delta r = -k_4$

1.6 Мета і завдання дослідження

Таким чином, обґрунтована актуальність проблеми «Розумного будинку». Проаналізовано переваги та недоліки системи «Розумний будинок». До переваг «Розумного будинку» відносять комфорт, безпеку та енергозбереження. Недоліки у системи «Розумний будинок» відповідають недоліків будь-якого нового продукту на ринку, а саме: висока вартість самого устаткування і його впровадження, нерозвинена обслуговує мережу для складових системи «Розумний будинок».

Були розглянуті основні завдання підсистеми Інтернет речей. Функцію формування оптимального списку товарів при використанні першого і другого законів Госсена запропоновано додати в задачу автоматизованого поповнення запасів продуктів «Розумного холодильника». Проведено огляд існуючих методів формування списку товарів для автоматизованої покупки в системі Інтернет речей.

Аналіз методів формування оптимального списку товарів показав, що автоматичне формування списку товарів з використанням законів Госсена є кращим, за умови, що користувач заздалегідь не знає список страв, для яких йому необхідні продукти.

Таким чином, метою дослідження є підвищення ефективності роботи автоматизованої системи Інтернет речей за рахунок оптимізації формування списку товарів для закупівлі.

Завдання дослідження:

- проаналізувати проблему підвищення ефективності закупівель в системі Інтернет речей;
- провести огляд методів формування оптимального списку товарів для системи Інтернет речей;
- застосувати перший і другий закони Госсена для оптимізації формування списку закупівель в системі Інтернет речей;
- описати модель і метод формування оптимального списку товарів;
- розробити експериментальне ПЗ;

- оцінити ефективність застосування законів Госсена для формування оптимального списку товарів для автоматизованої системи Інтернету речей.

2 ОПИС ПРОВЕДЕНИХ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Математичні моделі формування оптимального списку товарів

При послідовному споживанні гранична корисність кожної наступної одиниці продукту нижче попередньої. На рис. 2.1 представлений графік залежності граничної корисності від кількості спожитих одиниць продукту.

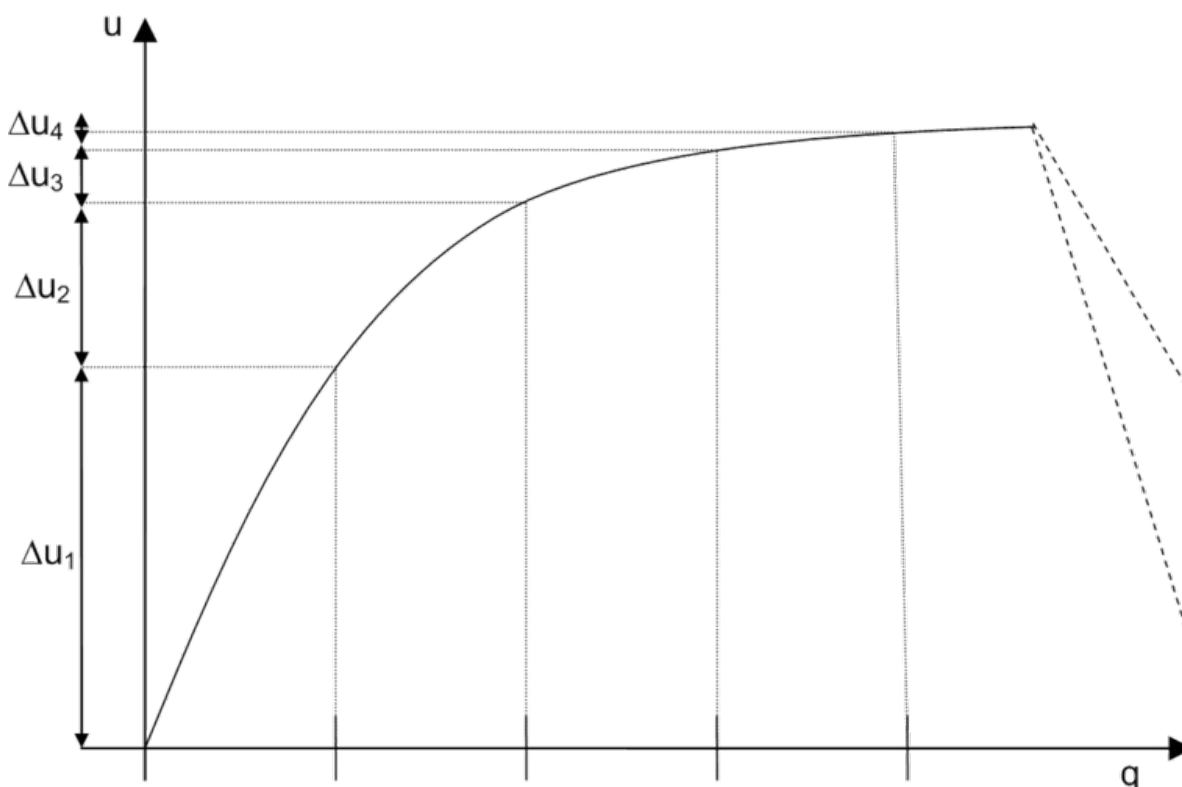


Рисунок 2.1 – Графік залежності граничної корисності товару від кількості спожитих одиниць продукту

На рисунку 2.1 прийнято такі позначення: u – корисність; Δu – гранична корисність; q – кількість спожитих одиниць продукту.

Споживач бажає отримати максимум товарів і послуг при мінімальних витратах.

Така поведінка споживача розглядається як розумна поведінка. Типовий споживач прагне отримати за свої гроші «все, що можна», або, використовуючи спеціальну термінологію, максимізувати сукупну корисність.

Середній споживач має досить чітку систему переваг щодо товарів і послуг, пропонованих на ринку.

Покупці чудово уявляють собі, яку граничну корисність вони витягнуть з кожної наступної одиниці різних продуктів, які вони надумують купити.

Обмежена кількість грошових коштів у споживача.

Інакше цей «крок» розглядається як «бюджетне стримування». Грошовий дохід має обмежену величину, тому можна купити обмежена кількість товарів. За кількома винятками, всі споживачі відчувають на собі стримуючий вплив бюджету.

Наявність цін на товари і послуги. На всі товари і послуги, що пропонуються споживачеві, є ціни. Тому-що їх виробництво вимагає витрати певних ресурсів. Споживач повинен йти на компроміси; він повинен вибирати між альтернативними продуктами, щоб при обмеженості фінансових ресурсів отримати в своє розпорядження найбільш задовільний, з його точки зору, набір товарів і послуг [8].

Завдання зводиться до наступного: який саме набір товарів і послуг з тих, що споживач може придбати, не виходячи за межі свого бюджету, принесе йому найбільшу корисність або задоволення?

Формулювання другого закону: «Оптимальним буде той варіант споживання, при якому досягається рівність між граничними корисними речами, що виходять від останніх грошових одиниць, витрачених на покупку окремих товарів».

Запропонований Госсеном метод математично схожий на завдання про рюкзаки.

Завдання про ранець (рюкзак) – одне із завдань комбінаторної оптимізації. Цю назву завдання отримало від максимізаційного завдання укладання якомога більшого числа потрібних речей в рюкзак за умови, що загальний обсяг (або вага) усіх предметів, здатних поміститися в рюкзак, обмежений. Подібні завдання часто виникають в економіці, прикладної математики, криптографії. У загальному вигляді, завдання можна сформулювати так: з необмеженого безлічі предметів з

властивостями «вартість» і «вага», потрібно відібрати якесь число предметів таким чином, щоб отримати максимальну сумарну вартість при одночасному дотриманні обмеження на сумарну вагу [9,10].

Дано математичну постановку задачі про ранець (рюкзак). Є ранець обсягу W і необмежену кількість кожного з n різних предметів. Для кожного предмета i -го типу при $i = 1, 2, \dots, n$ відома його вартість v_i . У ранець можна покласти ціле число предметів x_i різного типу. Якщо вантаж i -го виду береться в кількості x_i , то його цінність в загальному випадку становить $F(x_i)$. При цьому мета полягає в тому, щоб завантажити рюкзак наявними вантажами таким чином, щоб вага його був не більший заданого W , а цінність «рюкзака» була максимальною.

$$F = \sum_{i=1}^n x_i v_i \Rightarrow \max \quad F = \sum_{i=1}^n x_i v_i \Rightarrow \max \quad (2.1)$$

Вага вантажу не повинен перевищувати вантажопідйомності ранця. У формальному вигляді це можна записати у вигляді формули:

$$\sum_{i=1}^n x_i p_i \leq W \quad \sum_{i=1}^n x_i p_i \leq W \quad (2.2)$$

Математична модель задачі:

$$\sum_{i=1}^n x_i p_i \leq W \quad \sum_{i=1}^n x_i p_i \leq W \quad (2.3)$$

$$x_i \geq 0 \quad (i = 1, n) \quad x_i \geq 0 \quad (i = 1, n) \quad (2.4)$$

Навантаження «рюкзака» інтерпретують як n -етапний процес прийняття рішень: на 1-му етапі приймається рішення про те, скільки потрібно взяти вантажу 1-го виду, на 2-му етапі – скільки вантажу 2-го виду і т.д. Така інтерпретація наштовхує на можливість застосування для вирішення завдань (2.2) – (2.4) методу динамічного програмування.

Для цього введемо позначення: w_i – вага рюкзака перед навантаженням i -го виду вантажу або вага рюкзака після навантаження вантажів видів $1, 2, \dots, i-1$. Вочевидь, що

$$w_1 = 0. \quad (2.5)$$

Поточна вага рюкзака визначається виразом Поточна вага рюкзака w_{i+1} в силу (2.2) задовольняє нерівності

$$w_{i+1} \leq W \quad (2.6)$$

Очевидно обмеження (2.4) – (2.7) еквівалентні обмеження (2.2), тому замість моделі (2.2) – (2.4) можна розглядати модель (2.3) – (2.6). Для зведення задачі до загального вигляду завдань динамічного програмування, запишемо (2.6) з урахуванням (2.6):

$$w_i + v_i x_i \leq W \quad (i = \overline{1, n}) \quad (2.7)$$

Звідси випливає:

$$x_i \leq \frac{W - y_i}{v_i}, \quad (2.8)$$

остаточно з урахуванням (2.4):

$$\begin{aligned} 0 \leq x_i \leq \frac{W - y_i}{v_i}, \quad (i = \overline{1, n}), \\ y_i \in [0, W]. \end{aligned} \quad (2.9)$$

У результаті вихідна модель (2.1) – (2.4) звелася до еквівалентної моделі виду

$$F = \sum_{i=1}^n x_i v_i \Rightarrow \max \square F = \sum_{i=1}^n x_i v_i \Rightarrow \max \square \quad (2.10)$$

$$w_{i+1} = w_i + w_i * x_i \quad (i = 1, n) \quad w_{i+1} = W_i + w_i * x_i \quad (i = 1, n) \quad (2.11)$$

Завдання (2.9) – (2.11) є окремим випадком загальної задачі динамічного програмування. Тут обмеження (2.12) є рекурентним і відображає процес завантаження рюкзака, а нерівність (2.13) задає область можливих значень x_i .

2.2 Математична модель формування рекомендованого списку товарів

Метою роботи є формування оптимального списку товару за критерієм максимізації загальної корисності товарів для споживача.

При формуванні оптимального списку товарів для покупки переслідується мета максимізації сумарної корисності товарів для покупки: де U – корисність списку товарів; i – номер типу продукції, $i = 1, 2, \dots, n$; x_i – кількість предметів i -го типу для покупки; Δu_i – середня корисність i -го типу товару.

Існує і обмеження на сумарну вартість покупки:

$$\sum_{i=1}^n x_i c_i \leq C \quad \sum_{i=1}^n x_i c_i \leq C \quad (2.12)$$

де c_i – ціна одиниці i -го товару;

C – кількість коштів, відведений на покупку.

$$x_i \geq 0 \quad (i = \overline{1, n}). \quad (2.13)$$

Формування списку товарів інтерпретується як n -етапний процес прийняття рішень. На кожному етапі вибирається найкраща одиниця товару для покупки за критеріями ціни та граничної корисності. Далі ця одиниця додається в список покупок. Така інтерпретація передбачає можливість застосування для вирішення завдань (2.12) і (2.13) методу динамічного програмування.

Поточна вартість покупок ct_{i+1} в силу (2.11) задовольняє нерівності:

$$ct_{i+1} \leq C \quad (2.14)$$

Для зведення задачі до загального вигляду завдань динамічного програмування:

$$ct_i + c_{opt} \leq C \quad (i = \overline{1, n}) \quad (2.15)$$

або остаточно з урахуванням (2.17):

$$0 \leq c_{opt} \leq C - ct_i \quad (i = \overline{1, n}) \quad (2.16)$$

У результаті вихідна модель (2.15) – (2.18) зветься до еквівалентної моделі виду

Завдання (2.16) є окремим випадком загальної задачі динамічного програмування. Тут обмеження є рекурентними і відображають процес витрачання грошей на покупки, а нерівність (2.16) задає область можливих значень c_{opt} .

2.3 Аналіз моделей формування списку товарів

Порівняємо метод вирішення задачі про ранці і формування оптимального списку з використанням законів Госсена.

Схожість цих методів полягає в послідовному виборі одиниці товару з необхідними якостями. Вибір товарів відбувається в циклі до моменту зупинки – перевищення загальної ваги або вартості обраних товарів встановленого умовою значення. Спостерігаються аналогії в методі підрахунку критеріїв, що беруть участь в зупинках алгоритмів, а точніше – у вазі товарів в завданні про рюкзак і ціною товарів в задачі визначення оптимального списку товарів.

Найбільшим відмінністю при виборі товарів в даних методах є те, що в методі визначення оптимального списку товарів критерій максимізації у товарів змінюється, в відповідність з першим законом Госсена, в той час як в завданні про рюкзак він залишається незмінним. Ця відмінність відіграє ключову роль у визначенні найбільш підходящого товару для вибору. Метод Госсена прагне вибрати кожен товар з даних за умовою. У задачі про рюкзак метод прагне вибрати максимальну кількість одного найбільш вигідного товару і виключити найменш вигідний товар.

Відповідно до законів Госсена, сформований список товарів при використанні методів завдання про рюкзак не буде оптимальним, так як він не враховує граничні корисності товарів, що є відступом від першого закону Госсена, на якому формується теорія про корисність.

Введення початкових значень корисності товару.

Корисність товарів оцінюється від 0 до 1. При цьому «1» означає максимальну корисність для товару, а «0» – мінімальну.

У процесі роботи ПЗ проводиться зміна суб'єктивної корисності товарів згідно призначеним для користувача коректувань в списках покупок. Якщо користувач вносить додаткові одиниці товару в сформований системою список, то корисність цього товару збільшується. Прибирає – зменшується. Але збільшення або зменшення корисності товару обмежена первинним відношенням користувача до товару, згідно меж зміни корисності, наведеними в таблиці 2.1. Коригування коефіцієнта корисності відбувається відповідно до формули (2.17).

Таблиця 2.1 – Суб'єктивна корисність товару (початкові значення і межі зміни корисності)

№	Варіант	Початкове значення корисності	Межі зміни корисності
1	Не подобається	0,1	[0..0.2]
2	Не дуже подобається	0,3	[0.2..0.4]
3	Середньо	0,5	[0.4..0.6]
4	подобається	0,7	[0.6..0.8]
5	Дуже подобається	0,9	[0.8..1]

Наведена формула була виведена експериментальним шляхом в рамках дипломної роботи магістра.

$$k = k \pm \Delta q * 0,01 \quad (2.17)$$

де Δq – зміна в кількості продукції, що закуповується;

k – коефіцієнт зменшення граничної корисності.

Обчислення коефіцієнта зменшення корисності товару k .

В рамках дипломної роботи магістра для формування матриці переваг користувача введений коефіцієнт зменшення корисності. При його допомозі

забезпечується рівномірне спадання граничної корисності у кожній наступній одиниці продукту.

Коефіцієнт зменшення граничної корисності визначається за формулою:

$$k_j = M_j / X \quad (2.18)$$

де M_j – суб'єктивна корисність j -го товару для покупця;

X – максимально допустима кількість товару в одиницях.

Коефіцієнт k характеризує ступінь зменшення граничної корисності для кожної наступної одиниці продукту. Чим коефіцієнт зменшення корисності вище, тим менше гранична корисність для кожної наступної одиниці продукту. Гранична корисність наступної одиниці продукції не буде змінюватися, якщо $k = 0$. В результаті проведеного автором даної роботи дослідження повинен бути таким діапазон значень цієї величини $k \in [0, 20]$.

При коефіцієнті убування корисності більшому або рівному одиниці спостерігається ситуація, в якій кожна додаткова одиниця продукції не є корисною для користувача. Як приклад можна привести швидкопсувні продукти. Та одиниця такого продукту, яка зіпсувалася, принесе негативну користь споживачеві, тому що на неї все ж були витрачені кошти.

Формування матриці корисності товарів, що являє собою прямокутну матрицю розміром m на n , в якій m – кількість рядків, n – кількість стовпців, загальний вигляд матриці представлений таблицею 2.2.

Кількість рядків розраховується по ітераційного циклу. Цикл вважається завершеним, коли всі елементи останнього рядка в матриці корисності будуть менше або дорівнюють нулю. Кількість стовпців визначає кількість товарів. Елементи матриці визначаються за такою формулою:

$$m_{ij} = M_j - k_j * i, \quad (2.19)$$

де m_{ij} – гранична корисність i -ї одиниці j -го товару;

M_j – суб'єктивна корисність j -го товару для покупця;

i – номер додаткової одиниці товару, для якої розраховується гранична корисність, $i \in [0, m - 1]$;

j – номер товару;

k – коефіцієнт зменшення граничної корисності.

При формуванні матриці переваг вводяться наступні обмеження:

- товари мають тільки одне найменування;
- матрицю корисності формує тільки одна людина;
- коефіцієнт зменшення граничної корисності для j -го товару постійний.

Для формування оптимального списку товару використовується нормалізована матриця корисності товарів. Нормалізована матриця виходить з матриці переваг (табл. 2.2) шляхом ділення кожного елемента матриці на вартість товару.

Таблиця 2.2 – Загальний вигляд матриці переваг

	M_1	M_2	M_3	...	M_n
1-а од.	mu_{11}	mu_{12}	mu_{13}	...	mu_{1n}
2-а од.	mu_{21}	mu_{22}	mu_{23}	...	mu_{2n}
3-тя од.	mu_{31}	mu_{32}	mu_{33}	...	mu_{3n}
...
m -а од.	mu_{m1}	mu_{m2}	mu_{m3}	...	mu_{mn}

З нормалізованої матриці переваг по-одному вибираються максимальні елементи (кожен елемент може бути обраний лише один раз) до того моменту, поки сумарна вартість товарів не досягне кількості відведених коштів або не залишиться жодної позитивної граничної корисності товару, яка не була б обрана.

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Модель формування рекомендованого списку товарів

Представлено математичну модель формування оптимального списку товарів. Проаналізовано методи розв'язання задачі про рюкзак і формування оптимального списку товарів. В результаті проведеного аналізу було зроблено висновок про неможливість використання методу завдання про рюкзак для формування оптимального списку товарів.

Описана методика розрахунку рекомендованого списку товарів, поведінку системи.

Ілюстративна модель формування рекомендованого списку товарів покроково і з приведенням проміжних значень має показати роботу алгоритму, описаного Госсеном.

Робота алгоритму розглянута на прикладі. У табл. 3.1 представлені вхідні дані для формування рекомендованого списку товарів.

Використовуючи методику розрахунку рекомендованого списку товарів і вхідні даних сформована таблиця 3.1 сформована матриця корисностей товарів, яка представлена табл. 3.2.

Негативні елементи матриці переваг знизять корисність сформованого рекомендованого списку товарів, тому вони не будуть обрані, навіть якщо вартість сформованого списку товарів не досягне відведеного кількості грошових коштів на покупки.

Таблиця 3.1 – Вхідні дані для прикладу формування оптимального списку товарів

	Картопля	Сир	М'ясо
Суб'єктивна корисність, ют	18	3	9
Ціна, ум. од.	1	0.17	0.6
к, ют	7,50	0,50	1,50
Виділено коштів 6 ум. од.			

Таблиця 3.2 – Матриця переваг товарів для прикладу розрахунку рекомендованого списку товарів

№ одиниці продукції	Картопля	Сир	М'ясо
1-а од.	18	3	9
2-а од.	10,5	2,5	7,5
3-тя од.	3	2	6
4-а од.	-4,5	1,5	4,5
5-а од.	-12	1	3
6-а од.	-19,5	0,5	1,5
7-а од.	-27	0	0

Зведена матриця переваг представлена таблицею 3.3

Таблиця 3.3 – Зведена матриця переваг для прикладу розрахунку рекомендованого списку товарів

№ одиниці продукції	Картопля	Сир	М'ясо
1-а од.	18	17,64706	15
2-а од.	10,5	14,70588	12,5
3-тя од.	3	11,76471	10
4-а од.	-4,5	8,823529	7,5
5-а од.	-12	5,882353	5
6-а од.	-19,5	2,941176	2,5
7-а од.	-27	0	0

Згідно з методикою розрахунку рекомендованого списку товарів, з нормалізованої матриці переваг товарів по-одному були обрані максимальні елементи (кожен елемент обраний лише один раз) до того моменту, поки в наведеній матриці переваг не залишилося жодного невибраного позитивного елемента.

Для розглянутого прикладу оптимальним списком є наступний: картопля – 2 одиниць; сир – 5 одиниць; м'ясо – 5 одиниць. Ціна товарів склала: 5,85 умовних одиниць. Залишок коштів склав п'ятнадцять сотих (0.15) умовних одиниць.

3.2 Алгоритми вибору списку автоматизованої системи

Алгоритм послідовного введення корисностей товарів і коефіцієнтів зменшення корисності наведено на рис. 3.1.

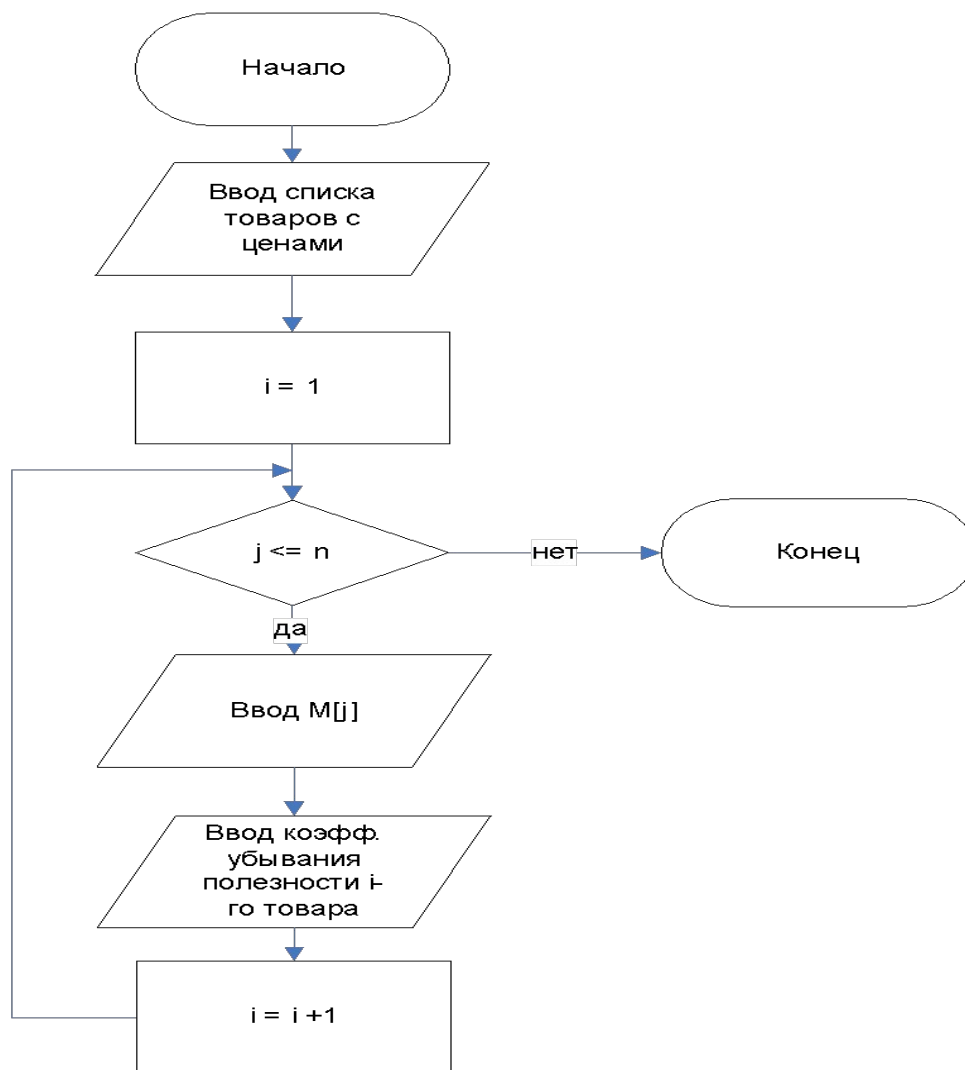


Рисунок 3.1 – Алгоритм послідовного введення корисностей товарів і коефіцієнтів зменшення корисності

Розроблюваний метод здійснюється шляхом формування матриці переваг користувача і застосування до неї законів Госсена.

При використанні цього методу досягається найбільша оптимізація списку необхідних товарів при найменших діях користувача і він є кращим за умови, що користувач не має списку страв, яких він буде готувати.

На рисунку 3.2 представлений алгоритм формування списку товарів, що враховує корисності товарів.

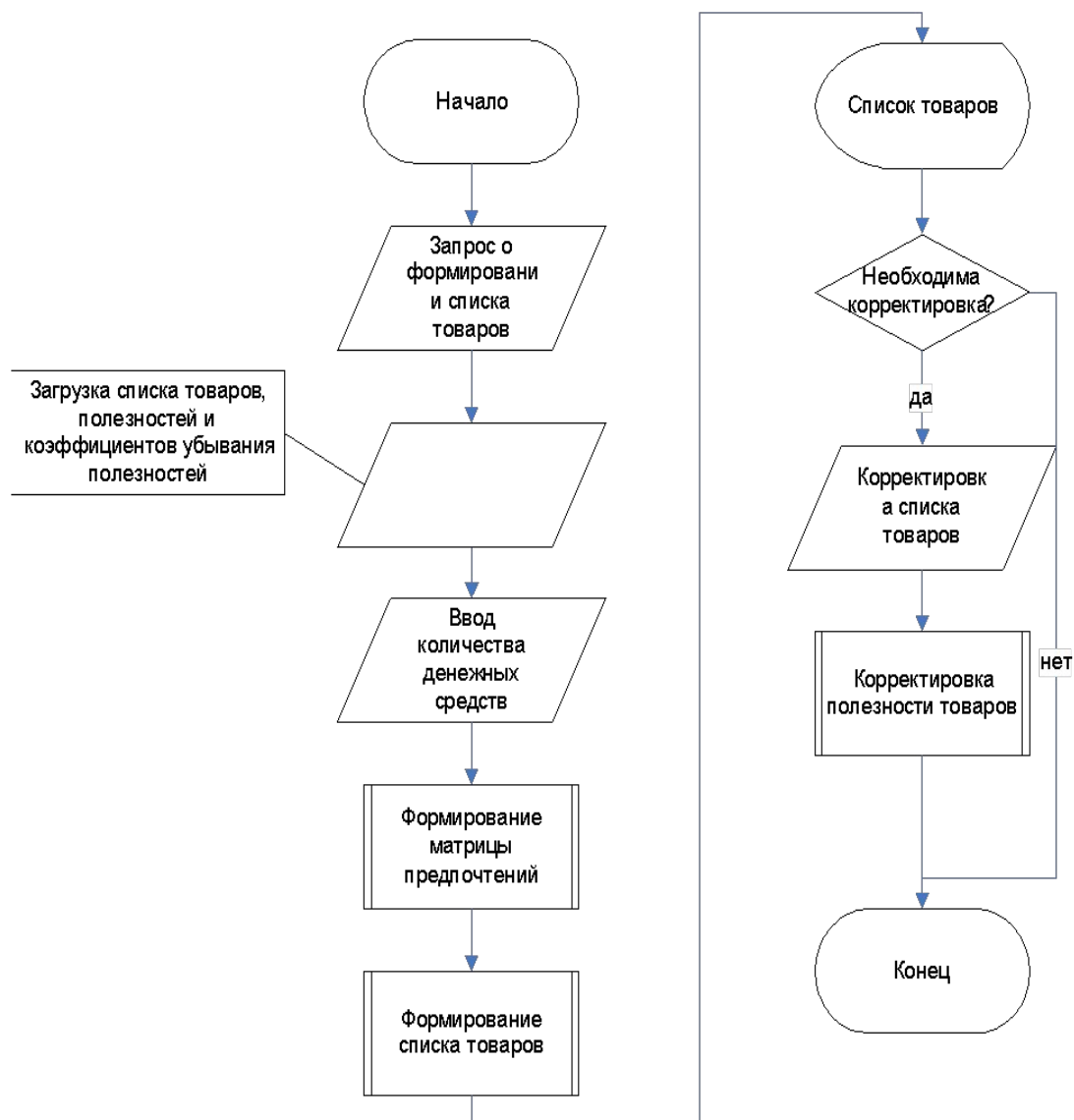


Рисунок 3.2 – Алгоритм формування списку товарів, що враховує корисності товарів згідно із законами Госсена

Вхідними даними для цього методу є матриця переваг користувача, кількість грошових коштів, яке користувач схвалив для покупки товарів і коефіцієнт зменшення корисності для товарів.

На рисунку 3.3 представлений алгоритм формування матриці переваг.

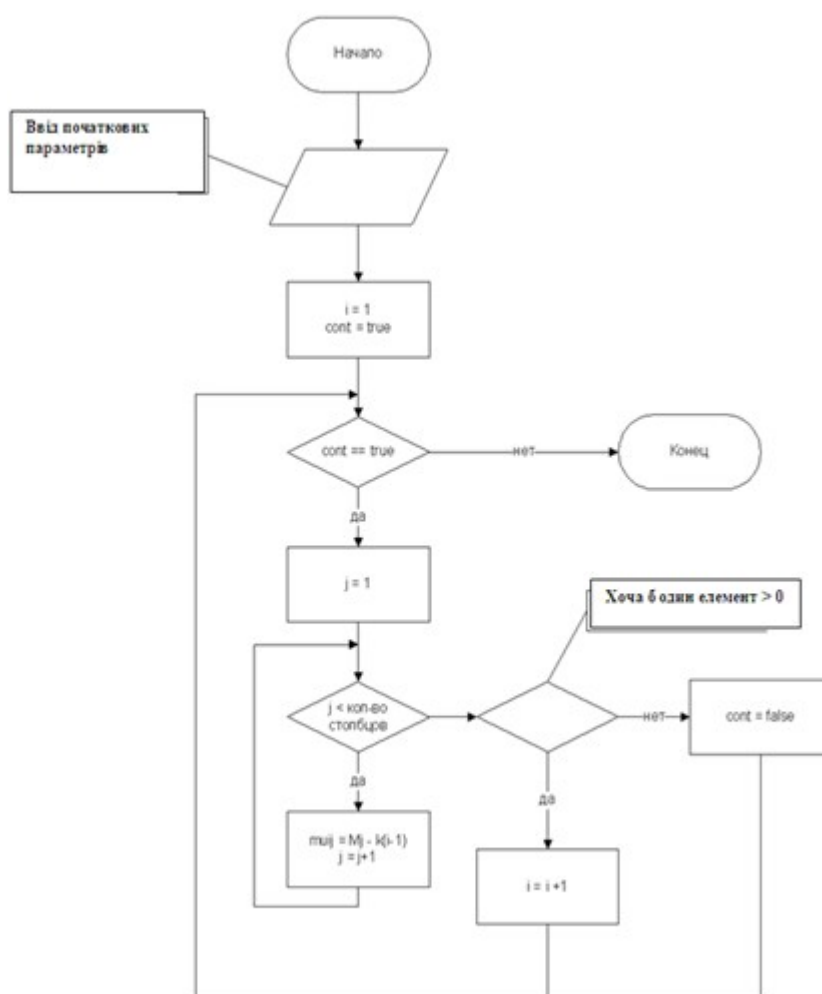


Рисунок 3.3 – Алгоритм формування матриці переваг

3.3 Діаграми варіантів використання програмного забезпечення

Із аналізу взаємодії користувача, автоматизованої системи Інтернет речей і інтернет-магазину, витикає структура діаграми варіантів використання – діаграма, на якій відображені відносини, що існують між акторами і прецедентами.

Варіанти використання це – опис послідовності дій, які може здійснювати система у відповідь на зовнішні впливи користувачів або інших програмних систем.

Діаграма варіантів використання складається з акторів, для яких система виробляє дію і власне дії, яке описує те, що актор хоче отримати від системи. Актор позначається чоловічка, а дія – овалом.

Основною діючою особою на діаграмі варіантів використання є особа, яка приймає рішення (ОПР), в якості якого буде виступати користувач системи Інтернет речей. Були виділені наступні варіанти використання програмного забезпечення: запит покупки товару в інтернет-магазині, запит скасування або зміни списку покупки товарів, формування списку товарів, запит списку товарів в інтернет-магазині, перегляд товарів інтернет-магазину, завдання корисності товарів, завдання коефіцієнта зменшення корисності товару, коригування списку товарів, коригування переваг.

На рис. 3.4 представлена діаграма варіантів використання ПЗ:



Рисунок 3.4 – Діаграма варіантів використання ПЗ

Вона включає такі дії:

- коригування списку товарів. Користувач має можливість змінювати запропонований список товарів для покупки шляхом додавання або видалення

одиниць запропонованої продукції. Зміни впливають на суб'єктивну корисність товарів;

- запит покупки товару в інтернет-магазині, Інтернет-магазин інформується про замовлення продукції;

- запит скасування / зміни покупки товарів. Користувач має можливість скасування або зміни списку покупки товарів.

3.4 Архітектурне проектування ПЗ

Діаграма пакетів ПЗ представлена на рисунку 3.10. В таблиці 3.1 наведено опис пакетів і їх функціоналу.

Таблиця 3.1 – Пакети ПЗ

Назва пакету	Функціонал пакета
LU_frames	Графічний інтерфейс користувача програми.
LU_classes	Основний каркас, реалізація методів формування оптимального списку товарів.
LU_display	Взаємодія з екраном холодильника.
SmartFridge	Ініціалізація ПЗ, виділення пам'яті.
LU_data	Додавання, зміна, видалення та зберігання інформації. Зберігання сформованого списку товарів для покупки.
LU_connectio n	Зв'язок з інтернет-магазином, передача даних щодо закупівель.

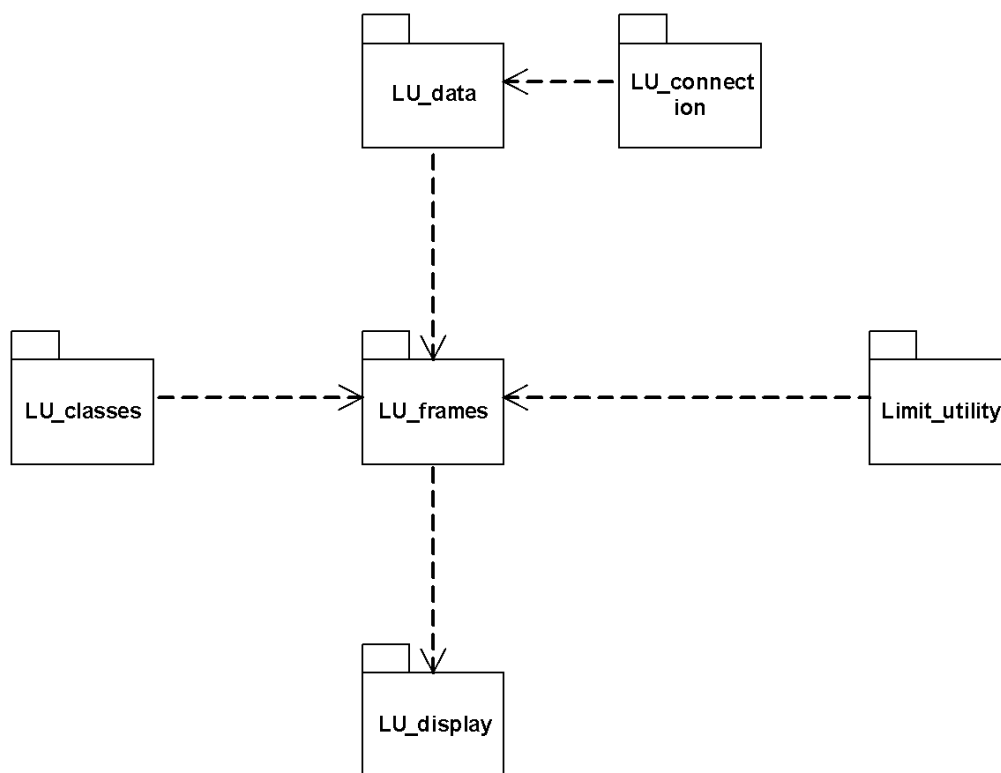


Рисунок 3.10 – Діаграма пакетів ПЗ

UML діаграма класів ПЗ представлена на рисунку 3.11.

Опис полів і методів класів ПЗ «SmartFridge»

Клас `Commodity` описує товар. Поля:

- `decrease_coefficient` – містить значення коефіцієнта зменшення корисності для даного товару;
- `name` – містить ім'я товару;
- `price` – містить ціну на товар;
- `unit` – містить розмірність, в якій вимірюється дана одиниця товару. Також містить дані про мінімально можливі кількості для товару;
- `utility` – містить поточне значення корисності для даного товару.
- `setPrice` – встановлює ціну на товар;
- `setUnit` – встановлює одиниці виміру і мінімально можливу кількість товару для покупки;
- `getUtility` – повертає суб'єктивну корисність товару;
- `setUtility` – встановлює суб'єктивну корисність товару.

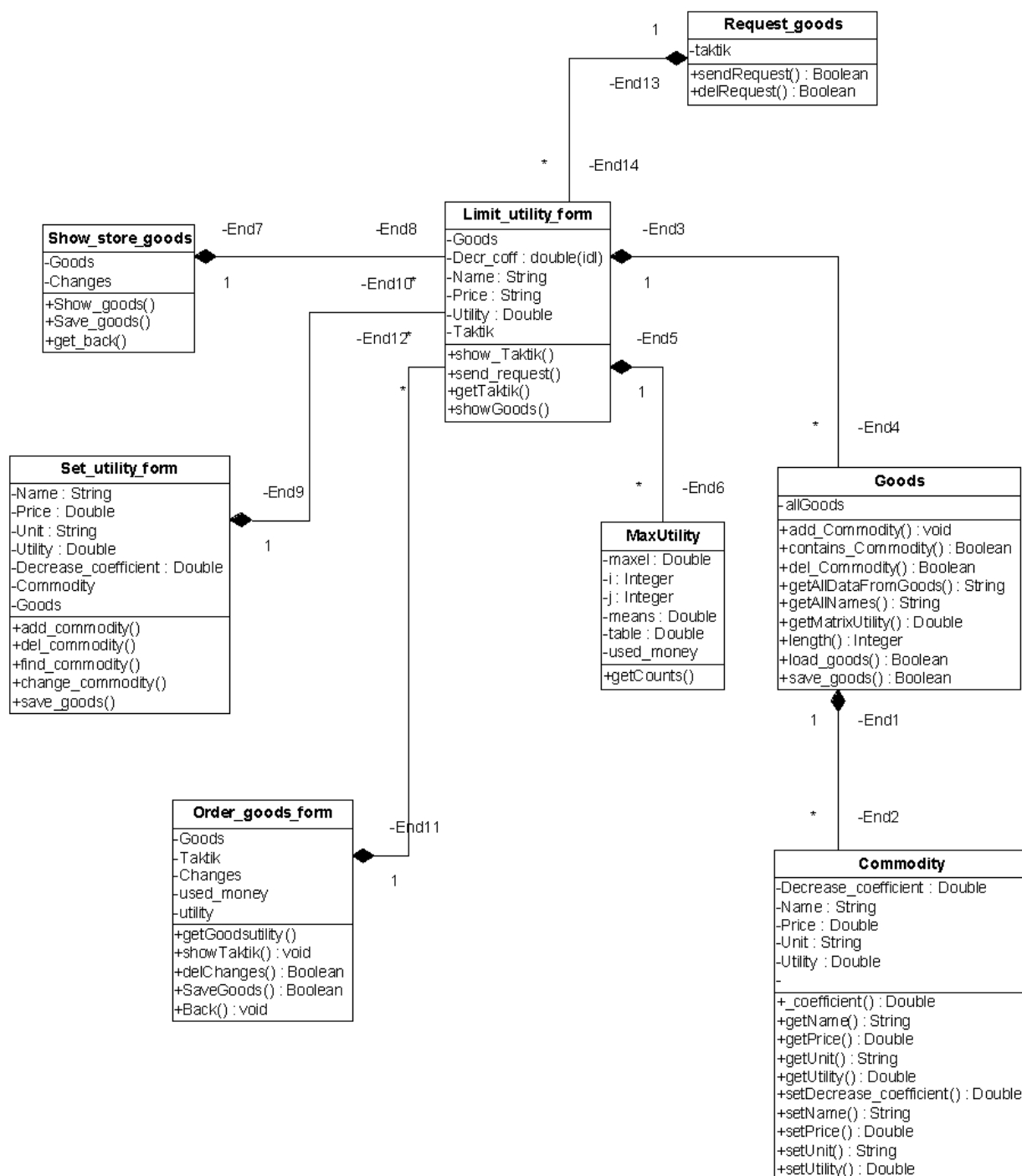


Рисунок 3.11 – UML діаграма класів ПЗ

Клас Goods – служить для збереження, зміни, видалення даних про товари.

Поля – allGoods – колекція об'єктів типу товар.

Методи:

- add_Commodity – додавання нової одиниці товару;
- contains_Commodity – повертає true, якщо в колекції немає товару з

такими ж полями;

- `del_commodity` – видалення товару з колекції об'єктів;
- `getAllDataFromGoods` – повертає рядок зі значеннями всіх полів товарів;
- `getAllnames` -возвращает все імена товарів;
- `getMatrixUtility` – розраховує і повертає матрицю корисностей товарів.

Алгоритм розрахунку матриці представлений на рисунку 3.3:

- `length` – кількість об'єктів типу товар в колекції об'єктів;
- `load_goods` – завантаженість товарів з файлу;
- `save_goods` – збереження товарів в файл.

Клас `SmartFridge_form` – початкова форма ПЗ. Поля:

- `goods` – містить дані про товари;
- `decr_coeff` – містить значення коефіцієнта зменшення корисності

розглянутого товару;

- `name` – містить назву даного товару;
- `price` – містить ціну розглянутого товару;
- `utility` – містить корисність даного товару;
- `taktik` – масив, що містить ідентифікатори товарів і їх кількість для

покупки.

Методи:

- `show_Taktik` – створення форми подання сформованого товару, зовнішній вигляд форми наведено на рисунку 3.6;

- `send_request` – послання запиту покупки товарів в інтернет-магазині;
- `getTaktik` – виклик методу формування оптимального списку товарів;

- `showGoods` – створення форми представлення товарів інтернет-магазину, зовнішній вигляд форми представлений на рисунку 3.4.

Клас `MaxUtility` – служить для формування матриці корисності товарів.

Поля:

- `maxel` – містить поточний максимальний елемент матриці;
- `means` – кількість грошових коштів, відведений на покупку товарів;
- `table` – служить для формування матриці корисностей товарів;

- `used_money` – показує кількість використаних коштів на покупку товарів.

Використовується в критерії зупинки алгоритму.

Методи: `getCounts` – формує список товарів для покупки з наведеної матриці переваг користувача.

`Order_Goods_form` – слугує для перегляду сформованого програмним забезпеченням списку товарів і для коригування замовлення.

Поля:

- `goods` – містить інформацію про товари;
- `taktik` – містить найменування та кількості товарів для покупки;
- `changes` – містить зміни в сформованому списку товарів для покупки;
- `used money` – містить кількість витрачених коштів на покупку;
- `utility` – містить сумарну суб'єктивну корисність товарів для покупки.

Методи:

- `getGoodsUtility` – повертає сумарну суб'єктивну корисність товарів для покупки;
- `showTaktik` – виведення списку товарів для покупки;
- `delChanges` – видалення змін, зроблених користувачем;
- `saveGoods` – зміна корисностей товарів відповідно до (2.28), збереження інформації про товари.

Клас `Set_utility_form` – служить для завдання суб'єктивних корисностей товарів і коефіцієнта зменшення граничної корисності.

Поля:

- `decrease_coefficient` – містить значення коефіцієнта зменшення корисності для даного товару;
- `name` – містить ім'я товару;
- `price` – містить ціну на товар;
- `unit` – містить розмірність, в якій вимірюється дана одиниця товару. Так само містить дані про мінімально можливій кількості для товару;
- `utility` – містить поточне значення корисності для даного товару;

- `commodity` – екземпляр класу, що описує товар. Служить для додавання даних про товар;

- `goods` – містить всі дані про товари інтернет-магазину.

Методи:

- `addCommodity` -додавання товару в список товарів;
- `delCommodity` – видалення товару зі списку товарів;
- `findCommodity` – пошук товару в списку товарів;
- `changeCommodity` – зміна даних конкретного товару в списку.

Клас `Show_store_goods` – служить для візуалізації товарів інтернет-магазину.

Поля:

- `goods` – містить інформацію про товари;
- `changes` – містить зміни полів товарів користувачем.

Методи:

- `show_goods` – показує товари інтернет-магазину;
- `save_goods` – збереження змін;
- `get_back` – повернення на початкову форму програмного забезпечення.

В розробляемому програмному забезпеченні «SmartFridge» через недоцільність зв'язку з інтернет-магазином реалізована імітація функції запити товарів.

Клас `Request_goods` – запит товарів в інтернет-магазині.

Поля: `taktik` – масив, що містить ідентифікатори товарів і їх кількість для покупки.

Методи:

- `sendRequest` – відправлення запити списку товарів для покупки.
- `delRequest` – скасування запити покупки.

4 ОПИС РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Діаграми послідовностей системи

Представлено діаграми послідовності дій запити списку товарів IoT-інтернет-магазину, наведення корисності товарів і формування списку товарів для покупки в автоматизованій системі Інтернету речей.

Діаграма послідовності дій (sequence diagrams) відображає взаємодію об'єктів, впорядковане за часом. На ній показані об'єкти і класи, використовувані в сценарії, і послідовність повідомлень, якими обмінюються об'єкти, для виконання сценарію.

Діаграми послідовностей наведені на рис. 4.1. – 4.3.

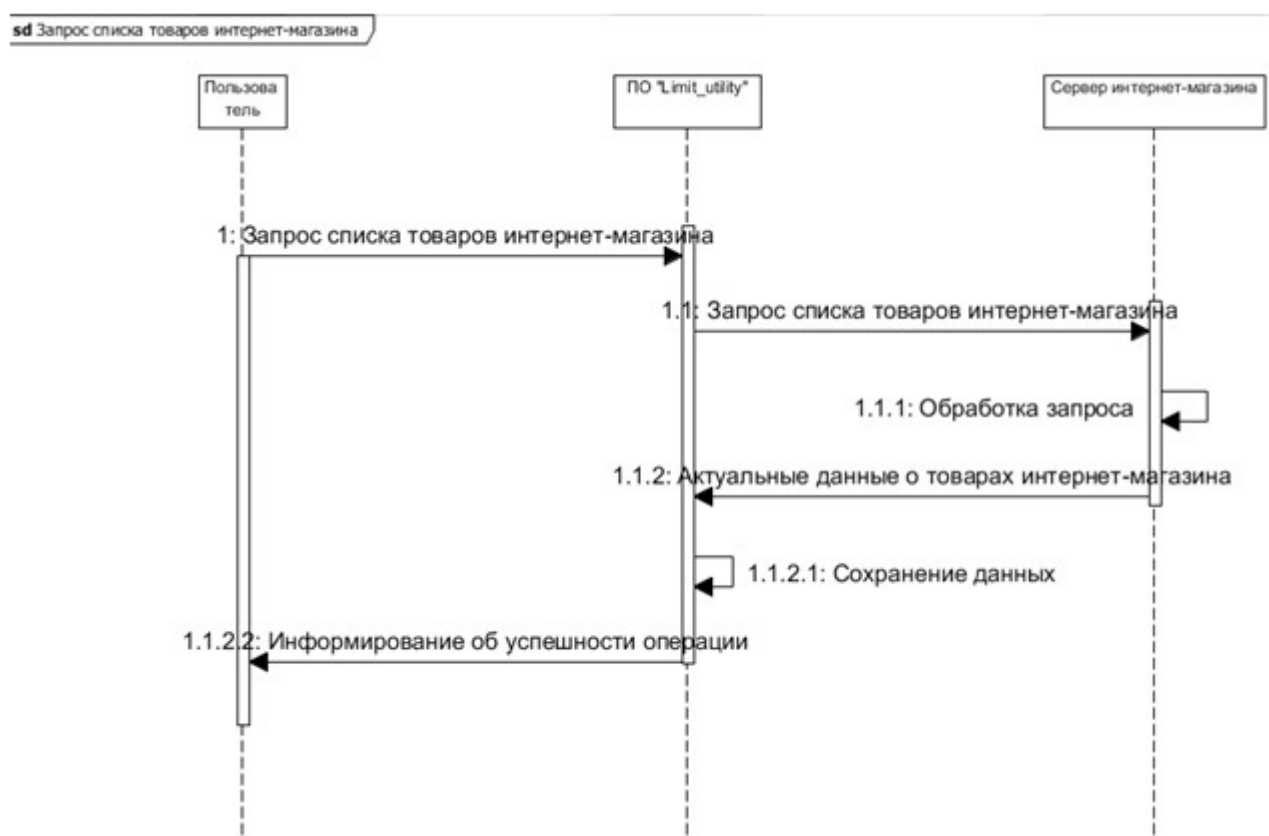


Рисунок 4.1 – Діаграма послідовності дій запити списку товарів інтернет-магазину



Рисунок 4.2 – Диаграмма последовательности действий введения полезности товаров

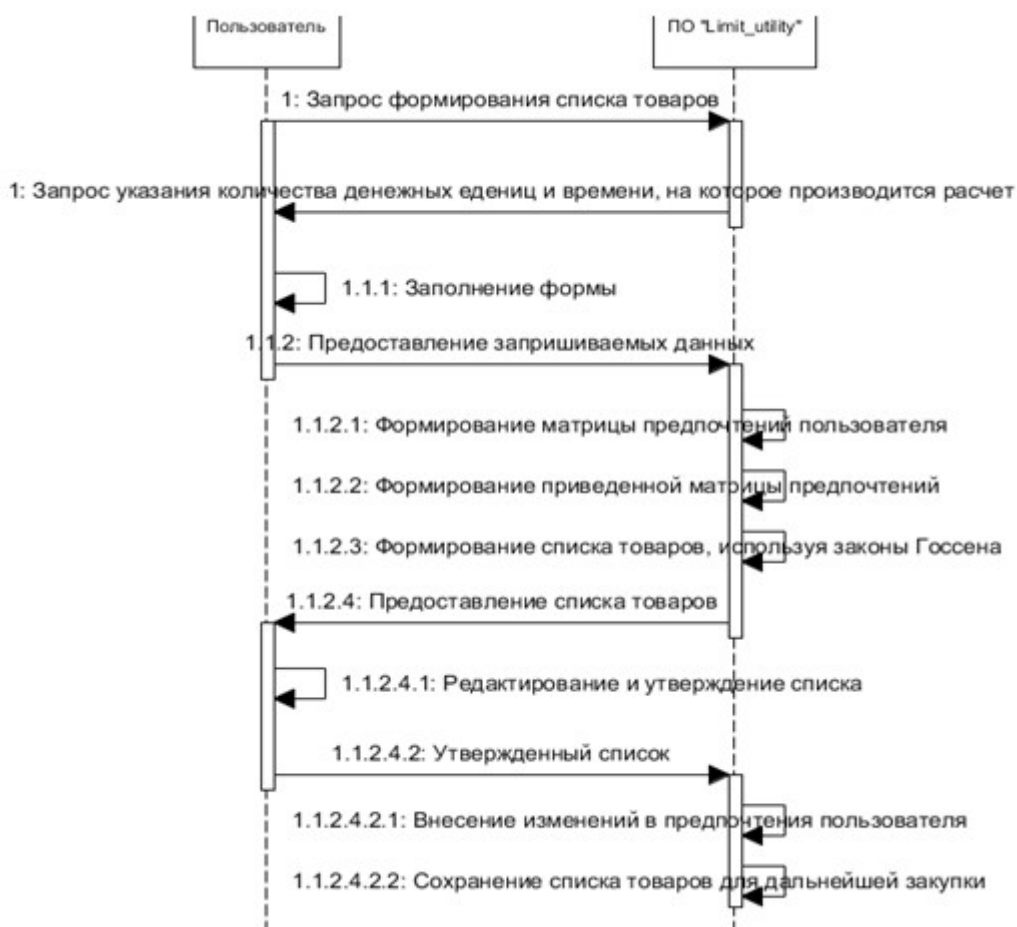


Рисунок 4.3 – Диаграмма последовательности действий формирования списка товаров для покупки в интернет-магазине

4.2 Інструментальне середовище розробки програмного забезпечення

NetBeans IDE – вільна інтегроване середовище розробки додатків (IDE) на мовах програмування Java, JavaFX, Python, PHP, JavaScript, C ++, Ада і ряду інших.

Для розробки програм в середовищі NetBeans і для успішної інсталяції та роботи самого середовища NetBeans повинен бути попередньо встановлено Sun JDK або J2EE SDK правильного видання. Середовище розробки NetBeans за умовчанням підтримувала розробку для платформ J2SE і J2EE. Починаючи з версії 6.0 Netbeans підтримує розробку для мобільних платформ J2ME, C ++ (тільки g ++) і PHP без установки додаткових компонентів.

Проект NetBeans IDE підтримується і спонсорується компанією Oracle, однак розробка NetBeans ведеться незалежно співтовариством розробників-ентузіастів (NetBeans Community) і компанією NetBeans Org.

За якістю і можливостям останні версії NetBeans IDE не поступаються кращим комерційним (платним) інтегрованим середовищам розробки для мови Java, таким, як IntelliJ IDEA, підтримуючи рефакторинг, профілювання, виділення синтаксичних конструкцій кольором, автодоповнення набираються конструкцій на льоту, безліч зумовлених шаблонів коду і ін .

У версії NetBeans IDE декларується підтримка UML, SOA, мови програмування Ruby (включаючи підтримку Ruby on Rails), а також засоби для створення додатків на J2ME для мобільних телефонів. У версії 6.5 додана підтримка мови PHP. Також для тестування викладений модуль підтримки Python.

NetBeans IDE доступна у вигляді готових дистрибутивів (прекомпілірованіє бінарних файлів) для платформ Microsoft Windows, Linux, FreeBSD, Mac OS X, OpenSolaris і Solaris (як для SPARC, так і для x86 – Intel і AMD). Для всіх інших платформ доступна можливість скомпілювати NetBeans самостійно з вихідних текстів.

Програмне забезпечення написано в середовищі NetBeans 6.7.1 на мові Java. Вибір мови програмування обумовлений перенесенням java-додатків, так як вони працюють на будь-якій віртуальній Java-машині (JVM) незалежно від комп'ютерної архітектури. Вибір середовища розробки обумовлений можливістю її некомерційного використання на стадії програмування прототипу і досвідом роботи програміста з цим середовищем.

4.3 Інтерфейс користувача програми

На рисунку 4.4 представлена початкова форма розробленого в рамках дипломної роботи магістра прототипу SmartFridge. В даній формі користувачеві пропонується завантажити і переглянути товари інтернет-магазину; задати корисності товарів і максимальну кількість товарів для покупки, використовуючи яке ПЗ обчислює коефіцієнт зменшення граничної корисності товарів; сформувати список товарів для покупки; коригувати список товарів для покупки; зробити запит покупки товарів в інтернет-магазині.

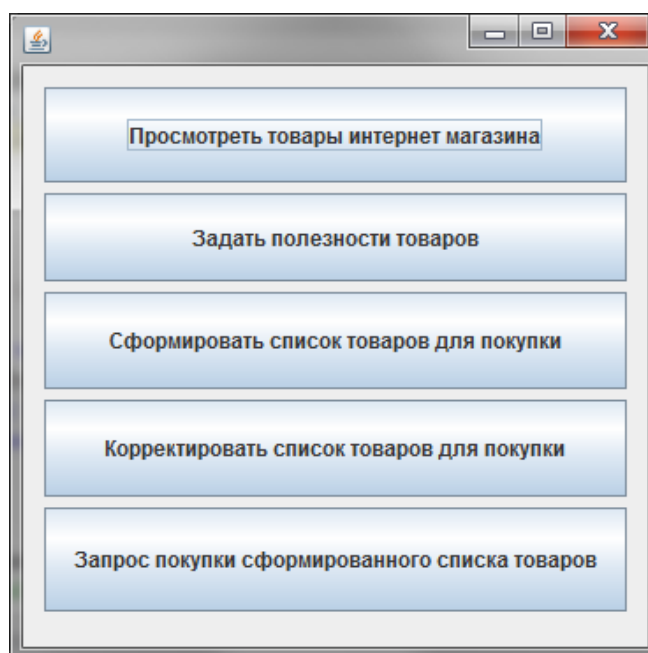
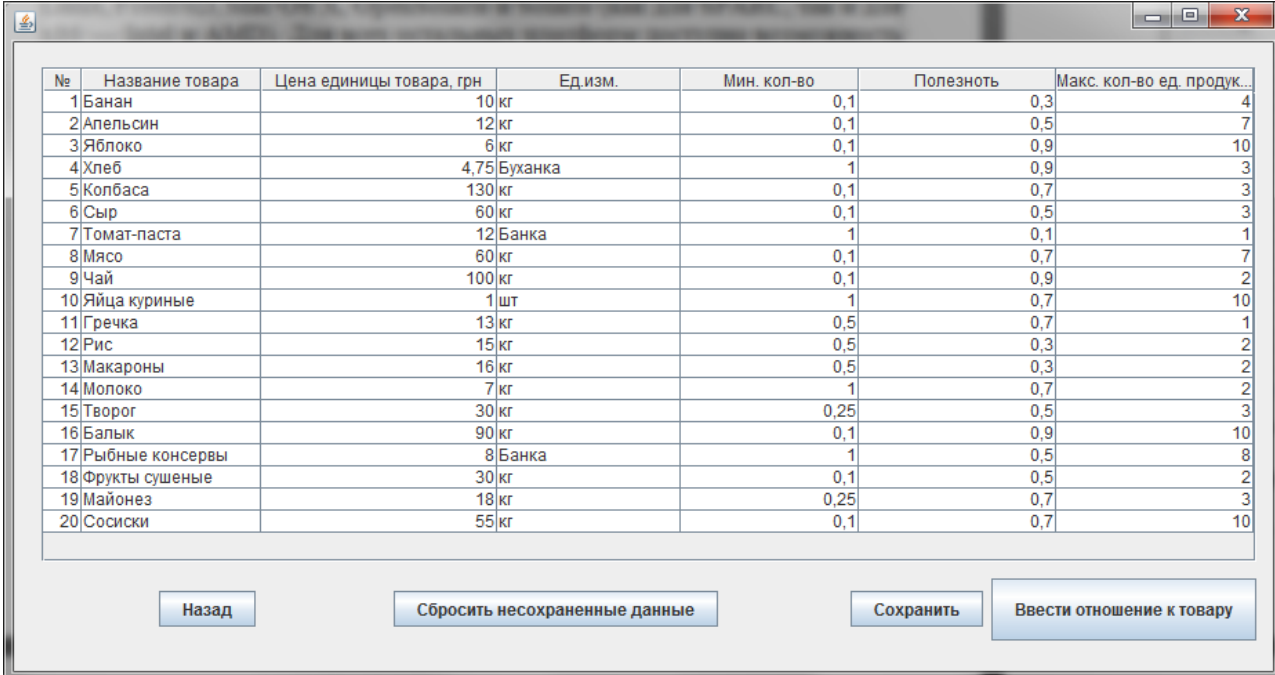


Рисунок 4.4 – Початкова форма прототипу SmartFridge

На рисунку 4.5 представлена форма перегляду товарів інтернет-магазину. На цій формі так само можна переглянути і змінити поточне значення корисності товарів і максимальну кількість одиниць продукції для кожного товару. Якщо для товару не введені користувачем корисність і максимальну кількість одиниць продукції для закупівлі, то в відповідних полях буде стояти нуль. При формуванні оптимального списку товарів для покупки такі товари враховуватися не будуть.



№	Название товара	Цена единицы товара, грн	Ед.изм.	Мин. кол-во	Полезность	Макс. кол-во ед. продук...
1	Банан	10	кг	0,1	0,3	4
2	Апельсин	12	кг	0,1	0,5	7
3	Яблоко	6	кг	0,1	0,9	10
4	Хлеб	4,75	Буханка	1	0,9	3
5	Колбаса	130	кг	0,1	0,7	3
6	Сыр	60	кг	0,1	0,5	3
7	Томат-паста	12	Банка	1	0,1	1
8	Мясо	60	кг	0,1	0,7	7
9	Чай	100	кг	0,1	0,9	2
10	Яйца куриные	1	шт	1	0,7	10
11	Гречка	13	кг	0,5	0,7	1
12	Рис	15	кг	0,5	0,3	2
13	Макароны	16	кг	0,5	0,3	2
14	Молоко	7	кг	1	0,7	2
15	Творог	30	кг	0,25	0,5	3
16	Балык	90	кг	0,1	0,9	10
17	Рыбные консервы	8	Банка	1	0,5	8
18	Фрукты сушеные	30	кг	0,1	0,5	2
19	Майонез	18	кг	0,25	0,7	3
20	Сосиски	55	кг	0,1	0,7	10

Рисунок 4.5 – Форма перегляду товарів інтернет-магазину

Для введення корисності товар і максимально можливої кількості одиниць продукції існує форма введення суб'єктивної корисності товару, представлена на рисунку 4.6. Перейти на дану форму можна з початкової і форми перегляду товарів інтернет-магазину.

Рисунок 4.6 – Форма введения полезности товару

На рисунке 4.7 приведена форма вывода оптимального списка товаров для покупки в соответствии с законами Госсена.

№	Название товара	Цена единицы това...	Ед.изм.	Мин. кол-во	Кол-во для покупки
1	Банан	10	кг		0,13
2	Апельсин	12	кг		0,16
3	Яблоко	6	кг		0,110
4	Хлеб	7,75	Буханка		12
5	Колбаса	130	кг		0,1
6	Сыр	60	кг		0,1
7	Томат-паста	12	Банка		1
8	Мясо	60	кг		0,12
9	Чай	100	кг		0,11
10	Яйца куриные	1	шт		19
11	Гречка	13	кг		0,51
12	Рис	15	кг		0,5
13	Макароны	16	кг		0,5
14	Молоко	7	кг		11
15	Творог	30	кг		0,25
16	Балык	90	кг		0,1
17	Рыбные консервы	8	Банка		1
18	Фрукты сушеные	30	кг		0,11
19	Майонез	18	кг		0,252
20	Сосиски	55	кг		0,13

Отведенные средства: 100 грн Цена покупки составляет: 98,7 грн.
 Остаток: 1,3 грн.
 Полезность составляет: 19,99 ютилей

Рисунок 4.7 – Форма вывода рекомендованного списка товаров для покупки

Таким чином, описано структуру взаємодії користувача і системи Інтернет речей, побудована діаграма варіантів використання програмного забезпечення, обрана інструментальне середовище розробки, описаний інтерфейс користувача програми і архітектура ПЗ. Так само в розділі проведено проектування прототипу програмного забезпечення «SmartFridge» для формування оптимального списку товарів.

Експериментально був розрахований список товарів для покупки на суму 100 грн з урахуванням індивідуальних переваг користувача. Корисність при цьому досягла 19,99 ютилів. Експеримент показав перевагу методу формування списку товарів з використанням законів Госсена для формування списку товарів для покупок над методом рюкзака.

Експериментально доведено оптимальність сформованого списку товарів при використанні законів Госсена для автоматизованої системи Інтернет речей. Будь-які зміни кількості продуктів для покупки при незмінних вхідних даних тягнуть за собою зменшення загальної корисності списку товарів.

5 ОПИС МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Експеримент – сукупність операцій здійснюються над об'єктом дослідження з метою отримання інформації про його властивості. Експеримент, в якому дослідник на свій розсуд може змінювати умови його проведення, називається активним експериментом. Якщо дослідник не може самостійно змінювати умови його проведення, а лише реєструє їх, то це пасивний експеримент.

Планування експерименту – вибір плану експерименту, що задовольняє заданим вимогам, сукупність дій спрямованих на розробку стратегії експериментування (від отримання апріорної інформації до отримання працездатною математичної моделі або визначення оптимальних умов). Це цілеспрямоване управління експериментом, що реалізовується в умовах неповного знання механізму досліджуваного явища.

Мета планування експерименту – знаходження таких умов і правил проведення дослідів при яких вдається отримати надійну і достовірну інформацію про об'єкт з найменшою витратою праці, а також представити цю інформацію в компактній і зручній формі з кількісною оцінкою точності

Серед основних методів планування, що застосовано на різних етапах дослідження, використано:

- планування відсіває експерименту, основне значення якого виділення з усієї сукупності факторів групи істотних факторів, які підлягають детальному вивченню;
- планування експерименту для дисперсійного аналізу, тобто складання планів для об'єктів з якісними факторами;
- планування регресійного експерименту, що дозволяє отримувати регресійні моделі (поліноміальні і інші);
- планування екстремального експерименту, в якому головне завдання – експериментальна оптимізація об'єкта дослідження;
- планування при вивченні динамічних процесів.

Корисність списку товарів, отримана при використанні законів Госсена, є максимальною. Таким чином, експеримент має довести оптимальність сформованого списку товарів з використанням законів Госсена, так як будь-які зміни в даному списку призвели до зменшення загальної корисності списку товарів.

Відомості про основні алгоритми ПЗ, що описують послідовність вироблених системою дій для формування оптимального списку товарів для автоматизованої системи Інтернет речей.

ВИСНОВКИ

В даний час «Розумні будинки» є новою і розвивається технологією. Попит на інтелектуальні прилади зростає і аналітики прогнозують цієї галузі масове поширення. Наслідком цього є високий потенційний попит на супутнє ПЗ для «Розумного будинку», чим і є програмне забезпечення, що описується в даній роботі.

У роботі обґрунтовано актуальність проблеми «Розумного будинку», проаналізовані переваги і недоліки системи. До переваг відносять комфорт, безпеку та енергозбереження. Недоліки у системи «Розумний будинок» відповідають недоліків будь-якого нового продукту на ринку, а саме: висока вартість самого устаткування і його впровадження, нерозвинена обслуговує мережу для складових системи «Розумний будинок».

В роботі розглянуті основні завдання підсистеми Інтернет речей. Функцію формування оптимального списку товарів при використанні першого і другого законів Госсена запропоновано додати в задачу автоматизованого поповнення запасів продуктів «Розумного холодильника». Проведено огляд існуючих методів формування списку товарів для автоматизованої покупки в системі Інтернет речей.

Застосовано першого і другого законів Госсена до функції закупівлі продуктів в «Розумному холодильнику». Аналіз методів формування оптимального списку товарів показав, що автоматичне формування списку товарів з використанням законів Госсена є кращим, за умови, що користувач заздалегідь не знає список страв, для яких йому необхідні продукти. Оптимальність методу формування списку товарів вимірюється в принесеній користі, яку можна отримати, витративши не більше відведених на покупки засобів.

В роботі описані перший і другий закони Госсена, представлена математична модель формування оптимального списку товарів, проаналізовані методи розв'язання задачі про рюкзак і формування оптимального списку товарів. В результаті проведеного аналізу було зроблено висновок про неможливість використання методу завдання про рюкзак для формування оптимального списку товарів.

Описана методика розрахунку рекомендованого списку товарів, поведінку системи. Ілюстративна модель формування рекомендованого списку товарів покроково і з приведенням проміжних значень показала роботу алгоритму, описаного Госсеном.

Розроблено алгоритми ПЗ, що описують послідовність вироблених системою дій для формування оптимального списку товарів для автоматизованої системи Інтернет речей.

Наведено структуру взаємодії користувача і системи Інтернет речей, побудована діаграма варіантів використання програмного забезпечення, обрана інструментальне середовище розробки, описаний інтерфейс користувача програми і архітектура ПЗ.

Проведено проектування програмного забезпечення і розроблений прототип ПЗ для формування оптимального списку товарів.

Експериментально був розрахований список товарів для покупки на суму 100 грн з урахуванням індивідуальних переваг користувача. Корисність при цьому досягла 19,99 утилів. Експеримент показав перевагу методу формування списку товарів з використанням законів Госсена для формування списку товарів для покупок над методом рюкзака.

Експериментально доведено оптимальність сформованого списку товарів при використанні законів Госсена для автоматизованої системи Інтернет речей. Доказом оптимальності стало зменшення загальної корисності покупки при будь-яких змінах кількості продуктів в сформованому списку товарів при використанні законів Госсена.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бурцев М.С. Дослідження нових типів самоорганізації й виникнення поведінкових стратегій: Дисс. канд. физ.-мат. наук. – М., 2005. - 120 с.
2. Бобровский С. Історія розвитку програмного забезпечення. Еволюція й штучне життя URL: <http://www.computer-museum.ru/histsoft/alife.htm> -.
3. Редько В.Г. Моделювання когнітивної еволюції: погляд зі штучного інтелекту// Логос – 2014. - №1. С. 109-140.
4. Теорія агентів. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/multiagent-systems/theory-agent.html> -.
5. Редько В.Г. Актуальність моделювання когнітивної еволюції.// "Наукова сесія НИЯУ МИФИ-2010. Матеріали вибраних наукових праць по темі "Актуальні питання нейробиології, нейроінформатики й когнітивних досліджень". М.: НИЯУ МИФИ, 2010. С. 69-90.
6. Янголенко О. В. Аналіз стану інформаційних технологій в системі вищої освіти / О. В. Янголенко, І. В. Лютенко, О. В. Яковлева // Вісник Національного технічного університету ISSN 2311-4738 (print) ISSN 2413-3000 (online) Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами Вісник НТУ «ХПІ». 2018. № 2 (1225) 7
7. University Management System – UMS [Електронний ресурс]. – URL: // <http://www.techxact.com/university-management-system-ums.html>. – Дата звертання : 13 04 2020.
8. Концепція розвитку електронного (е-навчання) в НТУ «ХПІ» на 2009–2016 рр.. – URL: http://cde.kpi.kharkov.ua/cdes/New/Conception_eL.pdf. – Дата звертання : 20 05 2018.
9. Городецкий В. И. Многоагентные системы (обзор) / В. И. Городецкий, М. С. Грушинский, А. В. Хабалов // – URL: <http://www.raai.org/library/ainews/1998/2/ggkhmas.zip>. – Дата звертання : 22 04 2020.

10. Alkhateeb F. Multi-Agent Systems – Modeling, Interactions, Simulations and Case Studies / F. Alkhateeb, E. Al Maghayreh, I. Abu Doush. – InTech, 2011. – 512 p.
11. Субботін С. О. Неітеративні еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечітко логічних і нейромережних моделей / Під заг. ред. Субботіна С. О. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. – 375 с.
12. Ладанюк П. П. Основы системного анализа. – Винница : Нова книга. – 2004. – 176 с.
13. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти. – Київ : Атіка. – 2009. – 684 с.
14. Кравцов Г. М. Структура системы управления качеством электронных ресурсов обучения // Информационные технологии в образовании. – 2011. – № 10. – С. 94–101.
17. Symeonidis A. L. Agent Intelligence through Data Mining /. – Aristotle University of Thessaloniki, Greece: Springer, 2017. – 201 p.
18. Li Z. Cooperative Control of Multi-Agent Systems: A Consensus Region Approach / Z. Li, Z. Duan. – CRC Press, 2014. – 252 p.
19. Henderson-Seller B. Giorgini P. Agent-Oriented Methodologies. London, Idea Group Publishing, 2015, 413 p.
20. Бурцев М.С. Штучне життя як метод математичного комп'ютерного моделювання процесів еволюції складних систем // Інформаційні технології й обчислювальні системи, N 3, стор. 5 – 22, 2015.
21. Штучне життя URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%C8%F1%EA> – .
22. Програмний агент URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> – - Заголовок з екрана.
23. Ченців В.В. Мова програмування Java і середовище Netbeans. Бхв-петербург, 2011. - 704 с.
24. Эккель Б. Філософія Java. 4-е видання. Пітер, 2009. - 638 с.
25. Державний стандарт України. Документація. Звіти в сфері науки й техніки. Структура й правила оформлення // ДСТУ 3008-2015 – Введ.– К.: 2015. - 45 с.

26. Лешек А. Мацяшек. Аналіз вимог і проектування систем. Розробка інформаційних систем з використанням UML. Вільямс, 2002. - 432 стор., з іл.

27. Портал автоматизации зданий Hosm. Информация » В «Умном доме» умный холодильник? URL: <http://hosm.ru/info/fridge.html>

28. Система «Умный дом». Технологии – URL: <http://www.marshal-cottages.ru/>

29. Мастерские инфо. Умный холодильник в Вашем доме – URL: http://masterskie.info/ml/articles/partnership_investor.htm

30. Умный экодом Билла Гейтса. URL: <http://hearts.in.ua/articles/green-lifestyle-energy-efficiency/860.php>

31. Плюсы и минусы «Умного дома». URL: <http://faq-life.ru/plyusy-i-minusy-umnogo-doma.html>

32. Shostak I., Matyushenko I., Romanenkov Yu., Danova M., Kuznetsova Yu. Computer Support for Decision-Making on Defining the Strategy of Green IT Development at the State Level. In book: Green-IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications, Vol. 171. Berlin, Heidelberg: Springer International Publishing, 533–559 (2018), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00253-4>

33. Shostak I., Kapitan R., Volobuyeva L., and Danova M., Ontological Approach to the Construction of Multi-Agent Systems for the Maintenance Supporting Processes of Production Equipment. In Proc. : IEEE International Scientific and Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PICS&T-2018). Ukraine, Kharkiv, October 9-12, 2018. P. 209 – 214