МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
магістра

на тему МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ У СФЕРІ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

Виконала: студентка ІІ курсу, групи 8.0513-ек
спеціальності 051 «Економіка»
освітньої програми «Економічна кібернетика»
Сорока Вікторія Володимирівна
Керівник зав. каф. ек. кіб., д.е.н, професор
Максишко Н.К.
Рецензент проф. каф. ек. кіб., к.е.н
Чеверда С.С.

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет економічний_____
Кафедра економічної кібернетики_____
Рівень вищої освіти магістр_____
Спеціальність 051 «Економіка»_____
Освітня програма «Економічна кібернетика»
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____

«____»_____2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Сорока Вікторія Володимирівна

1. Тема роботи Моделювання поведінки економічних агентів у сфері транспортної логістики
керівник роботи – Максишко Наталія Костянтинівна, д.е.н., професор
затверджені наказом ЗНУ від 29 грудня 2023 року № 2252-с
2. Строк подання студентом роботи: 02 грудня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: постановка завдання, наукова література за темою роботи, офіційні статистичні дані
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): дослідження теорії поведінкової економіки в логістиці, обґрунтування ролі транспортних перевезень в економіці, аналіз засобів для підтримки рішень, побудова семантичної моделі поведінки агентів у логістиці, розробка нечіткої моделі вибору маршрутів.
5. Перелік графічного матеріалу: у роботі розміщено 9 табл. та 19 рис. Розроблено в Microsoft Office Power Point презентацію основних результатів кваліфікаційної роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	ПІП, посада консультанта	Підпис, дата	Підпис, дата
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1	д.е.н. проф. Максишко Н.К.		
Розділ 2	д.е.н. проф. Максишко Н.К.		
Розділ 3	д.е.н. проф. Максишко Н.К.		

7. Дата видачі завдання: 15.01.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Формування мети, об'єкту, предмету та завдань кваліфікаційної роботи	15.01.2024 – 26.01.2024	Виконано
2.	Узгодження плану роботи, підготовка вступу	27.01.2024 –11.02.2024	Виконано
3.	Формування основних гіпотез та огляд наукових джерел	12.02.2024 –06.04.2024	Виконано
4.	Підготовка 1-го розділу кваліфікаційної роботи	08.04.2024 – 22.06.2024	Виконано
5.	Підготовка 2-го розділу кваліфікаційної роботи	26.06.2024 – 31.08.2024	Виконано
6.	Підготовка 3-го розділу кваліфікаційної роботи	02.09.2024 –16.11.2024	Виконано
7.	Аналіз та інтерпретація отриманихрезультатів, оформлення висновків кваліфікаційної роботи, оформлення вступу та реферату	18.11.2024 –24.11.2024	Виконано
8.	Нормоконтроль, перевірка на доброчесність, підготовка до захисту	25.11.2024 –08.12.2024	Виконано

Студент _____ Сорока В.В.
(підпис)

Керівник роботи _____ Максишко Н.К.
(підпис)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Макаренко О.І.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить три розділи, 93 с., 19 рис., 9 табл., 67 джерел.

Об’єкт дослідження – поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики.

Предмет дослідження – математичні моделі поведінки економічних агентів у сфері транспортної логістики.

Мета роботи – розробка математичної моделі для обгрунтування вибору маршруту перевезень вантажів з урахуванням даних щодо поведінки економічних агентів.

Методи дослідження – аналіз, узагальнення, порівняння, систематизація, математичний апарат нечіткої логіки, семантичне моделювання, середовище моделювання RStudio.

У роботі досліджено роль та значення транспортної логістики в економіці України, визначено ключові виклики, які постають перед галуззю, а також значення транспортних перевезень для економічного розвитку країни. Проаналізовано поведінкові аспекти економічних агентів, що впливають на прийняття рішень у сфері транспортної логістики, зокрема їх впливу на вибір маршрутів, оцінку ризиків та оптимізацію витрат. Проведено огляд основних підходів теорії поведінкової економіки, методів Data Science та штучного інтелекту, які застосовуються для підтримки прийняття рішень у транспортній логістиці. Розроблено семантичну модель поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики», побудовано нечітку модель для обґрунтування вибору маршруту перевезень вантажів з урахуванням даних щодо поведінки економічних агентів (невизначеність та суб’єктивність), яка дає змогу вдосконалити процес прийняття рішень, підвищити ефективність логістичних процесів. Запропоновані моделі мають практичну цінність та можуть бути інтегровані в існуючі інформаційні системи для вдосконалення організації перевезень.

ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА, ПОВЕДІНКОВА ЕКОНОМІКА, ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ, ПОВЕДІНКА ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ, СЕМАНТИЧНА МОДЕЛЬ, НЕЧІТКА МОДЕЛЬ

SUMMARY

The master's qualification work contains three chapters, 93 p., 19 figures, 9 tables, 67 sources.

The object of the study is the behavior of economic agents in the field of transport logistics.

The subject of the study is mathematical models of the behavior of economic agents in the field of transport logistics.

The purpose of the work is to develop a mathematical model to justify the choice of a cargo transportation route taking into account data on the behavior of economic agents.

Research methods are analysis, generalization, comparison, systematization, mathematical apparatus of fuzzy logic, semantic modeling, RStudio modeling environment.

The work examines the role and significance of transport logistics in the economy of Ukraine, identifies key challenges facing the industry, as well as the significance of transport for the country's economic development. The behavioral aspects of economic agents that influence decision-making in the field of transport logistics are analyzed, in particular their influence on the choice of routes, risk assessment and cost optimization. A review of the main approaches of the theory of behavioral economics, Data Science methods and artificial intelligence, which are used to support decision-making in transport logistics, was conducted. A semantic model of the concept of "behavior of economic agents in the field of transport logistics" was developed, a fuzzy model was built to justify the choice of a cargo transportation route taking into account data on the behavior of economic agents (uncertainty and subjectivity), which allows improving the decision-making process and increasing the efficiency of logistics processes. The proposed models have practical value and can be integrated into existing information systems to improve the organization of transportation.

TRANSPORT LOGISTICS, BEHAVIORAL ECONOMICS, ROUTES OPTIMIZATION, BEHAVIOR OF ECONOMIC AGENTS, SEMANTIC MODEL, FUZZY MODEL

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
РЕФЕРАТ
SUMMARY
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК
ВСТУП 8
РОЗДІЛ 1 ПОВЕДІНКОВІ АСПЕКТИ ЕКОНОМІКИ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 10
1.1 Роль та значення транспортних перевезень в економіці України 10
1.2 Сутність та значення поведінкової економіки 21
1.3 Механізм взаємодії економічних агентів у цифровому просторі: погляд в поведінкову економіку 28
РОЗДІЛ 2 ТЕОРІЇ ТА МЕТОДИ ПОВЕДІНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ШІ 35
2.1 Огляд теорій поведінкової економіки 35
2.2 ШІ в поведінковій економіці: розуміння прийняття людських рішень за допомогою інтелектуальних моделей 43
2.3 Огляд існуючих засобів підтримки прийняття рішень економічними агентами: Date Sience та ШІ 49
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ПОВЕДІНКИ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ У СФЕРІ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ 60
3.1 Побудова семантичної моделі поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики» 60
3.2 Розробка нечіткої моделі для вибору маршруту перевезень вантажів з урахуванням даних щодо поведінки економічних агентів 66
3.3 Аналіз результатів застосування нечіткої моделі 75
ВИСНОВКИ 84
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 86

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

ШІ	–	Штучний інтелект
АЕС	–	Атомна електростанція
СППР	–	Система підтримки прийняття рішень
ПВАЗ	–	Підсистема введення та аналізу запитів користувача
ПОЗГР	–	Підсистема оброблення запитів користувача та генерації результатів
БЗД	–	База знань і даних
ППР	–	Підсистема подання результатів
ОПР	–	Особа, що приймає рішення

ВСТУП

Ефективне управління транспортною логістикою є важливим чинником для розвитку економіки України, оскільки ця сфера є основою для забезпечення безперебійного руху товарів і послуг, що сприяє загальному економічному зростанню. Проблеми в сфері транспортних перевезень, такі як оптимізація маршрутів, врахування поведінкових аспектів економічних агентів, та інтеграція новітніх технологій, є актуальними питаннями, які потребують комплексного підходу. Серед важливих напрямків дослідження варто відзначити роботи таких вчених, як К. Б. Сімона, Р. Шейна, Г. С. Стіглера та інших, які досліджували поведінку економічних агентів у транспортній логістиці та роль новітніх технологій у оптимізації процесів.

Врахування поведінкових аспектів економічних агентів у транспортній логістиці дозволяє значно покращити процеси прийняття рішень і підвищити ефективність управління транспортними перевезеннями.

Актуальність даного дослідження зумовлена:

а) сучасними викликами, що постають перед галуззю транспортної логістики, яка є ключовим елементом глобальної економіки;

б) потребою врахування поведінкових факторів у процесах прийняття рішень;

в) використанням сучасних технологій, а саме штучного інтелекту, машинного навчання тощо;

г) зростанням конкуренції у галузі, що вимагає від компаній швидкого реагування на зміни умов ринку та покращення якості транспортних послуг при зниженні витрат;

д) недостатнім рівнем дослідження моделей, що інтегрують поведінкову економіку та транспортну логістику;

е) динамічністю зовнішнього середовища, яке вимагає від логістичних компаній гнучкості, інноваційності та здатності адаптуватися до нових реалій у найкоротші терміни.

Таким чином, дослідження поведінкових аспектів економічних агентів у логістичній сфері має не лише теоретичну, але й практичну цінність, оскільки сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств, розвитку інновацій та забезпеченню стійкого економічного зростання.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

а) обгрунтувати роль та значення транспортних перевезень в економіці України;

б) ознайомитись з теорією поведінкової економіки та її значенням щодо врахування поведінкових аспектів у транспортній логістиці;

в) дослідити існуючи засоби підтримки прийняття рішень економічними агентами в межах Date science та ШІ;

г) побудувати семантичну модель поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики»;

д) розробити нечітку модель для обґрунтування вибору маршруту перевезень вантажів з урахуванням даних щодо поведінки економічних агентів.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи полягає у побудові семантичної моделі поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики», а також розробці на її базі нечіткої моделі обґрунтування вибору маршруту транспортних перевезень з урахуванням особливостей поведінки економічних агентів.

Основні результати дослідження було представлено:

а) на XVII університетській науково-практичній конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2024» (м. Запоріжжя, ЗНУ);

б) у фаховому виданні «Фінансові стратегії інноваційного розвитку економіки» №3 (63) (2024).

РОЗДІЛ 1
ПОВЕДІНКОВІ АСПЕКТИ ЕКОНОМІКИ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Роль та значення транспортних перевезень в економіці України

Процвітання національної економіки країни залежить від багатьох факторів, ключовим з яких є створення такої економічної системи, котра спроможна забезпечити стійку життєдіяльність підприємства в нестабільному та мінливому середовищі [1]. Сталий економічний розвиток ґрунтується на необхідності враховувати світовий досвід і спиратися на власний виробничий, транспортний і логістичний потенціал, що формує основу для майбутніх структурних змін.

Актуальні реформи економічної системи України орієнтовані на розв'язання широкого спектру проблем. Зокрема, серед першочергових напрямів реформ відзначаються реформи владних інститутів, безпеки та оборони, освіти, охорони здоров'я, фінансового та податкового секторів та ін. [2]. Водночас недостатня увага в системі пріоритетів економічного розвитку призвела до створення Національної транспортно-логістичної системи, здатної забезпечити умови для сталого економічного зростання [3].

Транспортні перевезення відіграють важливу роль в економіці країн, оскільки вони забезпечують взаємодію між різними секторами економіки та сприяють розвитку міжнародної торгівлі.

Транспортна логістика належить до третинного сектору економіки. Вона надає послуги з перевезення людей і вантажів.

За [4] транспортна логістика представляє собою систему з організації доставки, а саме з переміщення будь-яких матеріальних предметів, речовин тощо з однієї точки в іншу за оптимальним маршрутом. Транспорт як провідна галузь економіки забезпечує функціонування і розвиток усіх галузей

господарського комплексу країни, виступає фундаментальною основою їх взаємодії у процесі економічного розвитку.

За [5] транспортна логістика є процесом організації ланцюга, поставки та управління цим ланцюгом, який охоплює постачання сировини, необхідної для виробництва, управління матеріальними ресурсами на підприємстві, постачання готової продукції на склади та розподільчі центри, сортування, переробку, пакування, розподіл продукції у містах споживання .

Предметом транспортної логістики є транспорт загального користування, у тому числі: залізничний, автомобільний (для перевезення вантажів та пасажирів), водний (морський та річковий), повітряний та трубопровідний.

Залізничний транспорт є ефективним засобом перевезення великих обсягів вантажів на великі відстані. Він відзначається високою вантажопідйомністю та економічністю.

Автомобільний транспорт є одним з найбільш гнучких та поширених способів перевезення вантажів, особливо на короткі та середні відстані. Він забезпечує високу мобільність та доступність.

Водний транспорт є ключовим для міжнародної торгівлі, забезпечуючи перевезення великих обсягів вантажів між континентами. Він характеризується низькими витратами на перевезення за тонну вантажу на великі відстані.

Повітряний транспорт є найшвидшим способом перевезення вантажів, але також найдорожчим. Він використовується для доставки термінових, цінних або швидкопсувних товарів.

Трубопровідний для транспортування рідких та газоподібних речовин, таких як нафта, природний газ, хімічні рідини.

Кожен вид транспорту має свої унікальні характеристики (див. табл. 1.1), що визначають поведінку економічних агентів у сфері транспортної логістики. Вибір транспорту залежить від конкретних потреб, таких як швидкість доставки, обсяг вантажу, вартість перевезення та

відстань, що впливає на рішення та стратегії домогосподарств, підприємств, держави, фінансових установ, іноземних агентів і неприбуткових організацій [6].

Таблиця 1.1 - Характеристика видів транспорту з позиції ефективності доставки вантажів та перевезення пасажирів

Вид транспорту	Характерні риси видів транспорту:	
	позитивні	негативні
Залізничний	а) велика провізна спроможність; б) доволі низька собівартість перевезень; в) регулярність перевезень; г) незалежність від погодних умов; д) висока ефективність організації навантажувально-розвантажувальних робіт.	а) великі затрати на будівництво залізниць; б) обмеженість радіусу доставки залізничними коліями; в) прив'язка до розкладу руху потягів; г) обмеженість кількості перевізників.
Автомобільний	а) достатня швидкість доставки; б) можливість доставки вантажу від дверей до дверей без перевантаження; в) висока маневреність; г) регулярність поставки; д) можливість відправлення вантажу малими партіями.	а) мала провізна спроможність; б) висока собівартість перевезень, що, в першу чергу, зумовлено затратами на пальне; в) великі затрати на будівництво доріг; г) мала вантажоспроможність; д) ймовірність викрадення вантажу чи автотранспорту взагалі; е) екологічне забруднення довкілля (повітря).

Джерело: [7]

Продовження таблиці 1.1

Вид транспорту	Характерні риси видів транспорту:	
	позитивні	негативні
Водний (морський та річковий)	а) низькі тарифи на перевезення; б) велика провізна спроможність; в) відсутність капітальних вкладень за статтею будівництво перевізних шляхів; г) при перевезеннях вантажів вагою понад 100 т на відстань більш 250 км річковий транспорт є найдешевшим видом.	а) відсутність регулярності перевезень; б) обмеженість у застосуванні (сезонність застосування); в) невелика швидкість перевезення; г) залежність від географічних, навігаційних і погодних умов; д) жорсткі вимоги до пакування товарів і кріплення вантажів; е) низька частота відправлень; ж) необхідність створення складної портової інфраструктури.
Повітряний	а) найвища швидкість доставки; б) можливість доставки вантажів у будь-який район, у тому числі туди, де немає інших видів транспорту; в) найкраще збереження вантажу.	а) мала провізна спроможність; б) відсутність регулярності перевезень; в) дуже висока собівартість перевезення; г) залежність від погодних умов.
Трубопровідний	а) найдешевший вид транспорту; б) велика провізна спроможність; в) висока швидкість перекачування вкладень.	а)обмеженість у застосуванні (мала номенклатура вантажів, придатних для транспортування - (рідини, гази, емульсії).

Джерело: [7]

У табл.1.1 виділені основні переваги та недоліки кожного з видів транспорту загального призначення, за яким можна зробити висновок, що найменшу собівартість перевезення мають водний, залізничний та трубопровідний види транспорту.

Отже, за дослідженнями роботи [7] найшвидшим є повітряний транспорт; найдоступнішим – автомобільний, найнадійнішим – трубопровідний, за критерієм вантажопідйомності та дешевизни на першому місці – водний, за критерієм частоти – трубопровідний.

За [8], транспортні перевезення вантажів є важливим елементом економічної інфраструктури України, впливаючи на рух товарів та розвиток підприємництва

Транспорт є необхідною умовою функціонування економіки, забезпечуючи сировиною, матеріалами, обладнанням і транспортуванням готової продукції до споживачів. Без транспортної мережі неможливо раціонально розміщувати підприємства, а також освоювати нові території та природні ресурси.

У транспортній логістиці і в сучасній економіці в цілому одним із найважніших понять є поняття логістичної операції. За [9,10] логістичні операції – це сукупність дій, спрямованих на перетворення матеріального і/або інформаційного потоків. До логістичних операцій з матеріальним потоком відносять: навантаження, транспортування, розвантаження, розпаковування, комплектацію, складування, упаковку тощо. До логістичних операцій з інформаційним потоком відносять: збір, обробку і передачу інформації. Ці операції відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного ланцюга, що дозволяє компаніям забезпечувати потреби споживачів вчасно та ефективно. Логістичні операції (логістика) сприяють зниженню витрат на зберігання і перевезення товарів, оптимізують розподіл ресурсів і забезпечують гнучкість у виробництві та постачанні [11].

На сьогоднішній день в рамках транспортної логістики розглядаються два основних напрямки її діяльності: Логістика вантажних перевезень і логістика пасажирських перевезень. Перспективи розвитку вантажної логістики залежать від пропускної здатності вантажопотоку. Останні формуються в залежності від розвитку галузі в конкретному регіоні. Масштаб логістики пасажирських перевезень залежить від пропускної здатності пасажирського транспорту. Як відомо із роботи [12], потужності пасажиропотоків у кожному транспортному вузлі змінюються протягом року з різним ступенем імовірності, залежать від рівня розвитку промисловості, наявності курортних закладів у регіоні, від життєвого рівня населення й інших факторів. Однією з основних задач логістики пасажирських перевезень є раціональна організація пасажиропотоків, оскільки від цього залежать доходи транспорту.

Головне завдання транспортної логістики - забезпечити безперебійне переміщення товарів і транспортних засобів з пункту відправлення до кінцевого пункту призначення без затримок або перешкод.

Діяльність у сфері транспортної логістики має кінцеву ціль, яка отримала назву «шість правил логістики» [7]:

а) вантаж – необхідний товар;

б) якість – необхідна, потрібна якість;

в) кількість – в необхідній кількості;

г) час – потрібно доставити в необхідний годину;

д) місце – в потрібне місце;

е) витрати – із мінімальними витратами.

Вважається, що мета транспортно-логістичної діяльності досягається тільки за умови дотримання всіх 6 правил. Тобто необхідні товари необхідної якості і необхідну кількість потрібних товарів доставляються в потрібний час в необхідне місце за оптимальною вартістю.

Відповідно до цих «правил», для обрання найбільш оптимального виду транспорту необхідно класифікувати його за наступними характеристиками [7]:

а) швидкість;

б) доступність;

в) надійність;

г) вантажопідйомність;

д) частота;

е) дешевизна.

У сфері транспортної логістики важливу роль відіграє логістична інфраструктура, яка забезпечує ефективне виконання логістичних операцій. Логістична інфраструктура включає різноманітні об'єкти та системи, які створюють основу для переміщення вантажів та надання логістичних послуг [6].

Логістична інфраструктура — це сукупність технічних та організаційно-економічних елементів, за допомогою яких всі види економічних потоків (матеріальні, фінансові, інформаційні, трудові, енергетичні, зворотні) здійснюють циклічний рух з найбільшою ефективністю від постачальника ресурсів до кінцевого споживача [13]. Вона включає в себе критичні елементи впливають на поведінку економічних агентів: склади, транспортні термінали, дороги, порти та аеропорти. Від їхньої ефективності залежить швидкість, вартість і надійність логістичних операцій, що в свою чергу визначає загальну продуктивність і конкурентоспроможність економіки.

Функції логістично-транспортної системи та стратегії її розробки можна розділити на три основні категорії. Перша категорія стосується формування ринкових зон обслуговування, прогнозування матеріалопотоків, їх опрацювання в системі обслуговування та інших аспектів оперативного управління й регулювання матеріалопотоків. Друга категорія стосується розробки системи організації транспортних процесів, включаючи планування перевезень, розподілу видів діяльності, формування вантажопотоків, розклад

руху транспортних засобів. Третя категорія охоплює логістику запасів: планування потреб у запасах, закупівля, зберігання, транспортування та розподіл товарів. Оптимізацію складських операцій: розміщення запасів, управління запасами, автоматизація складських процесів. Використання інформаційних технологій: впровадження систем управління запасами, ERP-систем та інших IT-рішень для підвищення ефективності логістики [14].

Реальний стан розвитку транспортної логістики України та її місце в глобальній транспортній мережі наразі постраждали через бойові дії на території держави. На початку війни, вторгнення сусідньої країни фактично зупинило експортні можливості держави, адже була частково зруйнована інфраструктура аеропортів, залізниці. Склади та офіси логістичних компаній зазнали обстрілів, що змусило їх закритись або зробити релокацію у більш безпечний регіон країни. А також окупантами було викрадено технічні засоби та обладнання, що призвело до значних збитків.

Дослідження міжнародної торгівлі в довоєнний час, що було виконано у роботі [14], зазначає що основними засобами транспортування були залізничний та морський види транспорту. При тому наявність виходу до Чорного моря надавала можливість відправляти вантажі практично в будь-яку країну світу. Але після 24 лютого 2022 року, блокада морських портів вплинула як на масштаби торгівлі, так і на її розподіл за різними типами транспортування. Якщо ще в січні 2022 року 80% експорту виконувалось морськими шляхами, то станом на квітень того ж року, ця частка впала до 13%. Більшість перевезень почали виконувати залізничним та автомобільним транспортом. В той самий час суттєво зросла кількість постачань в країни ЄС.

Однією з головних проблем, з початком війни, є неможливість експорту у великих обсягах до західних країн, де обсяги експорту наземним транспортом значно зросли порівняно з довоєнним рівнем. Ці обмеження частково пов'язані з нестачею потужностей наземного транспорту в Україні, а частково - з особливостями його технічного стану. Водночас, найбільшим

викликом є неспроможність європейської інфраструктури прийняти велику кількість потягів та вантажівок, що транспортують промислову та сільськогосподарську сировину з України. Пропускна спроможність транспортної системи ЄС на кордонах і в портах України є вкрай низькою.

Переміщення вантажів, через проблему несумісності залізничних колій, значно сповільнювалося через необхідність переміщення вантажних вагонів на європейські колії, що є значно вужчими, аніж українські. Крім того, вантажопідйомне обладнання менш продуктивне.

Також існує елемент перевантаження прикордонної інфраструктури. Наразі не вистачає складських потужностей та контейнерних терміналів для зберігання зернових та вантажів олійного типу. В Україні дефіцитними є вантажні вагони, зерновози та контейнери.

Багато проблем спостерігається з інфраструктурою країни. У зонах активних бойових дій сотні прольотів мостів, тисячі кілометрів доріг, порти та вокзали, склади та станції та інші транспортні об’єкти серйозно пошкоджені через постійні обстріли безпілотників та ракет.

За даними Держстату [16], за березень-грудень 2023 року всіма видами транспорту перевезено 282,4 млн тон вантажів, тоді як за аналогічний період 2022-го – лише 231,1 млн тон. Тож маємо 22% загального зростання. Помісячно приріст становив від 17% до 30%. Звісно, обсяги перевезень лишалися істотно меншими за довоєнний рівень, проте зберігалася позитивна динаміка показників [17].

Вантажообіг у 2023 році сумарно склав близько 163,36 млрд тонно-кілометрів. Це на 2% менше від 2022 року та на 43,6% менше від 2021 року. Для порівняння: у 2022 році це було понад 166,73 млрд тонно-кілометрів. У 2021 році вантажообіг становив близько 289,64 млрд тонно-кілометрів. Детальніше по місяцях кожного з років можна спостерігати за рис.1.1.

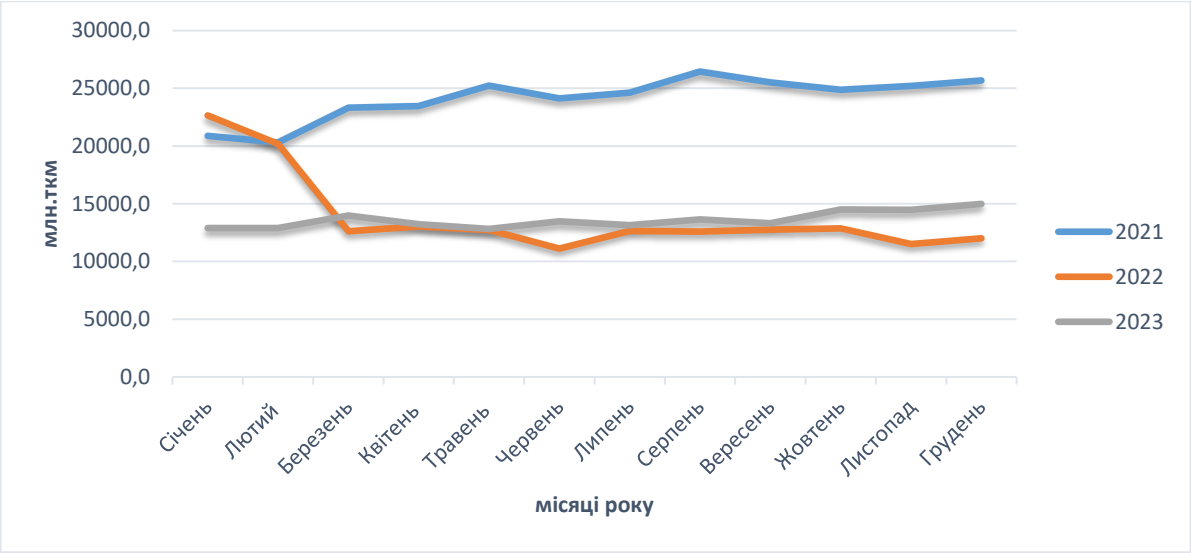


Рисунок 1.1. – Вантажообіг України у 2021-2023 рр (млн.ткм)

Джерело : [16]

В Україні у 2023 році сумарно перевезено 327,9 млн тонн вантажів. Аналогічно за даними Держстату [16], зазначений обсяг на 3,3% більший від 2022 року, але на 47,2% менший від 2021 року, що можна детальныше роздивитись на рис.1.2. Для порівняння: у 2022 році перевезено 317,5 млн тонн вантажів. У 2021 році обсяг перевезених вантажів склав 621,3 млн тонн.

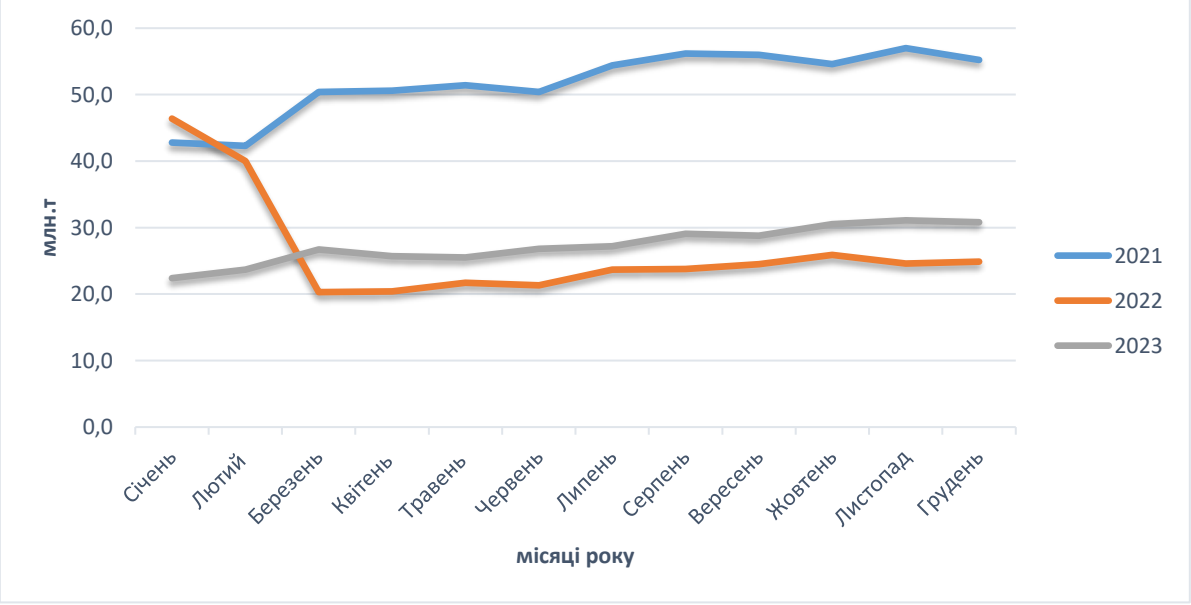


Рисунок 1.2. – Обсяг перевезених вантажів в Україні у 2021-2023 рр (млн.т)

Джерело : [16]

У 2024 році позитивний «вантажний» тренд зберігається. Про це наочно свідчать результати роботи основного сегмента вантажних перевезень, яким традиційно є залізничний транспорт, на частку якого припадає близько половини загального обсягу вантажних перевезень в Україні. За даними Держастату [16], за перші п’ять місяців поточного року вантажні перевезення залізничними шляхами збільшились на 30% порівняно з показниками минулого року. Таку відчутну динаміку забезпечує насамперед обслуговування потреб експортерів. Тут зростання сягає 57%. У січні-травні 2024 року залізницею перевезено 75,4 млн тон вантажів, із яких 38 млн тон призначалися на експорт [17].

Одним з найважливіших трендів в логістиці є автоматизація галузі в найширшому сенсі, і це включає роботизацію важких фізичних, а також монотонних механічних операцій, впровадження програмного забезпечення для вирішення інтелектуальних та інформаційних завдань всередині підприємства, а також цифровізацію взаємодії із навколишнім світом.

Також однією з важливих тенденцій в галузі транспортної логістики є зростаюча роль українських перевізників на своєму ж ринку. Причин цих змін багато, але однією з них є те, що іноземні авіакомпанії та перевізники не зацікавлені в умовах воєнного стану в тому, щоб виїжджати та доставляти товар на передові позиції, такі як Суми, Харків чи Херсон.

Тим не менш, сектор поступово приходить у стабільний стан, оскільки транспортна інфраструктура планомірно відновлюється, а галузь виходить з кризи. Наразі вже існує велика кількість антикризових та перспективних проектів, у тому числі із залученням міжнародних партнерів, які дозволять зробити більш кращими умови роботи сектору логістики у воєнний час та створити значні перспективи розвитку у післявоєнний відновлювальний період.

Всі види вантажного транспорту, за винятком авіації, успішно адаптуються до нових реалій. Це стосується автомобільних, залізничних і морських перевезень. Така адаптивність сприяє розвитку логістики в Україні

та всієї економіки країни. Експертне співтовариство, як зазначається у [17], також обговорює перспективу відкриття авіасполучення в Україні, але поки тільки на більш безпечному заході країни. Водночас експерти наголошують на підвищенні важливості наземних перевезень. Особливу роль при цьому логістичні компанії надають автомобільним перевезенням, дехто навіть називає їх ключовими у транспортному комплексі.

Варто відзначити, що логістика і транспорт формують значну частку ВВП України, створюючи робочі місця і сприяючи розвитку інфраструктури в містах та інших населених пунктах штату. Сьогодні світовий ринок логістичних послуг адаптується до сьогоднішньої ситуації, динамічно змінюючись і задаючи нові тенденції.

1.2 Сутність та значення поведінкової економіки

У сучасному світі економіка стає все більш складною і багатогранною системою, де традиційні моделі раціональної поведінки не завжди можуть пояснити реальні рішення споживачів та інвесторів. Поведінкова економіка, як міждисциплінарна галузь, що поєднує елементи психології та економіки, намагається розкрити механізми, що впливають на економічну поведінку людей. Вона вивчає, як психологічні фактори, соціальні норми та емоції формують економічні рішення, і чому ці рішення часто відхиляються від класичних моделей раціональної поведінки.

У зв'язку зі швидким розвитком технологій та наукових відкриттів, економічне середовище світу переживає четверту промислову революцію. Ця революція базується на автоматизації, штучному інтелекті, масштабованих змінах виробництва та розширенні цифрової економіки. У цьому контексті, поведінкова економіка стає дорогоцінним інструментом для адаптації до складних викликів четвертої промислової революції: вона дозволяє краще розуміти та передбачати реакцію людей на зміну, шляхом врахування їхніх прихильностей, побоювань та мотивацій [18].

Отже, поведінкова економіка стає необхідним компонентом сучасної економічної трансформації світової економіки. Беручи до уваги психологічні аспекти та індивідуальні особливості прийняття рішень, вона допоможе більш ефективно впроваджувати нові ідеї і технології, покращувати якість життя людей і домагатися сталого економічного розвитку. Поведінкова економіка і Четверта промислова революція тісно пов'язані і відіграють важливу роль у формуванні світової економіки майбутнього.

За [19] поведінкова економіка вважається досить новою галуззю економіки, яка вивчає вплив психологічних факторів на економічну поведінку людей, а також розширює традиційну економічну модель, засновану на раціональних припущеннях, і враховує необхідність враховувати людські слабкості і ірраціональність при прийнятті економічних рішень/

Значення поведінкової економіки в контексті сучасного світу важко переоцінити. Вона має практичне застосування в різних сферах, таких як маркетинг, фінанси, державна політика та соціальні програми. Розуміння поведінкових факторів може допомогти бізнесам створювати ефективніші стратегії продажів, а урядам — розробляти програми, що спонукають громадян до позитивних змін у поведінці.

Поведінкова економіка є розділом економічної науки, який досліджує, як люди приймають рішення в умовах невизначеності та обмеженої раціональності. На відміну від традиційної економічної теорії, яка передбачає, що люди є повністю раціональними й завжди прагнуть досягти оптимальних результатів, поведінкова економіка враховує фактори, які можуть впливати на людську поведінку, такі як емоції, уявлення та соціальні норми [18].

Термін «поведінкова економіка» було введено в науковий обіг наприкінці 20-го століття, хоча ідеї дослідження поведінки людей в економічному контексті існували задовго до цього. Одним із ранніх піонерів у цій галузі став Герберт Саймон, який у 1950-х роках запропонував концепцію «обмеженої раціональності». У 1957 році він видав книгу «Моделі людини/Modelsof Men: Socialand Rational», в якій була вперше обґрунтована

концепція обмеженої раціональності. У цій книзі він стверджував, що люди мають обмежені пізнавальні можливості та інформацію, тому вони не завжди здатні приймати раціональні рішення. Це твердження відрізняється від основних принципів традиційної економічної теорії [20].

Ще до появлення концепції поведінкової економіки - економічна теорія припускала, що люди приймають досить раціональні рішення базуючись на наявну інформацію. Теорія передбачала, що люди максимізують власну корисність і діятимуть відповідно до своїх уподобань та цілей.

Як окремий напрямок досліджень поведінкова економіка в західній науковій літературі з'являється у 1960–70-х рр. Одним з перших науковців, що сприяв розвитку поведінкової економіки, був Деніел Канеман. У 1979 році він разом з А. Тверськи запропонував просунуту концепцію про когнітивні спотворення в процесі прийняття рішень, які показали, що люди не завжди дотримуються економічних принципів раціональності, а менш раціональні економічні рішення часто базуються на емоціях і впливають на результати [22].

Поведінкова теорія ігор сприяла розвитку поведінкової економіки. Тому за дослідженням у роботі [23] поняття «поведінкова теорія ігор» розглядається, як розділ теорії ігор, який займається адаптацією теоретичних ситуацій до експериментального проектування.

Цей напрямок досліджень концентрує увагу на трьох напрямках [23]:

а) математичні теорії, що пояснюють соціальну взаємодію людей при торгах і встановлення довіри між ними;

б) обмеження стратегічної поведінки і когнітивні можливості врахування кроків суперників;

в) модифікація стратегій у процесі навчання людей на практиці.

У наступні роки багато вчених плідно працювали у цьому напрямі та робили вагомі внески у дослідження, але найвидатніша подія відбулась саме у 2008 році, коли Деніель Арієлі опублікував працю «Очікувано

ірраціональний», що дала певний імпульс подальшому розповсюдженню та популяризації досліджень у сфері поведінкової економіки.

У 2017 році Нобелівська премія в економіці була присуджена Річарду Талеру [34] «за внесок в дослідження економічної поведінки»., а також варто відзначити роботу Томаса Шеллінга, який зробив значний внесок у дослідження поведінкової економіки та розробку її методології [18].

Наразі процес розвитку поведінкової економіки і залишається бути безперервним, у якому усе більше і більше проводиться досліджень з метою вивчення впливу соціальних, психологічних та культурних факторів на поведінку людини в економічних ситуаціях. Таким чином, можна сказати, що поведінкова економіка постійно розвивається і прогресує завдяки внеску великої кількості вчених та дослідників.

Емоційний інтелект населення визначається його соціально-економічним станом, і занижений рівень емоційного стану суспільства впливає на кожного громадянина, організацію, підприємство і країну в цілому.

Поведінкова економіка розробляє досить складну задачу стосовно того, як певні переконання, емпіричні правила, міжособистісні відносини, соціальні норми можуть привести до реальних економічних рішень, відхиляючись від стандартів раціональної корисної максимізації. Поведінкова економіка розробляє також теоретичні альтернативи стандартній мікроекономіці, тому що поведінкові економічні принципи стають все більш корисними в поясненні аспектів ринкової поведінки агентів, які не були враховані в традиційних моделях, але потрібно обов’язково враховувати для більш ефективного прийняття рішень та розробки економічної та маркетингової політики будь якої ланки бізнесу [21].

Поведінкова економіка пояснює економічні явища всіх масштабів через призму психології, раціональності / ірраціональності та поведінкових механізмів.

Основні положення поведінкової економіки стосуються труднощів, які відчуває людина в процесі сприйняття і обробки інформації, а також у зв'язку

зі своєю соціальною природою. Загалом усі складові положення представляють собою тісний взаємозв'язок, особливо протікаючи паралельно і своєю загальною системою впливають на те, як насправді буде діяти людина. Детальніше складові поведінкової економіки представлено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Базові положення, що формують ядро поведінкової економіки

Складові поведінкової економіки	Значення складових
Подвійна природа процесу прийняття рішення	Процес прийняття рішення людиною проходить через одну з двох систем: першу – інтуїтивну, швидку, автоматичну; другу – 12 усвідомлену, послідовну і контрольовану (Д. Канеман [29], А. Тверські [28]).
Обмежена раціональність людини	Це положення частково є наслідком подвійності процесу прийняття рішення, а частково доповнює його.
Вплив соціального контексту	В поведінковій економіці вважається, що поведінка людини пов'язана з її сприйняттям себе щодо суспільства (і окремих його груп) та з впливом соціальних норм і стандартів, які людина «інтерналізує» в процесі свого 13 розвитку. Отже, аналізувати людину ізольовано від соціального контексту неможливо.
Непослідовність при міжчасовому виборі	Складова безпосередньо пов'язана як з подвійною природою процесу прийняття рішення, так і з обмеженнями раціональності людини (впливом емоцій, евристик і когнітивних спотворень).

Джерело: побудовано автором на основі [23]

Поведінкова економіка дає можливість відчути різницю, яка часто виникає при реалізаціїї досить успішних теоретичних проектів, які на практиці

не виправдовують закладених, що на практиці людина може діяти на неефективних ринках з неповною інформацією, брати участь у фінансових пірамідах, цінувати більше те, що вона може заробити у короткостроковій перспективі, ніж в довгостроковій, приділяти недостатньо уваги суспільним інтересам, підкорятися нераціональним вказівкам з боку урядових організацій. Необхідно відзначити, що методи, які використовує поведінкова економіка, є аналогічними до тих, які застосовуються в інших галузях економіки.[21]. Однак за останній час поведінкова економіка, майже завжди, використовує цілий спектр методів, використовуваних в економічних дослідженнях: це статистичні методи, аналіз, математичне та комп'ютерне моделювання тощо, і саме це дозволяє виявляти певні закономірності у поведінці ринкових агентів і розробляти маркетингові стратегії на їх основі.

У поведінковій економіці виділяють три головних напрями, а саме евристика, фрейми та ринкова неефективність (рис.1.3).

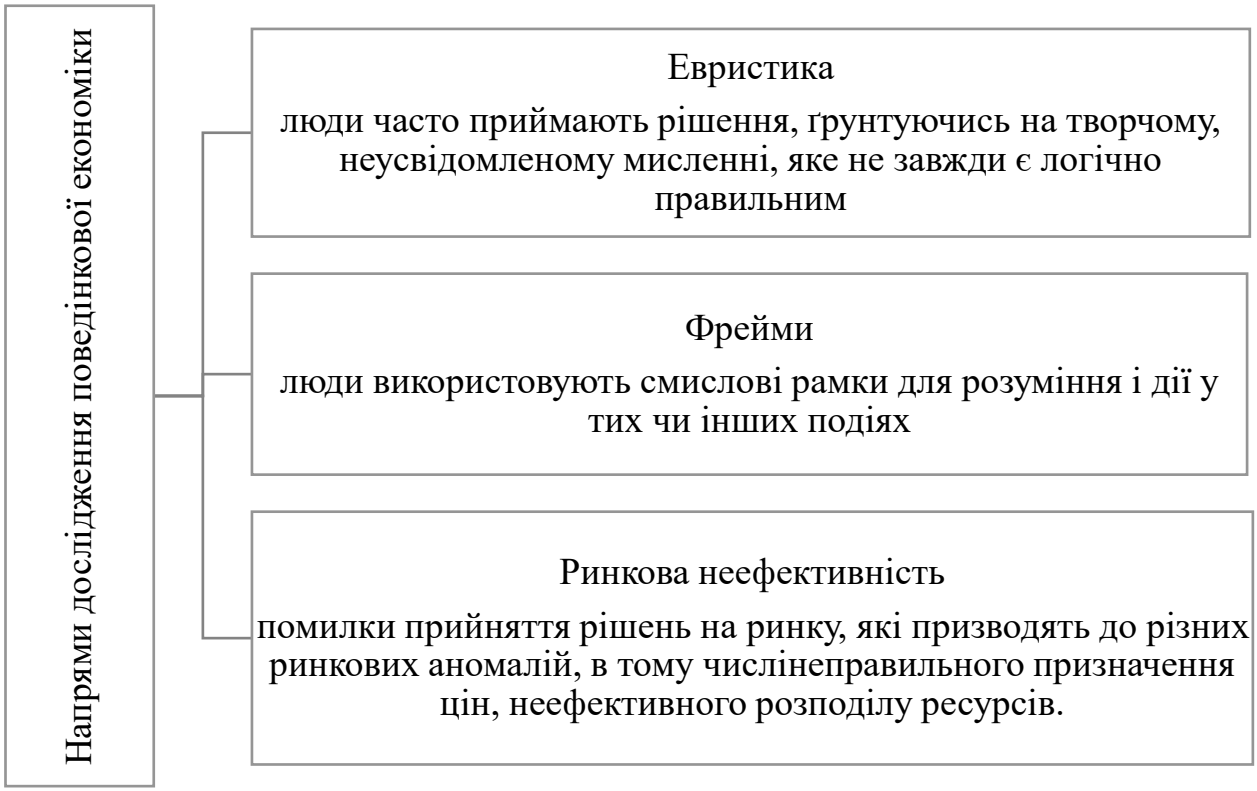


Рисунок 1.3 – Напрями дослідження поведінкової економіки

Джерело: побудовано автором на основі [23]

Поведінкова економіка є однією з підгалузей економічної науки, яка вивчає, як люди приймають рішення та взаємодіють в економічних умовах.1 Основні принципи поведінкової економіки визначають основу і закономірності прийняття людиною рішень в області економічної діяльності.

Ось декілька основних принципів поведінкової економіки [18]:

а) альтернативність: поведінкова економіка враховує, що люди мають обмежені ресурси й можуть вибирати між різними альтернативами. Цей принцип відображає ідею, що рішення, яке приймає людина, часто полягає в тому, якою альтернативою вона може зробити безпосередній вибір;

б) психологічні фактори: поведінкова економіка вивчає вплив психологічних чинників на прийняття рішень. Люди нерідко використовують емоції, недоліки мислення та інші фактори, які можуть впливати на їх здатність приймати раціональні рішення;

в) концепція «людського капіталу»: цей принцип відображає те, що люди вважаються одним з важливих ресурсів у економіці. Інвестиції в освіту, тренінги та інший розвиток визнаються як важливий фактор економічного росту;

г) система недосконалої інформації: поведінкова економіка враховує, що люди часто мають обмежену або неправдиву інформацію про майбутні події та їх наслідки. Це може вплинути на їх здатність раціонально оцінювати можливості та ризики;

д) стійкість рішень: поведінкова економіка визнає, що люди часто дотримуються своїх попередніх рішень і стійкі до змін. Це може бути зумовлено руйнівними ефектами, віру в особисту недоторканість, соціальними нормами тощо;

е) врахування контексту: поведінкова економіка відзначає, що люди оцінюють свої рішення та вибори в контексті, в якому вони знаходяться. Наприклад, значення грошей може залежати від того, скільки грошей люди вже мають;

ж) соціальний вплив: поведінкова економіка розглядає вплив соціальних чинників, таких як опір до змін, груповий тиск, взаємодія з іншими людьми, на прийняття рішень. Люди можуть приймати рішення на основі змісту інших людей та соціальних норм.

І саме ці принципи пояснюють прийняття економічних рішень та взаємодію людей, тому активно використовуються для розробки стратегій у різноманітних сферах, а також вони відображають, що фактичне прийняття рішень людьми не завжди є цілком раціональним і що економічні аспекти завжди взаємодіють з психологічними.

1.3 Механізм взаємодії економічних агентів у цифровому просторі: погляд в поведінкову економіку

У сучасних умовах стрімкої цифровізації економіки взаємодія економічних агентів зазнала значних змін. Цифрові платформи, соціальні мережі, фінансові сервіси та інші технологічні інструменти стали основними каналами, через які здійснюються економічні операції, приймаються рішення та формуються ринкові стратегії. У рамках поведінкової економіки, яка досліджує, як реальні рішення економічних агентів відрізняються від традиційних теорій раціональної поведінки, цифровий простір виступає як каталізатор нових моделей поведінки.

Загалом поняття «економічні агенти» охоплює у собі суб’єктів економічної діяльності, що приймають рішення щодо використання, виробництва, обміну чи розподілу ресурсів, а також взаємодіють між собою, формуючи ринки товарів, послуг і ресурсів, а також визначають напрямки розвитку економіки.

Гіпотеза про виявлення особливостей проявів (передумов, чинників і причин) поведінки економічних агентів із використанням інструментів штучного інтелекту у об’єкта управління дозволяє виділити складові механізму прийняття рішення економічними агентами, від яких залежить

схильність до прийняття того чи іншого рішення агентом управління в процесі взаємодій в цифровому просторі [24]. Так, наприклад, інтенсивність взаємодії із цифровим простором управління визначає ступінь його впливу результат прийняття рішень агента. Чим більш інтенсивно економічні агенти взаємодіють у цифровому просторі, тим більше вони схильні до впливу самого цифрового середовища на результат прийняття рішень [25]. Більш детально значення цих компонент представлено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Компоненти механізму взаємодії економічних агентів у цифровому просторі

Ключові компоненти	Як вони виконують свою роль
Інформаційна прозорість і асиметрія	У цифровому просторі економічні агенти мають широкий доступ до даних, однак обсяг інформації може перевищувати їхні когнітивні можливості для обробки.
Цифрові платформи як медіатор	Онлайн-платформи (наприклад, логістичні агрегатори) об’єднують постачальників послуг і споживачів, забезпечуючи прозорість ринкових угод. Вони стимулюють лояльність через інструменти, такі як персоналізовані пропозиції, динамічні знижки тощо.
Поверхнева раціональність агентів	Учасники ринку ухвалюють рішення, ґрунтуючись на простих евристиках, наприклад, «найнижча ціна», «найкоротший час доставки», навіть якщо це не завжди оптимальні варіанти.
Соціальна взаємодія	Взаємодія між агентами (перевізниками, замовниками, постачальниками) часто підпадає під вплив соціального доказу (відгуки, рейтинги, популярність).
Інструменти великих даних	Аналітика великих даних дозволяє передбачати поведінку агентів і оптимізувати бізнес-процеси.

Джерело: побудовано автором на основі [18, 21, 22].

Цифрові платформи використовують алгоритми штучного інтелекту, великі дані та інші технології для аналізу поведінки користувачів, що дозволяє впливати на їхні рішення [22]. Споживачі, інвестори та компанії, взаємодіючи у цьому просторі, часто піддаються впливу психологічних факторів, когнітивних упереджень та соціальних норм. Така динаміка створює нові можливості для розвитку ринку, але також породжує виклики, пов'язані з етичними питаннями та регуляцією.

Існують такі основні складові механізму прийняття рішення економічними агентами:

а) мотиви, цілі, обмеження;

б) знання, досвід, компетентність;

в) інтенсивність взаємодії із цифровим простором;

г) час на прийняття рішень;

д) інформованість.

Крім того, взаємозв’язок результатів прийняття рішень і факторів (особистих характеристик агентів) можна окреслити так: чим менше досвіду, знань і чим менш компетентний агент щодо ділянки рішення, яке приймається, чим більш невизначені власні цілі та мотиви прийняття рішень економічного агента, тим вища ймовірність того, що в процесі прийняття рішення він буде шукати відповіді на свої запитання і «правильне рішення» у цифровому просторі. Тож, ймовірність впливу цифрового простору на таких агентів стрімко зростає. Аналогічно, чим менше часу для прийняття рішення і чим меншою кількістю інформації володіє агент управління, тим більше він звертається до цифрового простору для пошуку відповідей в процесі прийняття власного рішення та, відповідно, тим більше ризик передати свої особисті дані та підпасти під вплив цифрового простору [25].

Можливими вигодами від управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту в межах пропонованої концепції можуть бути такі складові [24]:

а) урахування суб’єктивних особливостей процесу прийняття рішень економічними агентами підвищує ефективність управління соціально-економічними системами;

б) підвищення ефективності інформаційної взаємодії економічних агентів та якості рішень відповідно до цілей соціально-економічних систем;

в) спрямування дій економічних агентів у русло економічного розвитку та підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем макро- та мікро- рівнів;

г) підвищення результативності дій економічних агентів у цифровому просторі за рахунок їх спрямування у русло суспільних інтересів та соціального та економічного розвитку держави;

д) забезпечення інформаційної безпеки економічних агентів у процесі взаємодій у цифровому просторі.

Крім того, поведінкові моделі в цифровому просторі відзначаються високим ступенем соціального впливу. Соціальні мережі, рейтингові системи та огляди користувачів створюють ефект «суспільного доказу», коли економічні агенти орієнтуються на поведінку інших, часто приймаючи рішення під впливом популярних трендів або думок впливових осіб (інфлюенсерів).

Ця складна динаміка взаємодій між цифровими технологіями, психологічними факторами та економічними рішеннями створює нові виклики для регуляторів і дослідників. Виникають питання щодо захисту даних, етичного використання алгоритмів та прозорості ринкових взаємодій. У результаті необхідно шукати баланс між інноваціями та етичними стандартами в управлінні цифровими платформами, щоб забезпечити справедливу та прозору економічну взаємодію між агентами.

Цифровий простір став основою для інтеграції всіх учасників логістичного процесу, таких як перевізники, замовники, постачальники та регулятори. Ці агенти взаємодіють через цифрові платформи, де дані, автоматизація та алгоритми штучного інтелекту сприяють ефективному

управлінню логістичними процесами. Однак у рамках поведінкової економіки їхні рішення часто залежать не лише від раціональних чинників, але й від психологічних впливів, когнітивних упереджень та соціальних норм.

Щоб мати певне розуміння економічних механізмів взаємодії між агентами та ефективного управління економічними процесами, необхідно розуміти, як саме мислять економічні агенти, приймаючи різні види економічних рішень. Поведінка економічних агентів — це низка поведінок, дій і взаємозв'язків, які виявляє кожен суб'єкт економічних відносин у процесі взаємодії з навколишнім середовищем [6].

Взаємодія економічних агентів в цифровому просторі у сфері транспортної логістики включає в себе різноманітні аспекти та рішення, які вони приймають для забезпечення ефективного та економічного переміщення товарів і послуг, такі як затвердження рішень щодо вибору транспортних маршрутів, оптимізація транспортних витрат, управління запасами, вибір постачальників та партнерів у логістичному ланцюзі, а також взаємодія з ринком та конкурентами.

Економічними агентами у сфері транспортної логістики [6]:

а) домогосподарства – індивідуальні особи або групи людей, які живуть разом і ведуть спільне господарство. Домогосподарства у сфері транспортної логістики зазвичай виступають як кінцеві споживачі товарів і послуг. Їхня поведінка впливає на попит на доставку товарів, особливо в умовах зростання електронної комерції;

б) підприємства – організації, які займаються виробництвом товарів або наданням послуг з метою отримання прибутку. Вони є ключовими агентами у сфері транспортної логістики, оскільки відповідають за виробництво, дистрибуцію та продаж товарів. Підприємства активно використовують логістичні послуги для ефективного переміщення своїх товарів;

в) держава – політична і адміністративна організація, яка здійснює управління суспільством, а також регулює діяльність у сфері транспортної

логістики через законодавство, стандарти та інфраструктурні інвестиції. Вона створює умови для ефективної роботи логістичних систем і забезпечує безпеку перевезень;

г) фінансові установи – організації, які займаються управлінням фінансовими ресурсами. А також забезпечують фінансові послуги, необхідні для функціонування логістичних процесів, включаючи фінансування закупівель, інвестиції в інфраструктуру та страхування вантажів;

д) іноземні агенти – суб'єкти економічної діяльності, які знаходяться за межами національної економіки, але впливають на неї через міжнародну торгівлю, інвестиції та інші форми економічної взаємодії;

е) неприбуткові організації – організації, які працюють не з метою отримання прибутку, а для досягнення соціальних, культурних, освітніх або інших суспільно корисних цілей. У сфері транспортної логістики можуть бути залучені до гуманітарних або екологічних проектів, спрямованих на покращення логістичних процесів та підтримку сталого розвитку.

Економічні агенти є основними «гравцями» в економічній системі. Їхні рішення та взаємодії визначають:

а) рівень виробництва і споживання;

б) динаміку ринкових цін;

в) рівень економічного розвитку.

Завдяки взаємодії агентів формується складна, але адаптивна система, здатна реагувати на зовнішні виклики та внутрішні зміни.

Поведінкові особливості економічних агентів у цифровому середовищі транспортної логістики формують нові підходи до прийняття рішень, оптимізації маршрутів і управління вантажопотоками. Цифрові платформи дозволяють швидше реагувати на зміни попиту та пропозиції, однак вони також стимулюють нераціональну поведінку, наприклад, схильність до ризику або відкладання прийняття рішень. Вивчення цих аспектів є важливим для розуміння нових викликів і можливостей у сфері транспортної логістики в умовах цифровізації.

Необхідність вирішення завдань управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту в межах представленої вище гіпотези обумовлює доцільність розробки відповідних концептуальних положень, які передбачають побудову та ефективне використання відповідних методів та моделей управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі [24].

РОЗДІЛ 2
ТЕОРІЇ ТА МЕТОДИ ПОВЕДІНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ШІ

2.1 Огляд теорій поведінкової економіки

Виникнення напряму «поведінкова економіка» можна вважати одним з найважливіших і цікавих подій у розвитку економічної науки за останні десятиліття. Дослідження в області поведінкової економіки набирають популярність і актуальність, так як дозволяють враховувати психологічні особливості та ірраціональність господарюючих суб'єктів при прийнятті рішень і сприяють подальшому економічному розвитку.

У сучасному світі все більше визначних постатей (політичні діячі, державні урядовці, керівники компаній, маркетологи та ін.) зосереджують свою увагу на вивченні поведінки різних суб’єктів (громадськість, працівники, інвестори, потенційні споживачі, ділові партнери тощо) [26].

Традиційна економіка вважала, що люди завжди діють раціонально, ухвалюючи рішення, орієнтуючись на максимізацію вигоди. Однак у реальному житті люди часто приймають рішення, що суперечать принципам раціональності. Це стосується як індивідів, так і компаній, а особливо в сферах, де є фактори невизначеності та емоційні бар'єри, наприклад, у фінансах, маркетингу, а також у транспортній та логістичній галузях. Поведінкова економіка пропонує новий підхід до розуміння таких рішень, виходячи з того, як люди реагують на різні стимули та ситуації.

Теорії поведінкової економіки дозволяють краще прогнозувати поведінку економічних агентів, враховуючи психологічні, соціальні та когнітивні фактори.

Найпопулярнішими теоріями наразі є: теорія перспектив, теорія обмеженої раціональності, теорія соціального впливу, концепція ментального обліку (див. табл.2.1) тощо.

Таблиця 2.1 – Теорії поведінкової економіки

Назва	Автор	Рік	Опис теорії	Положення у логістиці
Теорія перспектив	Деніел Канеман, Амос Тверскі	1979	Теорія описує, як люди оцінюють виграші та втрати, акцентуючи увагу на перевазі втрат над виграшами. Пояснює ірраціональні рішення в умовах ризику.	Теорія є корисною у сфері логістики, зокрема для прогнозування, як компанії реагують на зміни в умовах перевезень або зростання витрат.
Теорія обмеженої раціональності	Герберт Саймон	1955	Дана теорія стверджує, що люди приймають рішення, які є «достатньо хорошими», а не оптимальними, через обмеження інформації та когнітивних можливостей.	Пояснює дана теорія те, як логістичні менеджери ухвалюють рішення в умовах обмеженого часу, ресурсів та інформації.
Теорія соціального впливу	Джон Тернер, Роберт Чалдіні	1958	Теорія дає опис як поведінка інших людей і соціальні фактори впливають на економічні рішення індивідів.	У логістиці теорія аналізує вплив поведінки партнерів чи конкурентів на вибір маршрутів і стратегій постачання.
Теорія ментального обліку	Річард Талер	1985	Пояснює теорія те, що люди створюють окремі «рахунки» у своїй свідомості для різних витрат чи доходів, що іноді призводить до нераціональної фінансової поведінки.	Теорія допомагає зрозуміти, як компанії розподіляють витрати на транспорт, складські послуги та оптимізують бюджет логістики.

Розглянемо детальніше кожну з теорій.

Однією з ключових теорій поведінкової економіки є теорія перспектив (Prospect Theory), запропонована Деніелом Канеманом та Амосом Тверскі. Вона пояснює, як люди оцінюють виграші та втрати відносно певної базової точки, яку вони сприймають як «нульову» (наприклад, початковий капітал).

Багато психологічних експериментів, проведених вченими, з якими можна ознайомитись у [27], показали, що люди не здатні раціонально оцінити величину очікуваного прибутку або збитку, що робить їх набагато менш кількісними щодо ймовірності випадкових подій. Крім того, люди схильні помилятися при оцінці ймовірностей: вони недооцінюють ймовірність подій, які можуть статися, і вони схильні недооцінювати ймовірність набагато меншої кількості подій.

Д. Канеман з А. Тверскі з'ясували, що вчені-математики відмінно знають і розуміють теорію ймовірностей, але в реальних ситуаціях вони не використовують знання і виходять зі популярних стереотипів та емоцій. Ті ж характеристики притаманні очікуванням, тобто однаковий рівень ризику спонукає людей підтримувати існуючий фінансовий рівень і уникати прийняття відповідних заходів до його підвищення.

Розроблені теорії Д. Канемана і А. Тверскі по-новому характеризують поведінку суб’єктів, проте її не можна вважати оптимальною. За допомогою цих теорій вони намагаються охарактеризувати відхилення реальної поведінки людей від моделі очікуваної корисності. Зокрема, ця модель вдало підходить для оцінювання ризиків відповідних прийнятих рішень [27].

І це усе підтверджує новаторство цих дослідників, що підійшли з інакшої сторони до проблеми побудови теорії для економічної сфери, і тому вони фокусуються на переході від деталей поточної поведінки людини до її формального опису, а потім на переході до сьогодення.

У роботі [27] описується, що людині властиві певні моделі поведінки. У його житті є певні умовні стимули, які генерують мотивацію і можуть бути як позитивними, так і негативними. Зважаючи на це сьогодні відбувається

розвиток спеціальної галузі економічних знань під назвою «поведінкова психологія», яка розглядає аналіз індивідуальних дій на основі психологічних особливостей процесу прийняття рішень.

Загалом в коло досліджень в цій області потрапляють різноманітні економічні проблеми, наприклад такі як: теорія індивідуальної поведінки, проблема суспільного вибору, фінансова економіка тощо.

За цією теорією люди оцінюють втрати як набагато сильніше, ніж виграші, навіть якщо сума втрат менша, ніж сума виграшу. Вона також описує, як люди схильні переоцінювати малоймовірні події, наприклад, страх перед аваріями на дорогах, або, навпаки, недооцінювати ймовірність великих подій, таких як збої в постачанні.

У ході досліджень [28] Д. Канеман та А.Тверський виявили ще одне явище поведінки людини, яке називається «евристикою доступності»: люди схильні розглядати видимі явища або «почуті» явища (незалежно від причини), які вважаються більш імовірними, ніж те, що вони думають, або про що вони дуже мало знають з. Типовим прикладом є суб'єктивна оцінка порівняльних небезпек, пов'язаних з різними видами загроз смерті. В результаті після аварії на Чорнобильській АЕС Європейські респонденти найбільше боялися аварій на атомних електростанціях, але, згідно зі статистикою, ризик смерті при таких аваріях існує.

Д. Канеман і А. Тверскі виявили безліч інших прикладів помилкових суджень, пов’язаних із зміщеним сприйняттям ймовірності тих чи інших подій. З’ясувалося, зокрема, що з точки зору нормальних (і навіть освічених) людей, ймовірність того, що середній зріст n випадковим чином відібраних чоловіків перевищить середній для даної країни, сприймається як однакова для n = 10, 100 і 1000. Схильність людей переносити властивості популяції навластивості малих виборок Д. Канеман і А. Тверскі назвали «законом малих чисел» [29].

Завдяки перерахованим роботам була згрупована загальна теорія перспектив, що може бути корисною у сфері логістики, зокрема для

прогнозування того, як компанії реагують на зміни в умовах перевезень або зростання витрат. Наприклад, якщо підприємство стикається з підвищенням тарифів на транспортування, воно може бути менш готовим до змін, ніж якщо б ці зміни не стосувалися безпосередньо витрат для кінцевого споживача.

Теорія обмеженої раціональності, також одна з ключових теорій поведінкової економіки, запропонована Гербертом Саймоном, котрий у своїх дослідженнях показав, що діяльність індивідів лежить у межах допустимої раціональності і припустимості.

Теорія обмеженої раціональності - це пошук і вибір задовільних рішень, добре відомих і усталених методів поведінки і прийняття рішень, єдиної формальної моделі поведінки людини, направлення до альтернативної моделі максимальної корисності і вигоди. Як зазначається у [27]: концепція обмеженої раціональності, на відміну від найбільшої корисної моделі, обґрунтовано піддається критиці, оскільки вона не забезпечує чіткого і стабільного прогнозування економічної поведінки агентів, що на практиці вимагає складних формул, розрахунків і використання великих обсягів емпіричних даних.

З точки зору Г. Саймона [30], поведінка при прийнятті рішення може бути описана наступним чином [31]:

а) при виборі альтернативи менеджери прагнуть задоволеності, а не ідеальності. Приклад критерія задоволеності: адекватний прибуток, доля ринку, справедлива ціна тощо;

б) менеджери вважають своєю основною задачею вибір альтернативи, яка задовольняє деяким критеріям, а не забезпечує максимальний результат.

Теорію обмеженої раціональності доповнив за допомогою експериментальних досліджень німецький економіст Р. Зельтен, який отримав Нобелівську премію в 1994 році. У своїй роботі «обмежена раціональність» (1990) Зельтен розробив модель трьох рівнів прийняття рішень: звичка-уява - логічні міркування. Вирішення проблеми може

відбуватися на будь-якому рівні, від нижчого до вищого. Кожен рівень прийняття рішень супроводжується питанням вибору планки вимог і зони найближчого розвитку, агент визначається умовами реальної ситуації, психологічним станом і перевагою конкретної мети, будь то за звичкою, із залученням уяви або за допомогою логічних міркувань.

Наведемо цитату Г. Саймона, де він висловлюється про задачу вибору [30]: «Вибір, який індивід зробить у тій чи іншій ситуації, складається з (1) його навичок, знань, характеру та особливостей особистості у тому вигляді, в якому вони були сформовані всім попереднім досвідом, та (2) з конкретних впливів, яким він піддається у момент ухвалення рішення. Найчастіше перше набагато важливіше визначення його поведінки, ніж друге».

Гербертом Саймоном названо причини, чому прийняття рішення не відповідає ідеалам раціональності:

а) індивід не має достатньо часу і засобів, щоб зібрати всі необхідні дані і передбачити всі ймовірні стани;

б) можливості мозку людини не дозволяють розглядати проблему зі всіх сторін.

У таких випадках, вибір задовольняючого рішення є найбільш ефективним, хоча відомо, що він не є оптимальним.

Обмежена раціональність відображає неможливість у разі прийняття господарських рішень використати всю повноту наявної інформації через труднощі в її зборі й аналізі, а також обмеженості пізнавальних здатностей людини [32]. Обмежена раціональність означає, що людина прагне досягти найкращого варіанту, але не повноти інформації, яка обмежена його обчислювальними здібностями.

Як показано Г. Саймоном, що у складних ситуаціях слідування правилу задоволеності вигідніше, ніж спроба глобальної оптимізації, тобто модель передбачає, що люди часто не мають усієї необхідної інформації або можливостей для прийняття раціональних рішень і замість цього шукають

«достатньо хороше» рішення. Це означає, що економічні агенти не завжди прагнуть до оптимального результату, а часто задовольняються результатом, який є достатньо хорошим у даних умовах.

У логістичній сфері це може означати, що компанії, приймаючи рішення про вибір постачальників або маршрутів, часто орієнтуються не на максимізацію ефективності, а на зручність або вже існуючі партнерські відносини. Тобто рішення можуть бути «достатньо хорошими», але не оптимальними.

Теорія соціального впливу є ще одним важливим аспектом поведінкової економіки. Вона стверджує, що поведінка індивідів сильно залежить від впливу соціальних норм, моделей і поведінки інших людей. Це означає, що вибір економічного агента може бути значною мірою обумовлений не тільки його власними преференціями, але й тим, як інші економічні агенти ведуть себе у подібних ситуаціях.

Якщо дану теорію розглядати у сфері транспортної логістики, то наявними прикладами можна навести компанії, що можуть обирати ті маршрути або постачальників, які є популярними серед конкурентів або які мають високий рейтинг у галузі, навіть якщо це не є найкращим вибором з економічної точки зору, тим самим пов’язуючи з бажанням «бути як усі» або з орієнтацією на загальні практики, що веде до зниження інноваційності або оптимізації процесів.

Важливою роботою є і концепція ментального обліку, у якій Річард Талер показав, що люди схильні поділяти свої фінансові потоки на окремі «ментальні рахунки», які можуть не корелювати з реальними витратами або доходами.

У якості доказу, виступає приклад про те як людина, вигравши невелику суму грошей, витрачає її на дорогу вечерю в ресторані, хоча, за інших обставин, вона не стала би витрачати гроші у такій кількості [33].

Перш ніж зрозуміти суть ментального обліку, Р. Талеру довелося провести безліч емпіричних спостережень, і за результатами він прийшов до

висновку, що люди групують свої витрати за різними категоріями (житло, їжа, одяг, розваги і т. д.). З кожною категорією пов'язані певні духовні рахунки [34]. Цінність, яку людина приписує певній сумі грошей, залежить від рахунку, на який вона подумки зарахована, тобто цінність однієї грошової одиниці може бути більшою від цінності іншої. Наприклад, люди зберігають гроші на депозитному рахунку і водночас збільшують кредитну заборгованість, вдаючись в магазинах до розрахунків з використанням кредитної картки [35]. Це виглядає досить дивно, тим більше, що процентна ставка за кредитом зазвичай вища, ніж процентна ставка за депозитом.

Важливим елементом ментального обліку є використання контрольних точок в процесі прийняття рішень. Вони можуть варіюватися в залежності від ситуації, тобто від подумки сформованого рахунку. Одним з таких орієнтирів може бути ціна, за якою ви придбали товар, або найнижча ціна, яку Ви знайшли під час пошуку в інтернеті. У цьому випадку використовуйте цей показник, щоб оцінити, чи уклали ви «вигідну угоду». У своєму дослідженні [36] Талер наводить безліч прикладів того, як розумовий облік з використанням різних тестів може призвести до рішень, які виглядають дивними при оцінці з традиційної економічної точки зору.

Концепція ментального обліку припускає, що «уявні рахунки» можуть формуватися за трьома ознаками (рис.2.1) [37]:



Рисунок 2.1 – Ознаки «уявних рахунків» за концепцією ментального обліку

Джерело: побудовано автором на основі [37]

а) джерела надходження коштів. Припустимо, споживачі по-різному ставляться до грошей, які вони отримують у вигляді заробітної плати, і до грошей, які вони отримують у вигляді бонусів або несподіваних виграшів у лотерею. Гранична схильність до споживання може змінюватися залежно від джерела доходу;

б) цілі витрачання коштів. Споживачі можуть думати про гроші залежно від мети, для якої вони призначені. Зокрема, грошей, відкладених на покупку автомобіля, недостатньо, щоб купити каву в розпал роботи, навіть якщо це оптимально з точки зору загальних бюджетних обмежень і індивідуальних функцій корисності.;

в) часові межі. Споживачі можуть формувати «рахунки» у межах різних часових проміжків – наприклад, рахунки за день, тиждень, місяць або рік.

Транспортна логістика використовує концепцію ментального обліку, коли компанії сприймають витрати на доставку певного товару як «окремі» від загальних витрат, навіть якщо загальний бюджет підприємства не дозволяє покривати ці додаткові витрати, тим самим інколи призводячи до нераціональних рішень у плануванні та управлінні транспортними потоками.

Загалом усі теорії поведінкової економіки по окремості надають нові можливості для аналізу та розуміння економічних процесів, зокрема у динамічних і складних сферах. Використовуючи їх можна врахувати психологічні, соціальні та когнітивні аспекти прийняття рішень, що є важливим для оптимізації бізнес-процесів та забезпечення ефективності в умовах невизначеності та змін.

2.2 ШІ в поведінковій економіці: розуміння прийняття людських рішень за допомогою інтелектуальних моделей

У сучасній економіці прийняття рішень часто виходить за межі традиційних моделей раціональної поведінки. Поведінкова економіка вивчає,

як на вибір економічних агентів впливають когнітивні упередження, соціальні норми, емоції та обмежена раціональність. Водночас штучний інтелект (ШІ) з кожним днем все більш стає важливим інструментом для моделювання цих аспектів, пропонуючи нові підходи до аналізу та управління поведінкою.

Поведінкову економіку можна визначити як дослідження природних обмежень обчислень, сили волі та власного інтересу, а також наслідків цих обмежень для економічного аналізу (ринкова рівновага, державні фінанси тощо). Інший підхід полягає в тому, щоб визначити поведінкову економіку більш загально, як просто неупередженість щодо того, які змінні можуть вплинути на економічний вибір. Цю відкритість можна визначити шляхом переліку сусідніх соціальних наук, які, ймовірно, будуть найбільш плідним джерелом пояснювальних змінних. До них належать психологія, соціологія (наприклад, норми), антропологія (культурні відмінності в пізнанні), нейронаука, політологія тощо. Можна назвати це поглядом «поведінкова економіка торгує зі своїми сусідами». Але відкритість можна також охарактеризувати навіть ширше, як запрошення машинно навчитися передбачати економічні результати на основі максимально можливого набору функцій. З точки зору «торгівлі зі своїми сусідами», ознаки — це конструкції, внесені різними сусідніми науками. Це можуть бути неприйняття втрат, ідентичність, моральні норми, уподобання в групі, неуважність, звичка, навчання з підкріпленням без моделі, індивідуальні полігенні бали тощо [38].

У загальному підході штучного інтелекту функціями прогнозування можуть і повинні бути будь-які змінні, які прогнозують. Ці змінні можуть бути вимірними властивостями вибору, набором вибору, пристрастями та руховими взаємодіями під час вибору, показниками уваги. , психофізіологічні показники біологічних станів, соціальні впливи, властивості індивідів, які роблять вибір (достаток, настрої, особистість, гени) і так далі. Чим більше змінних, тим краще.

З цієї точки зору можна подумати про те, які набори функцій вносяться різними дисциплінами та теоріями та які особливості вносить економічна теорія.

Обмежена максимізація корисності в її найбільш звичній і простій формі вказує лише на три типи змінних (рис.2.2) [38].

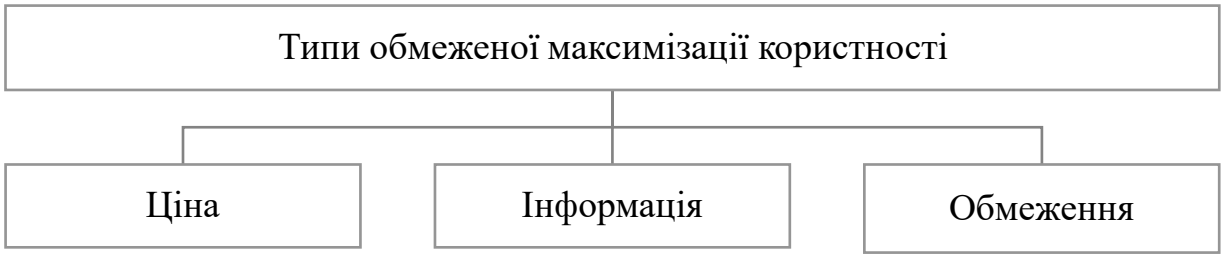


Рисунок 2.2 – Типи обмеженої максимізації користності

Джерело: побудовано автором на основі [38]

Більшість пропозицій у поведінковій економіці додають деякі змінні до цього списку характеристик, наприклад залежність від посилання, залежність від контексту (ефекти меню), прив’язку, обмежену увагу, соціальні переваги тощо.

Виходячи за межі звичних теоретичних конструкцій, підхід ШІ до поведінкової економіки визначає дуже довгий список змінних-кандидатів (ознак) і включає їх усі в підхід ШІ. Такий підхід має дві переваги:

а) по-перше, прості теорії можна розглядати як ставку на те, що лише невелика кількість функцій добре прогнозує; тобто деякі ефекти (такі як ціни) вважаються першорядними за величиною;

б) по-друге, якщо довші списки характеристик передбачають краще, ніж короткий список визначених теорією характеристик, тоді цей висновок встановлює вірогідну верхню межу того, скільки потенційної передбачуваності залишилося зрозуміти.

Результати також, ймовірно, створять вихідний матеріал для теорії, щоб з’ясувати, як консолідувати додаткову прогностичну силу в кристалізовану теорію [39] (Kleinberg, Liang, and Mullainathan).

ШІ має можливість моделювати у поведінковій економіці, як когнітивні упередження, такі як упередження доступності, підтвердження чи втрат, впливають на прийняття рішень, тим самим допомагаючи ідентифікувати фактори, що призводять до ірраціональних рішень.

Проте штучній інтелект, при використанні у поведінковій економіці має низку викликів:

а) по-перше, рішення, які ухвалює ШІ, повинні бути зрозумілими як для розробників, так і для кінцевих користувачів;

б) по-друге, збір і аналіз великих обсягів даних можуть порушувати права на конфіденційність, тим самим страждає захист приватності;

в) по-третє, існує ризик маніпуляції поведінкою економічних агентів, що може призвести до неетичних ринкових практик.

Попри них інтеграція ШІ у поведінкову економіку створює значні перспективи для підвищення ефективності економічних систем та відкриває можливості для побудови справедливих і сталих економічних систем, які враховують інтереси всіх учасників.

Якщо поведінкову економіку переробити як неупередженість щодо того, які змінні можуть передбачати, тоді ШІ є ідеальним засобом поведінкової економіки, оскільки воно може використовувати широкий набір змінних і вибирати, які з них прогнозувати.

Існує довга історія переговорних експериментів, які намагаються передбачити, які результати переговорів (і рівень розбіжностей) будуть результатом структурних змінних за допомогою методів теорії ігор. У 1980-х роках відбувся різкий поворот в експериментальній роботі в бік некооперативних підходів, у яких комунікація та структура переговорів були ретельно структуровані (наприклад, Roth 1995 [40] та Camerer 2003 [41] для оглядів). У цих експериментах можлива послідовність пропозицій під час переговорів сильно обмежена, і жодне спілкування (крім самих пропозицій) заборонено. Цей перехід до високоструктурованих парадигм стався через те, що теорія ігор на той час дала чіткі, неочевидні нові прогнози щодо

результатів, які можуть виникнути залежно від структурних параметрів, зокрема, витрат на затримку, часовий горизонт, екзогенний порядок пропозицій і прийняття, і доступні зовнішні варіанти (виплата у разі незгоди). Враховуючи труднощі вимірювання або контролю цих структурних змінних у більшості польових умов, експерименти забезпечили природний спосіб перевірити ці структуровані теорії переговорів [38].

Ранні експерименти показали, що турбота про справедливість або результати інших впливала на корисність, а планування наперед, передбачене в теоріях досконалої підігри, є обмеженим і когнітивно неприродним (Camerer et al. 1994 [42]; Johnson et al. 2002 [43]). Економісти-експериментатори заглибилися в розуміння природи явних соціальних переваг і обмеженого планування в структурованих переговорах.

Однак більшість природних переговорів не регулюються правилами про структуру, такими простими, як ці теорії, і експерименти стали зосередженими з 1985 по 2000 рік і пізніше. Природні переговори, як правило, є «напівструктурованими», тобто існує жорсткий термін і протокол для того, що є угодою, а в інших випадках немає обмежень щодо того, яка сторона може робити пропозиції і в який час, включаючи використання природної мови. , особисті зустрічі або використання економічних агентів тощо.

Відродження експериментального дослідження неструктурованих переговорів є хорошою ідеєю з трьох причин [38]:

а) зараз існує набагато більше способів вимірювання того, що відбувається під час переговорів у лабораторних умовах (і, ймовірно, також у польових умовах);

б) велика кількість функцій, які зараз можна створити, є ідеальними вхідними даними для ШІ для прогнозування результатів переговорів;

в) навіть якщо торг є неструктурованим, можна робити сміливі, неочевидні точні прогнози (завдяки принципу відкриття).

Людство витрачає багато часу на поведінкову економіку, розмірковуючи про те, як політичні та економічні системи або використовують неправильний

вибір, або допомагають людям зробити правильний вибір. Те, що поведінкова економіка може запропонувати цій загальній дискусії, — це визначити більш психологічно точну модель людського вибору та людської природи, ніж карикатуру обмеженої максимізації корисності (якою б корисною вона не була). ШІ вступає, створюючи кращі інструменти для висновків про те, чого людина хоче і що вона буде робити. Іноді ці засоби зашкодять, а іноді допоможуть.

Штучний інтелект допомагає поведінковій економіці і яскравим прикладом є рекомендаційні системи. Системи рекомендацій використовують попередні дані про вибір цільової особи та попередні оцінки якості, а також дані про багатьох інших людей, можливі варіанти та оцінки, щоб передбачити, наскільки цільовій особі сподобається вибір, який вона не робила раніше (і може навіть не знають про існування, наприклад фільми чи книги, про які вони не чули). Рекомендаційні системи є поведінковим протезом для усунення обмежень людської уваги та пам’яті та, як наслідок, неповноти уподобань.

Існують такі випадки коли штучний інтелект «шкодить». Іншою особливістю персоналізації за допомогою ШІ є цінова дискримінація. Якщо люди знають багато про те, чого вони хочуть, і мають точну готовність платити, тоді компанії швидко розвинуть здатність персоналізувати ціни. Здається, це концепція, яка швидко з’являється, і її відчайдушно потребують вивчення промислові економісти, які зможуть з’ясувати наслідки для добробуту.

Поведінкова економіка може зіграти певну роль, використовуючи дані про те, як люди роблять судження про справедливість цін (наприклад, Kahneman, Knetsch і Thaler 1986 [44]) , чи адаптуються норми справедливості до «персоналізованого ціноутворення» та як судження щодо справедливості впливають на поведінку [38].

Інтуїція роботи Канемана, Кнеча та Талера [44] полягає в тому, що люди можуть прийняти високу варіацію цін на по суті однаковий продукт, якщо існує: а) дуже незначна відмінність продукту або б) фірми можуть

сформулювати, чому різні ціни є справедливими. Наприклад, цінова дискримінація може бути представлена як перехресне субсидування для допомоги тим, хто не може дозволити собі високі ціни.

Також цілком імовірно, що персоналізоване ціноутворення зашкодить споживачам, які є найбільш звичними або нерозумно роблять покупки, але допоможе кмітливим споживачам, які можуть викрасти алгоритми персоналізації, щоб виглядати споживачами з низькою готовністю платити і заощадити гроші.

Таким чином, штучний інтелект у поведінковій економіці є потужним інструментом, який сприяє не лише глибшому розумінню процесів прийняття рішень, але й підвищенню ефективності соціально-економічних систем. Однак для забезпечення справедливого використання ШІ необхідно дотримуватися етичних стандартів, гарантувати прозорість алгоритмів і захищати права економічних агентів.

2.3 Огляд існуючих засобів підтримки прийняття рішень економічними агентами: Date Sience та ШІ

Сучасна економіка характеризується високою складністю та динамічністю, що вимагає від економічних агентів ухвалення швидких і обґрунтованих рішень. Для підтримки цього процесу використовуються численні інструменти та технології, спрямовані на аналіз інформації, прогнозування та оптимізацію результатів.

В цілому концепція систем підтримки прийняття рішень (СППР) передбачає використання даних і моделей для прийняття рішень в слабоструктурованих ситуаціях з різних галузей людської діяльності. Саме це описано в [45].

СППР не підготовляє рішення, а скоріше забезпечує даними, які використовуються разом з іншою інформацією користувачем для прийняття рішення [46].

Розмаїття СППР зумовлено наявністю різних типів та форм підтримки прийняття рішень, а також архітектур СППР. Необхідно розуміти, що СППР будь-якого типу повинна містити [45]:

а) – підсистему введення та аналізу запитів користувача (ПВАЗ);

б) – підсистему оброблення запитів користувача та генерації результатів (ПОЗГР);

в) – базу знань і даних (БЗД);

г) – підсистему подання результатів (ППР) в зручній для користувача формі.

Завдання прийняття рішень постійно виникають і вирішуються в навколишньому світі, в природі, а також в біологічних, екологічних, соціальних і економічних системах, в різних процесах і явищах (процеси функціонування організмів і їх колоній, прояви споживчих переваг, стихійні лиха і ін.).

Рішенням вважають обґрунтований набір дій з боку особи, що приймає рішення (ОПР). Ці дії спрямовані на об’єкт чи систему управління, а набір дій надає можливість привести даний об’єкт чи систему до бажаного стану або досягнути поставленої мети [46]. Цілеспрямованість-це один з видів психічної діяльності, прояв волі людини.

У [45] поняття «прийняття рішень» розглядається як процес вибору найбільш бажаного рішення з набору прийнятних рішень або замовлення набору рішень. Можливо, прийняття рішень на основі знань про об’єкт управління, а також процеси, які відбуваються в ньому і можуть відбуватися з плином часу та те, чи багато існує показників, що відображають повноту ефективності і якість прийняття рішень. Отже, існує потреба у відповідній моделі об'єкта та моделі для прийняття та оцінки рішення.

У проектуванні СППР важливою є задача класифікації рішень. За існуючими підходами можна скористатись класифікацією рішень, що наведена у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 –Класифікація видів рішень

Ознака	Вид рішення		
Ступінь структуризації проблеми	Гарно структуроване	Гарно структуроване	Не структуроване
Кількість етапів реалізації рішення	Статичне (один етап)	Динамічне	
Рівень інформованості про стан проблеми	Умови визначеності	Умови ризику	Умови невизначеності
Кількість ОПР	Одна особа	Багато осіб	
Зміст рішення	Стратегічне	Тактичне	

Джерело: [45]

Необхідність комп’ютерної підтримки прийняття рішень в економіці та бізнесі нині зумовлена дією низки об’єктивних причин, зокрема [48]:

а) збільшенням обсягів інформації, що поступає до органів управління і безпосередньо до керівників;

б) ускладненням завдань, що розв’язуються щоденно й на перспективу;

в) необхідністю і урахування великої кількості взаємопов’язаних факторів і вимог, що швидко змінюються;

г) необхідністю зняття невизначеності, пов’язаної з неможливістю кількісного вимірювання окремих чинників;

д) збільшенням важливості наслідків рішень, що приймаються, тощо.

Всі ці причини пов'язані з швидким розвитком, широким використанням СППР та умовними цілями і функціями цих комп'ютеризованих систем.

До найважливіших цілей систем підтримки прийняття рішень належать [48]:

а) удосконалення рішень;

б) збільшення продуктивності праці творців рішень;

в) доповнення арсеналу інструментальних засобів творців рішень новими, продуктивнішими можливостями;

г) полегшення виконання одного або більше етапів прийняття рішень (збору інформації, проектування, відбору альтернатив);

д) упорядкування й полегшення аналізу можливих шляхів розв’язування проблем;

е) допомога творцям рішень у розв’язанні неструктурованих або напівструктурованих проблем;

ж) підвищення компетентності творців рішень щодо управління знаннями.

Інтерес до створення і застосування СППР як перспективної галузі комп'ютерних технологій та інструментів для підвищення ефективності праці в сфері управління економікою постійно зростає. У багатьох країнах розробка та впровадження СППР стало швидко зростаючим бізнесом. СППР широко використовується в економіках розвинених країн світу, і при цьому їх кількість неухильно зростає. Розширення функціоналу і вдосконалення самої СППР дуже важливі.

Найважливішими чинниками застосування СППР-технології є [46]:

а) можливість робити обчислення на настільному комп'ютері спростила використання технології на портативних комп'ютерах;

б) розроблено зручний пакет (friendly software), призначений для недосвідчених користувачів;

в) знижена тривожність (боязнь комп'ютера) серед користувачів;

г) ОПР використовує СППР, оскільки втрати від невикористання комп'ютерних технологій стають дуже помітними, тобто втрата потенційного прибутку стає великою.

СППР не можуть розв’язати за творця рішень окремі аспекти проблем, тим більше його замінити [48]:

а) СППР не може відтворити деякі навички управління знаннями, характерні для конкретної людини;

б) вона дуже специфічна і може бути зосереджена тільки на певних типах проблем;

в) СППР може не відповідати звичаю творця рішення представляти або розпізнавати проблему;

г) помилка, допущена ОПР в процесі експлуатації системи, не може бути виправлена;

д) Комп'ютерна система обмежена тільки наявними у неї знаннями, тобто «не знаю того, чого не знаю я»;

е) СППР надмірно залежить від різних типів небезпечних ситуацій, таких як несанкціонований доступ до системи.

СППР і люди повинні бути одним цілим для вирішення різноманітних проблем.

Інструменти Data Science та штучного інтелекту (ШІ) стали основними засобами підтримки прийняття рішень завдяки своїй здатності аналізувати великі обсяги даних, моделювати складні процеси та прогнозувати майбутні сценарії.

Data Science (за роботою [49]) – це принципово новий додаток для впровадження інновацій, аналізу та використання великих обсягів даних для виявлення цінної інформації та прийняття обґрунтованих рішень. Ця міждисциплінарна наука об'єднує статистику, математику, програмування, Машинне навчання та багато інших методів для розуміння даних та виявлення їх закономірностей. У сучасному світі постійно зростаючих обсягів даних наука про дані стає важливим інструментом для компаній та організацій, які прагнуть до інновацій та ефективного використання своїх ресурсів.

Цей інструмент використовується в різноманітних галузях, включаючи бізнес, медицину, фінанси, матеріалознавство та соціальні науки. Важливою ланкою Data Science є безперервний постійний робочий цикл, який включає

збір, аналіз та моделювання даних, що забезпечує постійне вдосконалення рішень та прогнозів.

Data Science містить у собі 5 головних складових (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Складові Data Science

Джерело: побудовано автором на основі [50]

Data Science включає в себе 5 етапів роботи з даними, а саме: збір та підготовка даних, експлоративний аналіз, моделювання та аналіз, валідація результатів і висновки та вдосконалення. Детальніше з кожним етапом та їх описом можна ознайомитись в табл.2.3.

Основні етапи обробки даних у Data Science зазвичай представлені у вигляді безперервних кроків, але в реальному проекті ці етапи можуть виконуватися паралельно або повторюватися кілька разів для вдосконалення результатів.

Таблиця 2.3 – Етапи роботи з даними в Data Science

Етапи роботи	Детальний опис етапів
Збір та підготовка даних	Перший етап охоплює збір різноманітних даних з різних джерел. Після цього слід провести їхню підготовку, включаючи очищення від аномалій, виправлення помилок та приведення до необхідного формату.
Експлоративний аналіз	На цьому етапі проводиться детальний аналіз даних для виявлення патернів, тенденцій та особливостей. Використання візуалізації та статистичних методів допомагає зрозуміти структуру даних та отримати перше уявлення про їхні властивості.
Моделювання та аналіз	На цьому етапі застосовуються методи машинного навчання та статистичні моделі для прогнозування та виявлення залежностей в даних. З метою отримання оптимальних результатів розробляються та тестуються різні моделі.
Валідація результатів	Після створення моделі проводиться валідація, щоб переконатися в її точності та ефективності. Використовуються тестові дані або хронологічний розподіл даних для перевірки моделі на нових прикладах.
Висновки та вдосконалення	На кінцевому етапі аналізуються отримані результати, формулюються висновки та розробляються рекомендації для подальших дій. Якщо необхідно, проводяться корекції моделей або збір додаткових даних для досягнення більш точних прогнозів або рекомендацій.

Джерело: побудовано автором на основі [49]

Data Science часто використовується у сфері логістики, виконуючі такі завдання, як:

а) оптимізація цін (динамічне ціноутворення);

б) аналіз лояльності клієнтів;

в) управління запасами та логістикою;

г) виявлення шахрайства у фінансових операціях.

Data Science є невід’ємною частиною сучасної економіки, забезпечуючи ефективний підхід до аналізу даних і підтримки прийняття рішень. Її впровадження сприяє підвищенню ефективності, точності та інноваційності в багатьох галузях.

Також одним із важливих інструментів є ШІ, адже він охоплює широкий спектр технологій, включаючи машинне навчання, глибоке навчання та обробку природної мови (NLP), які здатні навчатися на даних і приймати рішення без прямого втручання людини.

Штучний інтелект (ШІ) (artificial intelligence – AI) розумітимемо, як властивість автоматичних систем брати на себе окремі функції інтелекту людини, наприклад, вибирати й ухвалювати оптимальні рішення на основі раніше одержаного досвіду й раціонального аналізу зовнішніх дій. У вищенаведеному визначенні поняття інтелекту під терміном «знання» мається на увазі не лише та інформація, яка надходить до мозку через органи чуття [51].

Одним з найбільш поширених методів ШІ, що використовуються в системах прийняття рішень, є машинне навчання. Цей метод полягає в тому, що комп'ютерні алгоритми вивчають шаблони та залежності в даних, щоб зробити прогнози або прийняти рішення. Машинне навчання може бути використане для вирішення різноманітних завдань, наприклад, для класифікації даних, прогнозування ризиків, розпізнавання образів та текстів, аналізу великих обсягів даних та багатьох інших [52].

Другим методом ШІ, що застосовується в системах прийняття рішень, є експертні системи. Експертні системи – це програмні продукти, що використовують знання та досвід експертів у конкретній галузі, щоб робити прогнози та рекомендації. Експертні системи можуть бути використані в багатьох галузях, таких як медицина, фінанси, юриспруденція та бізнес [53].

Нейронні мережі є третім поширеним методом ШІ, які можуть імітувати роботу людського мозку, а також виконувати різні завдання, наприклад, такі як розпізнавання образів, обробка голосу і управління роботами тощо. Вони они можуть використовуватися в СППР для аналізу даних та прогнозування.

Четвертим методом ШІ є генетичні алгоритми. Вони використовують генетичні маніпуляції, такі як мутації та спарювання, для моделювання процесу еволюції та пошуку найкращого рішення. А також, що не мало важливо дані алгоритми можуть використовуватися в СППР для оптимізації процесів і вирішення складних завдань.

Крім того, ШІ може бути використаний для автоматизації процесів прийняття рішень та управління. Наприклад, системи автоматичного управління можуть використовувати датчики та ШІ, щоб контролювати та оптимізувати процеси виробництва, забезпечуючи ефективну та безпечну роботу [52].

Таким чином, методи штучного інтелекту допомогають підвищити ефективність та точність прийняття рішень в різноманытних сферах життя. Вище перераховані методи дозволяють аналізувати будь-які обсяги даних, прогнозувати та приймати рішення на основі знань та нажитого досвіду. Тобто узагальнюючи, можна сказати що зростаюча роль ШІ в СППР має великий потенціал для підвищення ефективності та якості роботи в різноманітних галузях. Наразі СППР, які використовують методи ШІ, є важливим елементом для компаній і організацій, що хотіли підвищити ефективність і конкурентоспроможність.

Дослідники, у своїй роботі [54], ділять системи штучного інтелекту на два класи – сильний (універсальний) ШІ і слабкий ШІ. У першому випадку мова йде про інтелект, який не поступається і навіть перевершує людський інтелект за рівнем розвитку і здатності до навчання. Тільки один вид діяльності, який є слабким і специфічним для людини, може бути виконаний краще. І якщо розвиток технологій вплинуло на розвиток здібностей слабкої людини, то [55] стрибок у розвитку сильного штучного інтелекту не

відбувається. Крім того, за досі не вирішені філософські проблеми, такі як: нездатність ШІ відчувати емоції та займатися саморефлексією; інтелектуальні системи постійно змінюються.

ШІ активно використовується для оптимізації та автоматизації процесів прийняття рішень у різних галузях. Завдяки здатності аналізувати великі обсяги даних, розпізнавати шаблони, прогнозувати наслідки та рекомендувати оптимальні дії, ШІ значно підвищує ефективність управлінських, бізнесових і соціальних процесів.

У сучасному світі досягнення ШІ можна побачити всюди, в електронних пристроях, медичних установах, банках. Зрозуміло, що більшість керівників бізнесу, віце-президенти компаній, менеджери та інвестори прагнуть дізнатися про нього якомога більше. Зараз для економістів, особливо для тих, які займають керівні посади, важливо вміти виявляти істинне значення технологій. Практичне застосування ШІ допомагає зрозуміти, яким чином технології впливають на розвиток бізнесу. Економіка являє собою надійну основу для розуміння невизначеності та її ролі в прийнятті рішень. Оскільки якісне прогнозування знижує цю невизначеність, технології ШІ та його інструменти дозволяють із найбільшою ймовірністю максимізувати прибуток від робочих бізнес-процесів. Технології прогнозування, які використовуються в машинному та глибинному навчанні можна об'єднати з логікою економічної теорії прийняття рішень і вивести ряд ефективних ідей [56].

Він дозволяє дозволяє аналізувати історичні дані та будувати прогнози майбутніх подій, зменшує людське втручання в рутинні завдання, підвищуючи продуктивність, ефективно вирішує складні завдання оптимізації, зменшуючи витрати і час, дозволяє створювати індивідуальні пропозиції та рішення для клієнтів, враховуючи їхні потреби та поведінку, аналізує дані, щоб зрозуміти, як споживачі, підприємства та інші агенти приймають рішення, а також використовується для прийняття рішень на рівні уряду та місцевих адміністрацій.

Способи використання технологій штучного інтелекту основані на двох чітких, проте конкуруючих методах: символічний підхід (або «зверху-вниз») та сполучний (або «знизу-вгору»). Перший підхід базується на копіюванні людського інтелекту шляхом аналізу пізнання, незалежно від біологічної структури мозку. Він оснований на обробці символів. Другий підхід «знизу-вгору» передбачає створення штучних нейронних мереж, які імітують структуру мозку людини. Прикладом відмінності між цими підходами може стати завдання побудови системи, обладнаної оптичним сканером, який розпізнає букви алфавіту. Сполучний підхід, як правило, передбачає тренування штучної нейронної мережі, поступово покращуючи продуктивність шляхом налаштування мережі. На противагу цьому, символічний підхід передбачає написання комп'ютерної програми, яка порівнює кожну букву з геометричними символами. Отже, нейронні мережі є основою для підходу «знизу-вгору», тоді як символічні описи – підходу «зверху-вниз» [56].

ШІ стає невід'ємною частиною сучасного світу, надаючи можливість не лише покращувати ефективність рішень, але й відкривати нові перспективи для розвитку економіки та суспільства.

Загалом Data Science та ШІ дуже сильно пов’язані між собою, адже Data Science забезпечує ШІ даними та базовими алгоритмами, тоді як ШІ додає здатність самонавчання та автономного прийняття рішень. Ця комбінація створює потужні системи підтримки, які здатні на такі дії:

а) приймати стратегічні рішення на основі багатофакторного аналізу;

б) виявляти приховані взаємозв’язки в даних;

в) генерувати інноваційні сценарії розвитку бізнесу.

Ці інструменти є дуже потужними для підтримки прийняття рішень економічними агентами. Вони дозволяють ефективніше реагувати на виклики сучасного ринку, оптимізувати ресурси та підвищувати конкурентоспроможність, однак їх впровадження вимагає відповідального підходу, врахування етичних аспектів і постійного моніторингу ефективності.

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДІНКИ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ У СФЕРІ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

3.1 Побудова семантичної моделі поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики»

Ефективне управління транспортною логістикою вимагає глибокого розуміння поведінки господарюючих суб'єктів, таких як виробники, постачальники, перевізники і споживачі, оскільки зростаючий обсяг перевезень, швидкі технологічні зміни і постійна необхідність оптимізації логістичних процесів створюють необхідність прогнозування поведінки різних агентів в цій сфері. Ефективним інструментом для аналізу такої поведінки і вироблення підходів до підвищення ефективності управлінських рішень, що приймаються в області транспортної логістики, є використання економіко-математичних моделей, особливо заснованих на поведінковій економіці.

Розробка системи поведінкових моделей господарюючих суб'єктів у сфері транспортної логістики дозволяє поліпшити планування і управління логістичними процесами, знизити витрати, підвищити рівень послуг, що надаються і забезпечити конкурентну перевагу на ринку. Крім того, врахування поведінкових аспектів суб'єктів господарювання є важливим у контексті розвитку сучасних технологій, таких як автономні транспортні засоби, безпілотні літальні апарати та інші інноваційні рішення у сфері транспорту. Аналіз і моделювання поведінки господарюючих суб'єктів дозволяє прогнозувати можливі сценарії впровадження цих технологій і їх вплив на всю транспортну систему.

За основу побудови моделі була використана наукова робота [6].

Для побудови семантичної мережі поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики», як моделі предметної області

дослідження, з’ясуємо його змістовні аспекти, дослідимо складові та зв’язки з іншими важливими поняттями.

За тезами [5], поняття «поведінка економічних агентів» відображає дії і рішення, що приймаються в ході економічної діяльності. Іншими словами, суб'єктом господарювання є домогосподарство, компанія, уряд чи інша організація, які взаємодіють на ринку з метою виробництва, розподілу та споживання товарів та послуг.

Щоб зрозуміти економічні механізми взаємодії між агентами та ефективного управління економічними процесами, необхідно точно розуміти, як мислять господарюючі суб'єкти при прийнятті різного роду економічних рішень. Поведінка економічних агентів - це сукупність дій, вчинків і взаємозв'язків, які кожен суб'єкт економічних відносин ідентифікує в процесі взаємодії з навколишнім середовищем.

Поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики включає різні аспекти та рішення, які вони приймають для забезпечення ефективного та економічного переміщення товарів та послуг, такі як затвердження рішень щодо вибору транспортних шляхів, оптимізація транспортних витрат, управління запасами, вибір постачальників та партнерів у логістичному ланцюжку та взаємодія з ринками та конкурентами.

Економічними агентами в цій сфері є (рис.3.1): домогосподарства; підприємства; держава; фінансові установи; іноземні агенти; неприбуткові організації.

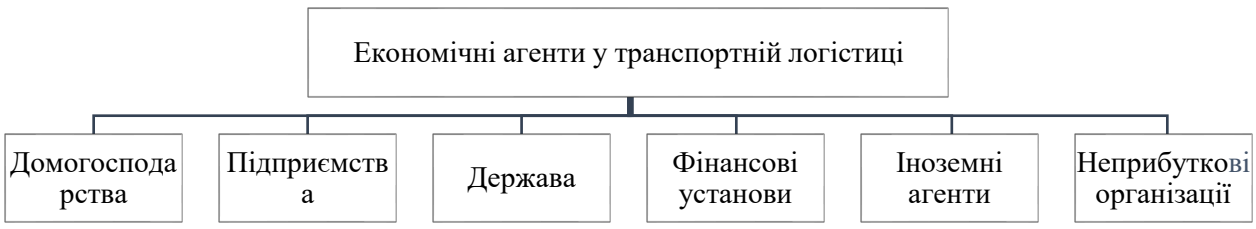


Рисунок 3.1 - Економічні агенти у сфері транспортної логістики

Джерело: [6]

Кожен з цих агентів виконує специфічні ролі та функції, що впливають на логістичні процеси та рішення.

У транспортній логістиці і в сучасній економіці вцілому одним із найважніших понять є поняття логістичної операції. Як зазначено у роботах [58,59]: логістичні операції – це сукупність дій, спрямованих на перетворення матеріального і/або інформаційного потоків.

Реалізують логістичні операції економічні агенти, які можуть виконувати, оптимізувати, замовляти та інвестувати у такі логістичні операції, як: транспортування; зберігання; обробка вантажів; планування маршруту; інвентаризація (рис.3.2).



Рисунок 3.2 - Логістичні операції у сфері транспортної логістики

Джерело: [6]

У сфері транспортної логістики, кожен з цих процесів, є критично важливим і взаємопов'язаним.

Для виконання логістичних операцій використовуються різні види транспорту, що вказані на рис. 3.3 . Кожен вид транспорту має свої особливості, переваги та недоліки, які впливають на рішення агента.

За науковою працею [60]: усі транспортні засоби мають свої особливості, які визначають поведінку господарюючих суб'єктів у сфері транспортної логістики. Вибір транспорту залежить від конкретних потреб, таких як швидкість доставки, обсяг вантажу, транспортні витрати та відстань,

і може впливати на рішення та стратегії домогосподарств, підприємств, держав, фінансових установ, іноземних агентів та некомерційних організацій.



Рисунок 3.3 - Транспортні засоби для перевезення вантажів у сфері транспортної логістики

Джерело: [6]

Кожен з перелічених транспортних засобів споживає ресурси (рис.3.4), що мають важливе значення для ефективної роботи логістичних процесів, а саме: паливо; робоча сила; капітал та інформаційні системи.

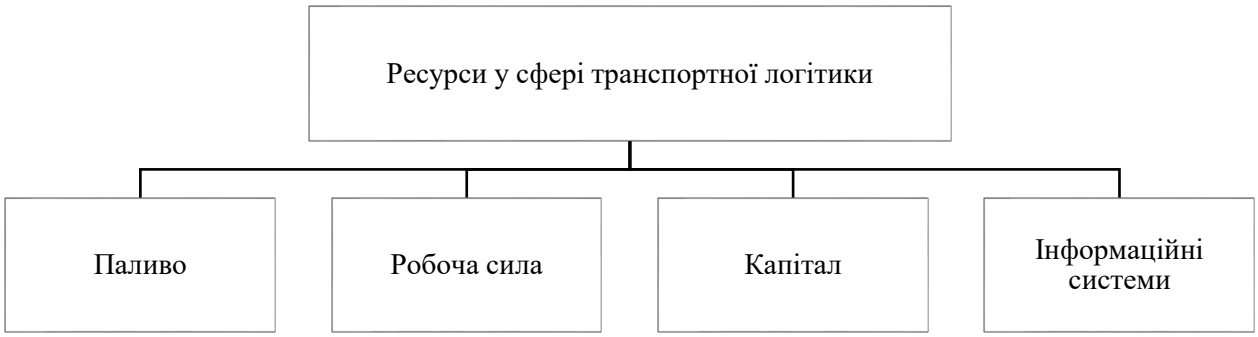


Рисунок 3.4 - Ресурси для перевезення вантажів у сфері логістики

Джерело: [6]

У галузі транспортної логістики логістична інфраструктура відіграє важливу роль у забезпеченні ефективного виконання логістичних операцій, вона включає в себе різні об'єкти і системи, які формують основу для

переміщення товарів і надання логістичних послуг, детальніше з ними можна ознайомитись за рис.3.5.

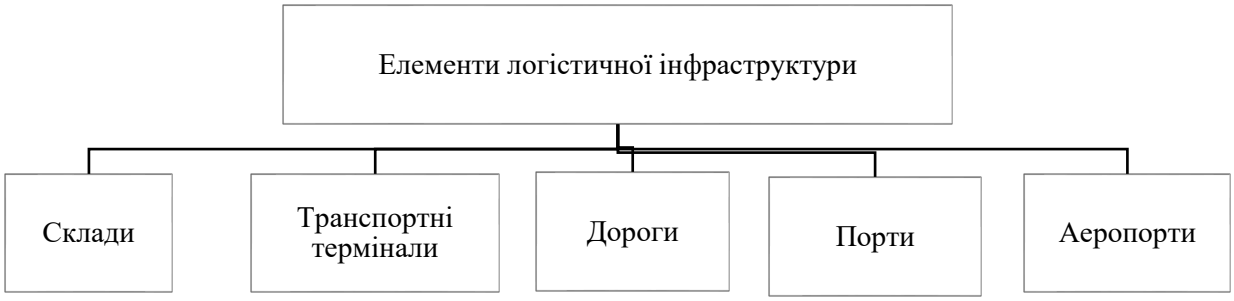


Рисунок 3.5 - Елементи логістичної інфраструктури у сфері транспортної логістики

Джерело: [6]

Також одним із важливих пунктів транспортної логістики є правила та регулювання (рис.3.6), за якими визначається поведінка економічних агентів значною мірою, що включають закони і нормативи, митні регулювання, екологічні стандарти та безпеку на транспорті. Кожен з цих аспектів впливає на різні етапи логістичних процесів та вимагає відповідних адаптацій з боку агентів.



Рисунок 3.6 - Правила та регулювання у сфері транспортної логістики

Джерело: [6]

Отже, при об’єднанні усіх отриманих відношень, можна сформувати загальну семантичну мережу поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики» (рис.3.7), що відображає складну систему

взаємозв’язків економічними агентами, логістичними операціями, транспортом, логістичними операціями, ресурсами та правилами і регулюванням. Розуміння цих взаємозв’язків дозволяє ефективніше управляти логістичними процесами, оптимізувати витрати та підвищувати загальну ефективність транспортної логістики.

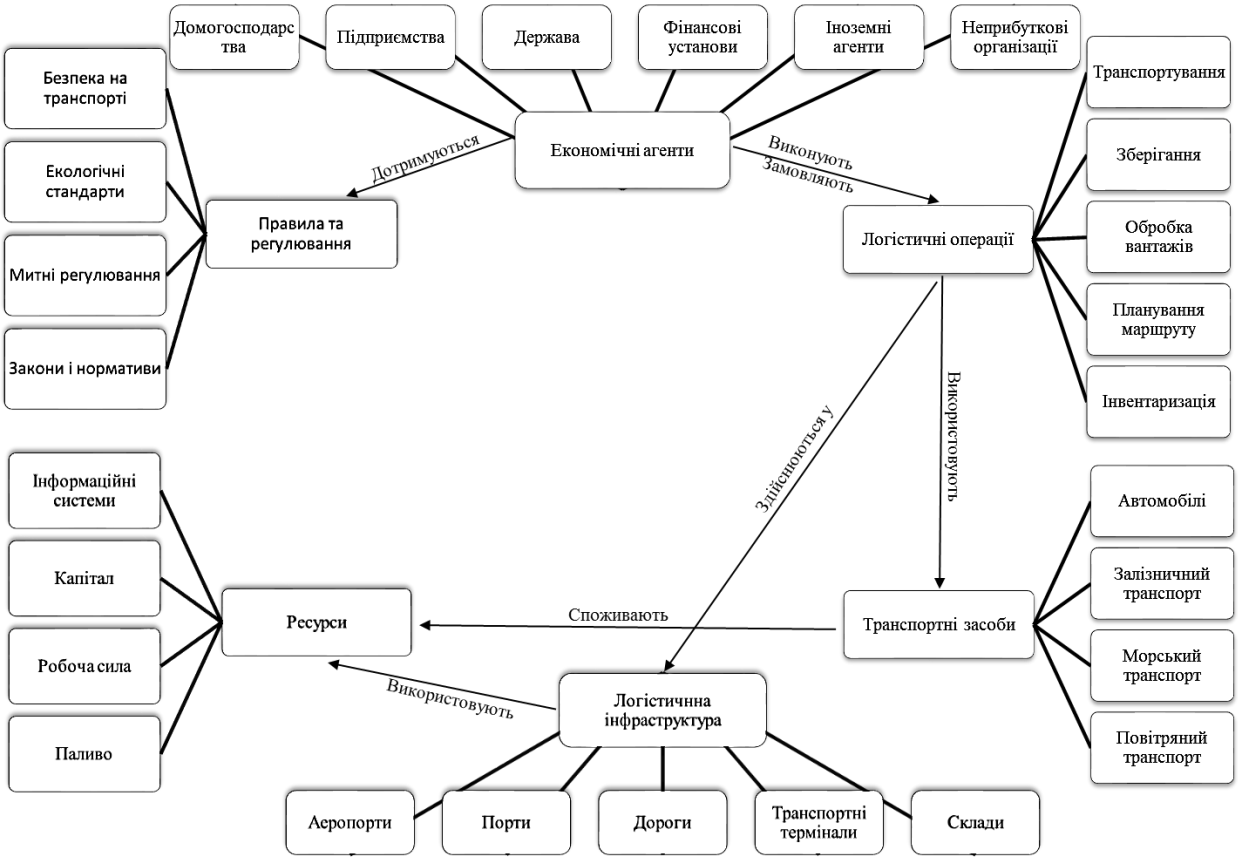


Рисунок 3.7 - Семантична модель, що відображає ключові аспекти поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики»

Джерело: [6]

Між об’єктами моделі можна виокремити 7 загальних зв’язків, а саме:

а) економічні агенти виконують логістичні операції;

б) економічні агенти замовляють логістичні операції;

в) логістичні операції використовують транспорт;

г) логістичні операції здійснюються в логістичній інфраструктурі;

д) транспорт споживає ресурси;

е) логістична інфраструктура використовує ресурси;

ж) економічні агенти дотримуються правил і регулювань.

Ці зв’язки описують, як різні елементи та агенти у сфері транспортної логістики взаємодіють один з одним, утворюючи цілісну систему, де кожен елемент має свою роль і впливає на загальну ефективність логістичних процесів. Дотримання правил і регулювань, ефективне використання ресурсів та інфраструктури, а також правильна організація та виконання логістичних операцій забезпечують стабільність і продуктивність логістичної системи.

3.2 Розробка нечіткої моделі для вибору маршруту перевезень вантажів з урахуванням даних щодо поведінки економічних агентів

У сучасному світі дедалі частіше виникає необхідність прийняття рішень у складних ситуаціях, де інформація є невизначеною, суб'єктивною або неповною. Традиційні математичні методи базуються на точних значеннях і правилах, що робить їх непридатними для обробки нечітких даних. У таких випадках на допомогу приходять нечіткі системи, які дозволяють використовувати гнучкі підходи до моделювання невизначеностей.

Традиційні моделі логістики часто орієнтовані лише на об’єктивні дані. Однак реальні рішення залежать від суб'єктивних факторів: довіри до постачальника, ризиків, надійності транспортного маршруту, рівня задоволеності клієнтів тощо. Нечітка логіка дозволяє інтегрувати ці суб’єктивні аспекти у процес ухвалення рішень. Тому саме нечітка модель дозволяє моделювати поведінкові аспекти у транспортній логістиці завдяки здатності враховувати невизначеність і суб’єктивність, які є характерними для поведінкової економіки.

Нечіткі моделі використовують поняття нечітких множин і функцій належності, що дозволяє працювати з «розмитими» даними, які не мають чітких числових значень. Це забезпечує можливість описувати поведінкові характеристики у формі наборів правил типу «якщо ..., тоді ...», що

відображають реальні залежності між різними аспектами поведінки економічних агентів. Завдяки цьому нечітка логіка дозволяє адекватно моделювати процеси прийняття рішень, що залежать від психологічних, соціальних та економічних факторів, і враховувати їх вплив на вибір оптимальних транспортних маршрутів.

Отже, за [61], нечіткі системи — це структури, орієнтовані на обробку інформації, де використовуються класична теорія множин і бінарна логіка неможливі або складні. У літературі такі терміни, як нечітка система, нечітка модель, система на основі нечітких правил, нечіткий контролер або нечітка асоціативна пам'ять використовуються взаємозамінно залежно від типу програми.

Нечіткі системи включають нечіткі множини, логіку, алгоритми та управління; вони відрізняються передусім підтримкою поступового та безперервного переходу, а не різкої та різкої зміни двійкових значень. Нечіткі системи найбільше підходять для невизначених або наближених міркувань, особливо систем з математичною моделлю, яку важко вивести [62].

Нечітка система дозволяє:

а) моделювати ці нечіткі параметри;

б) інтегрувати їх в єдину базу правил;

в) автоматизувати прийняття рішень на основі складних критеріїв.

Таким чином, нечіткі системи є потужним інструментом для роботи в умовах невизначеності та складності.

На відміну від класичної логіки, де змінна може приймати лише значення (0 або 1), нечітка логіка дозволяє працювати з континуальними ступенями належності, які варіюються в межах від 0 до 1. Це дозволяє моделювати невизначеність і неоднозначність, що часто зустрічаються в реальному житті.

Нечіткі системи особливо корисні, коли:

а) дані є нечіткими, суб'єктивними або неповними;

б) традиційні методи недостатньо ефективні через складність моделі або велику кількість змінних;

в) необхідно працювати з «людською логікою», яка використовує невизначені поняття («швидко», «дешево», «безпечніше»).

Нечітка система складається з кількох ключових етапів і елементів, що визначають її роботу:

а) вхідні змінні — це параметри, що аналізуються системою;

б) функції належності — математичні моделі, що визначають, наскільки конкретне значення змінної відповідає певній категорії. Функції належності можуть бути різних типів: трикутні, трапецієподібні, гаусові тощо;

в) база правил — набір логічних залежностей типу «якщо ..., тоді ...», що встановлюють зв’язок між вхідними змінними і вихідним результатом;

г) агрегація правил — процес об'єднання результатів усіх правил для отримання загального нечіткого висновку;

д) дефазифікація — перетворення нечітких результатів у чітке значення, яке є остаточним висновком системи.

Перевагами нечітких систем є:

а) гнучкість – можуть адаптуватися до різних умов і працювати навіть за відсутності точних даних;

б) легкість інтеграції – можуть бути легко впроваджені в існуючі інформаційні системи;

в) автоматизація – дозволяють приймати об'єктивні рішення без залучення людини.

Нечітка модель Мамдані (Mamdani) є однією з найпоширеніших та добре відомих моделей в рамках нечіткої логіки, що базується на концепції нечіткої логіки (fuzzy logic), запропонованої Лотфі Заде в 1975 році. Головна ідея нечіткої логіки полягає в тому, що об'єкти або явища можуть належати до певної множини частково, а не повністю.

Система нечіткого висновку Mamdani працює наступним чином:

а) визначення набору нечітких правил;

б) фазифікація вхідних даних за допомогою функцій належності вхідних даних;

в) об’єднання нечітких вхідних даних відповідно до нечітких правил для встановлення міцності правила (нечіткі операції);

г) знаходження наслідків правила шляхом поєднання сили правила та вихідної функції належності (наслідок);

д) об’єднання наслідків для отримання розподілу вихідних даних (агрегація);

е) дефазифікація розподілу вихідних даних (цей крок виконується, лише якщо потрібен чіткий вихід (клас)).

Нечітка модель Мамдані дозволяє вирішувати проблеми, в яких використовуються нечіткі або приблизні значення вхідних даних. Вона базується на нечітких правилах, які визначають залежності між вхідними та вихідними змінними системи [63].

Саме у сфері транспортної логістики нечіткі системи грають важливу роль, адже оптимізація маршрутів — це складне завдання, яке включає врахування часу доставки, витрат на перевезення, ризиків (наприклад, погодних умов, стану доріг) та інших факторів.

Тому розробимо модель для обрунтування вибору маршруту перевезень вантажів з урахуванням даних щодо поведінки економічних агентів.

У процесі роботи над моделлю передбачення оптимального маршруту була поставлена задача моделювання прийняття рішень в умовах невизначеності на основі таких факторів (вхідні змінні), як (рис.3.8):

а) час доставки — як важливий показник ефективності логістичних рішень;

б) вартість перевезення — оскільки вона є визначальним фактором економічної доцільності;

в) рівень ризику — відображає можливі загрози чи ускладнення при виборі маршруту.

Перелічені вище параметри не завжди можуть бути описані точними значеннями через їхню невизначеність, залежність від суб’єктивних оцінок чи зміни зовнішніх умов.

Вихідною зміною є оцінка якості маршруту для особи, що приймає рішення (ОПР) (рис.3.8).

Основна мета полягає в тому, щоб розробити модель, здатну інтегрувати кількісні та якісні дані, і забезпечити її практичне застосування в умовах реальних логістичних процесів.

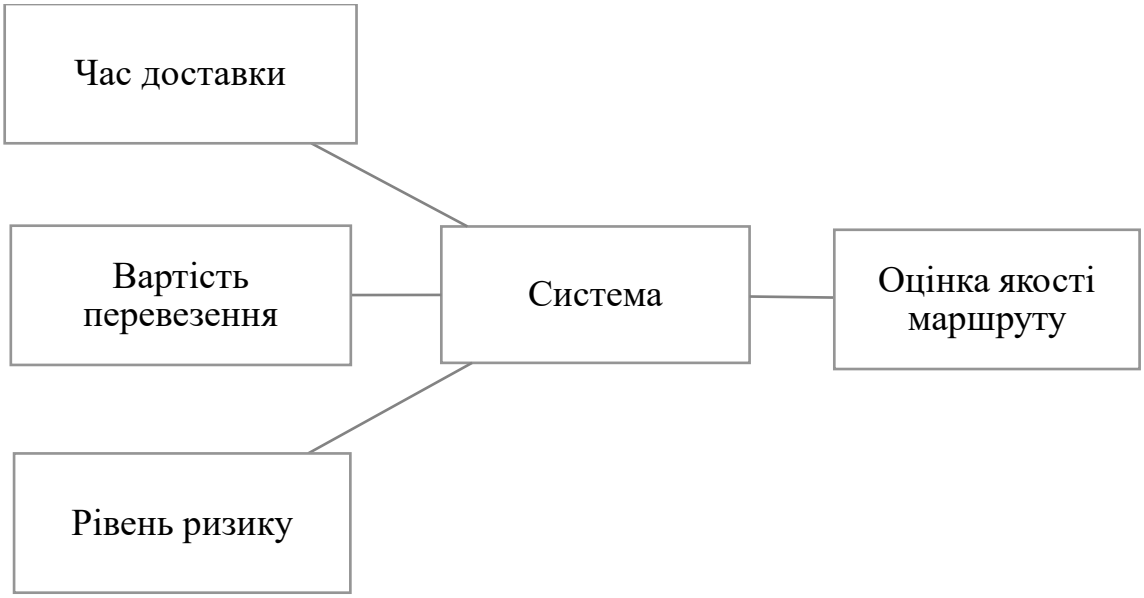


Рисунок 3.8 – Загальна схема нечіткої системи для оцінки якості маршруту з урахуванням особистісних оцінок ОПР

Роль нечіткої моделі в транспортній логістиці полягає у вирішенні кількох ключових завдань. По-перше, вона дозволяє працювати з невизначеними даними, які є типовими для логістичних процесів. Наприклад, погодні умови, затори на дорогах, зміни вартості палива чи транспортних тарифів часто не можуть бути точно передбачені, але мають враховуватися під час вибору маршруту. По-друге, модель інтегрує як об’єктивні, так і суб’єктивні фактори, включаючи поведінкові особливості економічних

агентів, таких як транспортні компанії, водії, клієнти та інші зацікавлені сторони. Це дозволяє отримувати більш реалістичні результати, які відповідають реальним умовам роботи логістичної системи.

Наступним етапом розробки моделі є визначення діапазонів для кожної змінної, а також їх поділ на категорії:

а) для часу (T): короткий, середній, довгий;

б) для вартості (C): низька, середня, висока;

в) для ризику (R): низький, середній, високий;

г) для оцінки якості маршруту (O) – вихідна змінна: поганий, середній, добрий.

Кожна з них була формалізована через нечіткі множини, які описують відповідні категорії.

Для кожної змінної дедалі побудуємо нечіткі функції належності.

За дослідженням [64], функцією належності називається функція, яка дозволяє обчислити ступінь належності довільного елемента універсальної множини до нечіткої множини. На відміну від класичних множин, де елемент або належить множині (1), або ні (0), у нечітких множинах належність елемента виражається числом у діапазоні від 0 до 1.

Функція належності є основою для моделювання в нечітких системах, оскільки вона дозволяє враховувати невизначеність і оцінювати ступінь, з якою змінна відповідає певним умовам. Найпоширенішими функціями належності є:

а) трикутна - використовується для позначення лінійного переходу між значеннями;

б) трапецієвидна - дозволяє врахувати інтервал, у якому значення є максимально можливими;

в) гаусова - моделює плавний і симетричний розподіл;

г) сигмовидна - забезпечує асиметричний перехід між значеннями.

В даному випадку задамо функцію належності для простоти реалізації та зручності інтерпретації за трикутною формою:

$$\mu(X) = \begin{cases} 1; & X \le Xmin; \\ \frac{Xmax - X}{Xmax - Xmin}; & Xmin < X < Xmax; \\ 0; & X \ge Xmax. \end{cases} \quad (3.1)$$

де Xmin, Xmax – носії нечікої множини;

X – координата максимуму.

А саме:

а) для часу:

$$\mu(T) = \begin{cases} 1; & T \le Tmin; \\ \frac{Tmax - T}{Tmax - Tmin}; & Tmin < T < Tmax; \\ 0; & T \ge Tmax. \end{cases} \quad (3.2)$$

б) для вартості:

$$\mu(C) = \begin{cases} 1; & C \le Cmin; \\ \frac{Cmax - C}{Cmax - Cmin}; & Cmin < C < Cmax; \\ 0; & C \ge Cmax. \end{cases} \quad (3.3)$$

в) для ризику:

$$\mu(R) = \begin{cases} 1; & R \le Rmin; \\ \frac{Rmax - R}{Rmax - Rmin}; & Rmin < R < Rmax; \\ 0; & R \ge Rmax. \end{cases} \quad (3.4)$$

У процесі розробки системи сформуємо набір нечітких правил, що встановлюють логічні взаємозв’язки між змінними. Нечіткі правила, як вказано у роботі [65], визначають залежності між вхідними та вихідними змінними системи; вони складаються з двох частин: антецеденту (умови) та консеквенту (висновок). Антецеденти визначаються на основі значень

функцій приналежності вхідних змінних, а консеквенти визначаються на основі значень функцій приналежності вихідної змінної.

На основі факторів «час», «вартість» та «ризик» сформовано 27 нечітких правил (детальніше за табл.3.1).

Таблиця 3.1 – Повний набір правил для нечіткої системи

№	Вхідні значення			Вихідне значення
	Час	Вартість	Ризик	
1	Короткий	Низька	Низький	Добрий
2	Короткий	Низька	Середній	Середній
3	Короткий	Низька	Високий	Поганий
4	Короткий	Середня	Низький	Добрий
5	Короткий	Середня	Середній	Середній
6	Короткий	Середня	Високий	Поганий
7	Короткий	Висока	Низький	Середній
8	Короткий	Висока	Середній	Поганий
9	Короткий	Висока	Високий	Поганий
10	Середній	Низька	Низький	Добрий
11	Середній	Низька	Середній	Середній
12	Середній	Низька	Високий	Поганий
13	Середній	Середня	Низький	Добрий
14	Середній	Середня	Середній	Середній
15	Середній	Середня	Високий	Поганий
16	Середній	Висока	Низький	Середній
17	Середній	Висока	Середній	Поганий
18	Середній	Висока	Високий	Поганий
19	Довгий	Низька	Низький	Середній
20	Довгий	Низька	Середній	Середній
21	Довгий	Низька	Високий	Поганий
22	Довгий	Середня	Низький	Середній
23	Довгий	Середня	Середній	Поганий
24	Довгий	Середня	Високий	Поганий
25	Довгий	Висока	Низький	Поганий
26	Довгий	Висока	Середній	Поганий
27	Довгий	Висока	Високий	Поганий

Ці правила дозволяють враховувати різноманітні сценарії і забезпечують гнучкість у прийнятті рішень.

Кожне правило нечіткої логіки визначає частковий внесок у вихідну функцію належності, тобто оцінює, наскільки «активним» є це правило на основі значень вхідних змінних. Для отримання підсумкової функції належності вихідної змінної використовується агрегація, де ступені виконання для кожного правила об'єднуються, щоб отримати загальний ступінь виконання для кожного лінгвістичного терму, що використовується в консеквентах правил:

$$\mu(\text{результат}) = \max(\min(\mu(\text{умова1}) + \mu(\text{умова2}) + \mu(\text{умова3})) \quad (3.5)$$

Після агрегації виходить одна сукупна функція належності, яка враховує внесок кожного правила.

Останнім етапом є дефаззифікація. де отримані ступені виконання агрегованих лінгвістичних термів перетворюються в точні числові значення.

Дефаззифікація, за роботою [66], визначається як процес отримання конкретного числового значення з нечіткого виходу, який представляє ступінь належності в певному діапазоні. У випадку нечіткої логіки, коли виходи представлені нечіткими множинами, дефаззифікація визначає точне числове значення або кристалічне значення для виходу системи.

Існує кілька популярних методів дефаззифікації, але найпоширеніший — це метод центру ваги (Centroid Method) [65]. Такий метод дає можливість узагальнити нечіткі висновки і отримати конкретне числове значення, яке може бути використане для прийняття рішень чи подальших обчислень [66].

Для перетворення нечіткого результату у чітке значення використовується формула центру ваги:

$$Z* = \frac{\int z \times \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \quad (3.6)$$

де z — можливі значення вихідної змінної;

μ(z) — ступінь належності z до нечітких множин;

z∗ — результат дефаззифікації (чітке значення).

Отже, дефаззифікація в даному контексті використовує метод центру ваги для обчислення кінцевого значення оцінки маршруту. Це значення є зваженою середньою оцінкою маршруту на основі ступенів належності до лінгвістичних категорій якості маршруту.

Кінцевий результат — це одне числове значення, яке вказує очікувану якість маршруту для введених параметрів, таких як час, вартість та ризик. Такий підхід дає змогу приймати обґрунтовані рішення, які враховують особистісні оцінки ОПР як відображення їх поведінкових особливостей, базуються на застосуванні нечіткої логіки та експертного знання, що можуть бути інтегрованими в систему моделювання транспортної логістики.

Таким чином, розробка нечіткої моделі вибору маршрутів є важливим кроком до впровадження інновацій у транспортну логістику, адже вона базується на сучасних підходах до моделювання невизначеності, враховує поведінкові аспекти економічних агентів і забезпечує високу гнучкість та адаптивність у процесі прийняття рішень.

3.3 Аналіз результатів застосування нечіткої моделі

Транспортна компанія займається оптимізацією маршрутів для вантажоперевезень, враховуючи кілька важливих параметрів: час подорожі, вартість маршруту та ризик транспортування. Задача полягає в тому, щоб за допомогою нечіткої системи визначити оцінку маршруту, яка може бути «доброю», «середньою» або «поганою» (надалі good_route, medium_route, bad_route).

Для побудови нечіткої системи на основі розробленого алгоритму потрібно для початку задати вхідні дані, а також кінцевий результат. На вході було задано наступні значення:

а) час транспортування – поділений на три лінгвістичні категорії: короткий, середній і довгий (надалі short_time, medium_time, long_time). Вимірюється у хвилинах і може змінюватися в діапазоні від 0 до 100 хвилин;

б) вартість перевезень – розподілена на низьку, середню та високу (надалі low_cost, medium_cost, high_cost). Вимірюється у грошових одиницях і знаходиться в діапазоні від 0 до 100;

в) рівень ризику – має три градації: низький, середній і високий (low_risk, medium_risk, high_risk). Оцінюється у балах ризику на шкалі від 0 до 100.

Детальні діапазони для вхідних даних для кожного з параметрів, з використанням формул для трикутних функцій належності можна дізнатись у табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Діапазони для кожної з лінгвістичних категорій для кожного з параметрів

Значення	Якість значення	Числовий показник
Час транспортування	short_time	Від 0 до 30 хв.
	medium_time	Від 20 до 80 хв.
	long_time	Від 60 до 100 хв.
Вартість перевезень	low_cost	Від 0 до 30 од.
	medium_cost	Від 20 до 80 од.
	high_cost	Від 60 до 100 од.
Рівень ризику	low_risk	Від 0 до 30 балів
	medium_risk	Від 20 до 80 балів
	high_risk	Від 60 до 100 балів

На виході отримано загальний стан системи, а саме оптимальність маршруту, що може бути, який напряму залежить від значень вхідних даних.

На основі введених параметрів визначимо якість маршруту, використовуючи нечітку логіку. Для цього потрібно:

а) описати функції належності для кожного параметра;

б) побудувати систему нечітких правил, яка враховує всі можливі комбінації вхідних змінних;

в) використати агрегацію правил для отримання узагальненого результату;

г) провести дефаззифікацію методом центру ваги, щоб отримати числове значення якості маршруту.

У результаті отримаємо числове значення, яке вказує на рівень якості маршруту. Це значення дозволятиме прийняти рішення, чи є маршрут придатним для використання або його слід переглянути.

За діапазонами з табл.3.2 побудуємо функції належності для кожної вхідної даної (табл.3.3).

Таблиця 3.3 – Функції належності кожного з параметрів

T	short_time	medium_time	long_time
	$\mu = \begin{cases} 1; & T \le 0; \\ \frac{30 - T}{30}; & 0 < T < 30; \\ 0; & T \ge 30. \end{cases}$	$\mu = \begin{cases} 0; & \mathrm{T} \le 20; \\ \frac{\mathrm{T} - 20}{30}; & 20 < T < 50; \\ \frac{80 - \mathrm{T}}{30}; & T \ge 80. \end{cases}$	$\mu = \begin{cases} 0; & T \le 60; \\ \frac{T - 60}{40}; & 60 < T < 100; \\ 1; & T \ge 100. \end{cases}$
C	low_cost	medium_cost	high_cost
	$\mu = \begin{cases} 1; & \mathrm{C} \le 0; \\ \frac{30 - \mathrm{C}}{30}; & 0 < \mathrm{C} < 30; \\ 0; & \mathrm{C} \ge 30. \end{cases}$	$\mu = \begin{cases} 0; & \mathrm{C} \le 20; \\ \frac{\mathrm{C} - 20}{30}; & 20 < \mathrm{C} < 50; \\ \frac{80 - \mathrm{C}}{30}; & \mathrm{C} \ge 80. \end{cases}$	$\mu = \begin{cases} 0; & \mathrm{C} \le 60; \\ \frac{\mathrm{C} - 60}{40}; & 60 < \mathrm{C} < 100; \\ 1; & \mathrm{C} \ge 100. \end{cases}$
R	low_risk	medium_risk	high_risk
	$\mu = \begin{cases} 1; & R \le 0; \\ \frac{20 - R}{20}; & 0 < R < 20; \\ 0; & R \ge 40. \end{cases}$	$\mu = \begin{cases} 0; & R \le 30; \\ \frac{R - 30}{20}; & 30 < R < 50; \\ \frac{70 - R}{20}; & R \ge 70. \end{cases}$	$\mu = \begin{cases} 0; & R \le 60; \\ \frac{R - 60}{40}; & 60 < R < 100; \\ 1; & R \ge 100. \end{cases}$

Вхідними даними для певної задачі є: час – 45 хв., вартість – 25 од. та ризик – 29 балів. За цими даними потрібно виявити, чи є маршрут оптимальним та до якої категорії відноситься.

Для розробки системи будемо використовувати мову R [67].

Мова програмування R — це спеціалізована мова та програмне середовище для статистичних обчислень, аналізу даних і візуалізації, що була створена в 1993 році статистиками Россом Іхакою та Робертом Джентлменом.

R активно використовується в наукових дослідженнях, машинному навчанні, економіці та багатьох інших галузях? де важливі робота з великими обсягами даних і статистичні моделі для здійснення статистичних аналізів, включаючи лінійну і нелінійну регресію, класичні статистичні тести, аналіз часових рядів (серій), кластерний аналіз і багато іншого.

Наведемо опис відповідних етапам нечіткої системи програм на мові R.

Для виконання першого етапу будемо використовувати такі бібліотеки:

а) ggplot2;

б) sets;

в) fuzzySim.

Визначимо трикутну функцію, де x – значення; a, b, c, d – параметри:

```
> triangular <- function(x, a, b, c) {ifelse(x <= a, 0, ifelse(x <= b, (x - a) / (b - a), ifelse(x <= c, (c - x) / (c - b), 0)))}
```

Задаємо вектор значень для X, тобто Xmin=0, Xmax=100:

```
> x <- seq(0, 100, length.out = 500)
```

Обчислимо значення для кожної змінної за допомогою визначених функцій:

а) час доставки:

```
> short_time <- sapply(x, triangular, a = 0, b = 0, c = 30)
> medium_time <- sapply(x, triangular, a = 20, b = 50, c = 80)
```

```
> long_time <- sapply(x, triangular, a = 60, b = 100, c = 100)
```

б) варстість перевезень:

```
> low_cost <- sapply(x, triangular, a = 0, b = 0, c = 20)
> medium_cost <- sapply(x, triangular, a = 10, b = 50, c = 90)
> high_cost <- sapply(x, triangular, a = 60, b = 100, c = 100)
```

в) ризики:

```
> low_risk <- sapply(x, trapezoidal, a = 0, b = 0, c = 30)
> medium_risk <- sapply(x, trapezoidal, a = 20, b = 50, c = 50, d = 80)
> high_risk <- sapply(x, trapezoidal, a = 60, b = 80, c = 100)
```

Додаємо тепер вхідні та вихідні значення до системи:

```
>fuzzy_system <- set_variable(fuzzy_system, time = time)
>fuzzy_system <- set_variable(fuzzy_system, cost = cost)
>fuzzy_system <- set_variable(fuzzy_system, risk = risk)
>fuzzy_system <- set_variable(fuzzy_system, route = route)
```

На основі обчислених значень побудуємо відповідні графіки:

а) час доставки (рис.3.9):

```
> plot(x, short_time, type = "l", col = "blue", ylim = c(0, 1), lwd = 2, main = "Функції належності для часу доставки", xlab = "Час (хвилини)", ylab = "Належність")
> lines(x, medium_time, col = "green", lwd = 2)
> lines(x, long_time, col = "red", lwd = 2)
> legend("topright", legend = c("Короткий", "Середній", "Довгий"), col = c("blue", "green", "red"), lty = 1, lwd = 2)
```

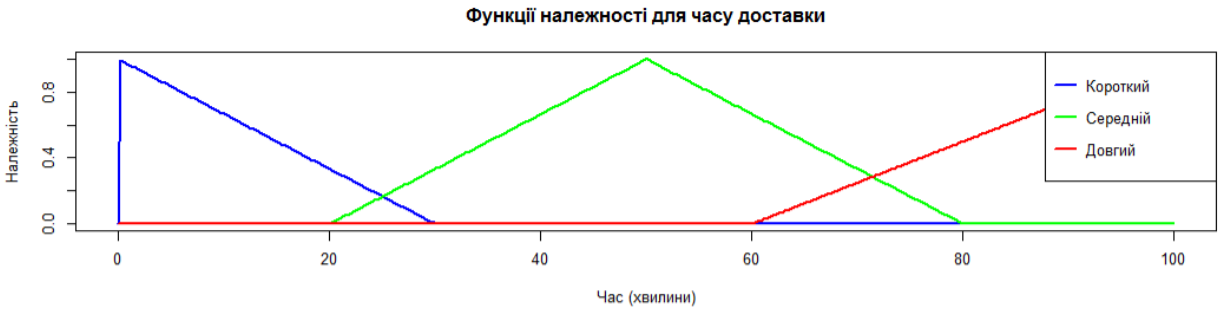


Рисунок 3.9 – Функції належності для часу доставки

б) вартість перевезень (рис.3.10):

```
> plot(x, low_cost, type = "l", col = "blue", ylim = c(0, 1), lwd = 2, main = "Функції належності для вартості перевезення", xlab = "Вартість (умовні одиниці)", ylab = "Належність")
> lines(x, medium_cost, col = "green", lwd = 2)
> lines(x, high_cost, col = "red", lwd = 2)
> legend("topright", legend = c("Низька", "Середня", "Висока"), col = c("blue", "green", "red"), lty = 1, lwd = 2)
```

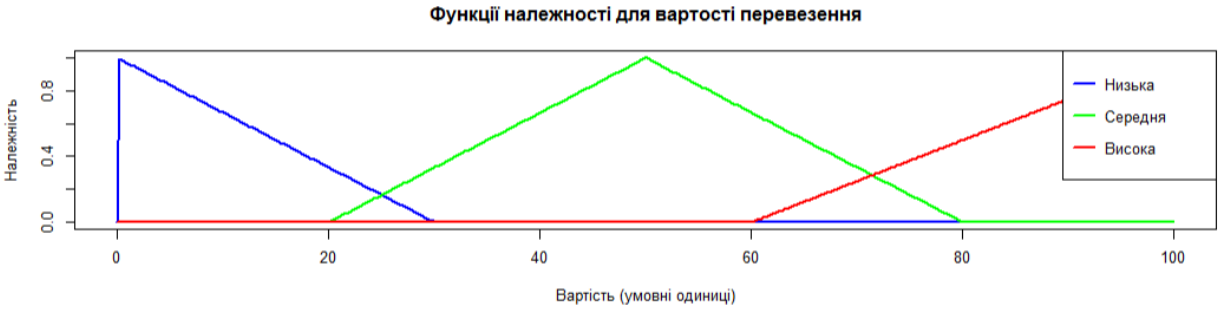


Рисунок 3.10 – Функції належності для вартості перевезення

в) ризики (рис.3.11):

```
> plot(x, low_risk, type = "l", col = "blue", ylim = c(0, 1), lwd = 2, main = "Функції належності для ризиків", xlab = "Рівень ризику", ylab = "Належність")
> lines(x, medium_risk, col = "green", lwd = 2)
> lines(x, high_risk, col = "red", lwd = 2)
```

```
> legend("topright", legend = c("Низький", "Середній", "Високий"), col = c("blue", "green", "red"), lty = 1, lwd = 2)
```

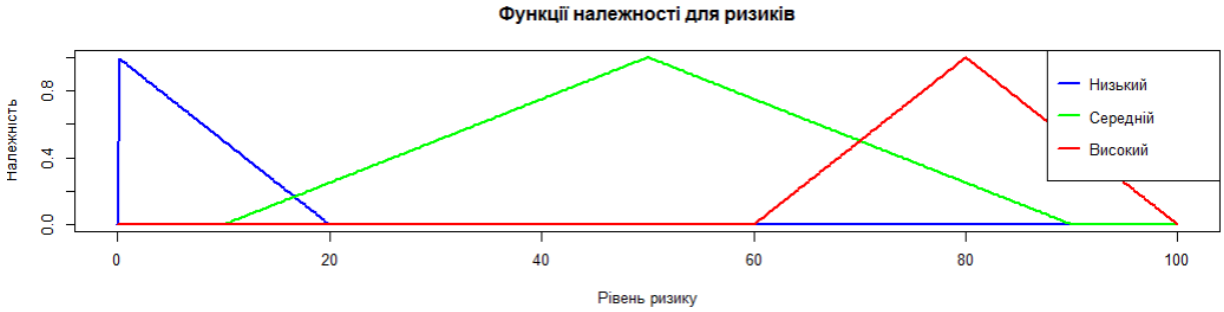


Рисунок 3.11 – Функції належності для ризиків

Графіки показують, як кожен параметр (час доставки, вартість, ризики) змінюється в залежності від значення X.

Другим етапом є визначення правил для визначення оцінки маршруту для подальшої агрегації. Візьмемо їх з табл.3.1. Кожне правило створене на основі трьох параметрів: часу, вартості та ризику.

Всі правила, у мові R, використовують функцію min() для комбінування належностей, оскільки всі умови мають бути виконані одночасно:

```
> rule_1 <- min(short_time, low_cost, low_risk)
> rule_2 <- min(short_time, low_cost, medium_risk)
> rule_3 <- min(short_time, low_cost, high_risk)
> rule_4 <- min(short_time, medium_cost, low_risk)
> rule_5 <- min(short_time, medium_cost, medium_risk)
> rule_6 <- min(short_time, medium_cost, high_risk)
> rule_7 <- min(short_time, high_cost, low_risk)
> rule_8 <- min(short_time, high_cost, medium_risk)
> rule_9 <- min(short_time, high_cost, high_risk)
> rule_10 <- min(medium_time, low_cost, low_risk)
> rule_11 <- min(medium_time, low_cost, medium_risk)
> rule_12 <- min(medium_time, low_cost, high_risk)
> rule_13 <- min(medium_time, medium_cost, low_risk)
```

```
> rule_14 <- min(medium_time, medium_cost, medium_risk)
> rule_15 <- min(medium_time, medium_cost, high_risk)
> rule_16 <- min(medium_time, high_cost, low_risk)
> rule_17 <- min(medium_time, high_cost, medium_risk)
> rule_18 <- min(medium_time, high_cost, high_risk)
> rule_19 <- min(long_time, low_cost, low_risk)
> rule_20 <- min(long_time, low_cost, medium_risk)
> rule_21 <- min(long_time, low_cost, high_risk)
> rule_22 <- min(long_time, medium_cost, low_risk)
> rule_23 <- min(long_time, medium_cost, medium_risk)
> rule_24 <- min(long_time, medium_cost, high_risk)
> rule_25 <- min(long_time, high_cost, low_risk)
> rule_26 <- min(long_time, high_cost, medium_risk)
> rule_27 <- min(long_time, high_cost, high_risk
```

Цей набір правил є основою для оцінки маршруту на основі нечіткої логіки, де кожна з комбінацій параметрів призводить до відповідного рішення щодо якості маршруту.

Наступним етапом є агрегація правил, що в в нечітких системах означає об'єднання результатів з усіх правил, щоб отримати єдину оцінку для маршруту. У цьому випадку ми можемо використовувати агрегацію за допомогою методу максимізації – max(), оскільки він дозволяє вибрати найкращий результат серед усіх можливих.

Тому визначимо, які з правил визначають добрий маршрут(good_route), середній маршрут(medium_route) та поганий маршрут(bad_route):

```
> good_route <- max(rule_1, rule_4, rule_10, rule_13, rule_19, rule_22)
> medium_route <- max(rule_2, rule_5, rule_11, rule_14, rule_16, rule_20, rule_23, rule_26)
```

```
> bad_route <- max(rule_3, rule_6, rule_9, rule_12, rule_15, rule_17, rule_18, rule_21, rule_24, rule_25, rule_27)
```

На основі визначених маршрутів будуємо графік (рис.3.12), який відображає, як змінюється категорія маршруту в залежності від значення X. Це дозволяє наочно побачити, де маршрут є добрим, середнім або поганим.

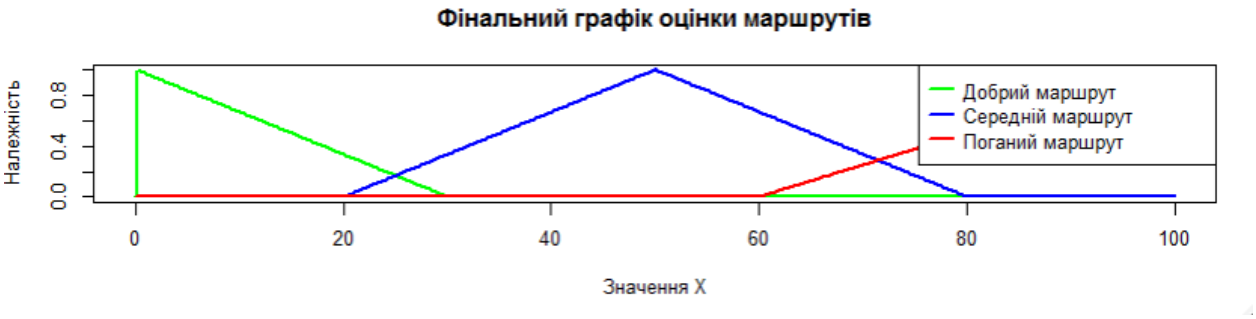


Рисунок 3.12 – Фінальний графік оцінки маршрутів

Проводимо фазифікацію даних за вхідними параметрами:

```
> inputs <- set(time = 25, cost = 40, risk = 30)
```

Для кожного маршруту отримуємо окремі вектори, що містять належність для кожного значення X.

```
> final_route <- ifelse(good_route >= medium_route & good_route >= bad_route, "Good",ifelse(medium_route >= bad_route, "Medium", "Bad"))
> final_route
 [1] "Good"
```

Це означає, що на основі заданих вхідних даних (час 45 хв, вартість 25 одиниць, ризик 29 балів) маршрут був віднесений до категорії «Good» (добрий маршрут). що належність до категорії «Good» була найбільшою серед інших категорій. У нашому випадку це означає, що для заданих значень час, вартість і ризик оптимально поєднуються і відповідають правилам, що визначають добрий маршрут (середній час, низька вартість і низький ризик).

ВИСНОВКИ

Отже, у процесі виконання роботи проведено комплексне дослідження, спрямоване на вивчення поведінкових аспектів економічних агентів у сфері транспортної логістики та розробку моделей для обґрунтування вибору оптимальних рішень.

В роботі здійснено аналіз ролі транспортної логістики в економіці України. Встановлено, що ця галузь є ключовою для інтеграції внутрішнього ринку, розвитку зовнішньої торгівлі та забезпечення конкурентоспроможності економіки. Проте, результати дослідження виявили низку викликів, серед яких: високі витрати, зношеність інфраструктури та потреба в модернізації. Ці аспекти роблять актуальним використання сучасних технологій для підвищення ефективності транспортних перевезень.

Ознайомлення з теорією поведінкової економіки дало змогу виявити особливості процесів прийняття рішень економічними агентами з урахуванням психологічних, емоційних та соціальних факторів, а також зумовили необхідність врахування поведінкових аспектів при постановці та розв’язанні задач транспортної логістики (вибіру маршрутів, оцінці ризиків, оптимізації витрат тощо).

Для вибору засобів моделювання, які можуть бути застосовані для врахування поведінкових аспектів в задачах прийняття рішень у транспортній логістиці, здійснено огляд інструментів Data Science та штучного інтелекту. Виявлено, що ці технології забезпечують обробку великих обсягів даних, прогнозування та моделювання складних залежностей. Зокрема, аппарат нечіткої логіки може бути застосованим при обґрунтованні рішень, які саме враховують поведінкові особливості – якісні експертні оцінки, схильність або несхильність до ризиків тощо – економічних агентів.

Для формалізації поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики» було розроблено семантичну модель, яка відображає взаємозв’язки між елементами системи транспортної логістики, їх основними

параметрами (час, вартість, ризики перевезень тощо). Побудована модель має теоретиччне значення: забезпечує більш повне розуміння сутності процесів в сфері транспортної логістики, локалізацію точок (джерел, відношень) виникнення поведінкових аспектів у економічних агентів та необхідність їх врахування.

Науковим результатом дослідження стала розробка нечіткої моделі для обґрунтування вибору маршруту перевезень вантажів. Використання нечіткої логіки дозволило врахувати невизначеність та суб'єктивність поведінкових факторів, зокрема оцінку часу, вартості та ризиків. Модель дає змогу вдосконалити процес прийняття рішень, забезпечує його адаптивність і гнучкість, що робить її ефективним інструментом для підвищення ефективності прийнятих рішень в умовах нестабільного середовища.

Загалом, результати дослідження підтвердили важливість використання методів поведінкової економіки, Data Science, ШІ та нечіткої логіки для підвищення ефективності транспортної логістики. Запропоновані моделі мають практичну цінність і можуть бути інтегровані в існуючі у галузі логістики інформаційні системи для вдосконалення організації перевезень, сприяючи оптимізації витрат, підвищенню швидкості перевезень та зменшенню ризиків.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Каличева Н.Є. Роль транспорту у забезпеченні ефективності функціонування маркетингово-товарно-логістичної схеми підприємства. *Вісник економіки транспорту і промисловості*, 2016. Вип. 56. С. 93–96.

2. Устенко М.О. Актуальність формування транспортно-логістичних систем в умовах євроінтеграції. *Вісник економіки транспорту і промисловості*, 2015. Вип. 49. С. 207–210.

3. Монохонова А.М. Перспективи транспортно-логістичного комплексу в економіці Харківського регіону. *Соціальна економіка*, 2016. Вип. 1. С. 162–167.

4. Тридід О.М. Логістика: навч. посіб. К.: Знання, 2008. 566 с.

5. Маловичко А.С. Інтеграція України до транспортно-логістичної системи Європейського Союзу. *Причорноморські економічні студії*, 2016. Вип. 7. С. 55–58.

6. Сорока, В., Максишко, Н., Баштанник, О. Семантична модель поняття «поведінка економічних агентів у сфері транспортної логістики». *Фінансові стратегії інноваційного розвитку економіки*, 2024. (3 (63), с. 32-40. URL : https://doi.org/10.26661/2414-0287-2024-3-63-05.

7. Стоколяс В.С. Ефективність транспортної логістики як складової логістичної системи. *Ефективна економіка*, 2014. № 7.

8. Сорока В. Аналіз тенденцій розвитку транспортних перевезень вантажів в Україні. *Молода наука* -2024. Том 2. С. 283-284.

9. Горбенко О. В. Логістика. Київ: Знання, 2014. 315 с.

10. Гнедіна К., Нагорний П. Логістичні операції: сутність та класифікація. Grail of Science, 2024. Вип. 38. С. 59–61. URL: https://doi.org/10.36074/grail-of-science.12.04.2024.007)

11. Воробець Є. Теоретичні основи та сутність логістичних операцій. *Економіка та суспільство*, 2023. Вип. 55. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-81

12. Сухорукова Т.Г., Назаренко І. Л. Характеристика класифікаційних ознак транспортної логістики. Вісник економіки транспорту і промисловості, 2014. № 47. С. 51-57.

13. Дахно І.І. Економіка: навч. посіб. 2-ге вид., випр. І допов. Київ: МАУП, 2006. 248 с: URL: Https://buklib.net/books/21982/

14. Бережняк І.А., Дорощук В.О. Основні аспекти, завдання та виклики транспортної логістики в Україні. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 16-18 квітня 2024 р. С.41-43.

15. Розвиток транспорту і логістики в Україні. URL: https://blog.youcontrol.market/rozvitok-transportu-i-loghistiki-v-ukrayini/ (дата звернення 03.09.2024)

16. Офіційна статистика. Огляд суспільства. Основні показники. Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua

17. Гусєв Ю., Циганок О., Вечір К., Біроваш М. Галузеві тренди. Стан логістичної галузі в Україні: тренди та особливості. 2024. URL: https://hub.kyivstar.ua/articles/galuzevi-trendi-stan-logistichnoyi-galuzi-v-ukrayini-trendi-ta-osoblivosti

18. Баранов. В. В. Роль поведінкової економіки в розумінні прийняття економічних рішень. *Академічні візії*, (28). 22 лютого 2024. URL: https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/921

19. Кривий В. І. Передумови виникнення поведінкової економіки. Науковий вісник Херсонського державного університету. Економічні науки. Херсон, 2016. Вип.18. С.12–16.

20. Галушко З.І. Місце економічної теорії в системі поведінкових наук. Вісник Одеського національного університету. Економіка, 2015. Т.20, вип.4. С.13–16.

21. Михненко А. М., Грущинська Н. М., Нестеряк Ю. В. , Жовнірчик Я. Ф., Дейнега І. І., Приходько В. П., Ніжніков М. Л. , Макаренко Е. М.,

Поліщук О. В., Чібісова І. В. Публічне управління та національна безпека : монографія. Київ: НАУ, 2019. 340 с.

22. Вегера С.А. Поведінкова економіка – особлива галузь економічної теорії. *Актуальні проблеми економіки,* 2004. No 2. С.4–16.

23. Компанієць В. В., Полякова О. М. Економічна психологія: Конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2021. Ч. 4. 90 с.

24. Турлакова С. С. Концептуальні положення управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту. *Економіка та підприємництво,* 2022. №49. С. 40–54. URL: https://kneu.edu.ua/ua/periodic/ekon_pidpr/arhivn/arhivn_vipusk_49/

25. Турлакова С. С. Моделювання поведінки економічних агентів у цифровому просторі. XVII Міжнародна науково-практична конференція «Моделювання та прогнозування економічних процесів», 2023. Том 1. С. 131-134. URL: https://mpeproc.fmm.kpi.ua/issue/view/17690

26. Марчишин Н. Роль поведінкової економіки в системі економічних наук. *Вісник економіки,* 2023. Вип. 3. С. 182–197. DOI: https://doi.org/10.35774/visnyk2023.03.182

27. Поведінкові фінанси: навчальні ресурси СумДУ. URL: https://elearning.sumdu.edu.ua (дата звернення 20.11.2024)

28. Tversky A., Kahneman D. Judgment under Uncertainty: Heursitics and Biases. *Judgment of and by representativeness.* New York: Cambridge university press, 1982.

29. Kahneman D., Tversky A. Subjective Probability: a Judgment of Representativeness. *Cognitive psychology,* 1972, vol. 3, p. 430–454

30. Саймон Г.А. Теорія прийняття рішень в економічній теорії та в науці про поведінку . *Віхи економічної думки*; під ред. Ст. М. Гальперіна, С.М. Ігнатьєва, В.І. Моргунова, 1т: Економічна школа, 1999. С. 253-283.

31. Маляр М.М. Моделі і методи багатокритеріального обмежено-раціонального вибору : монографія. Ужгород: РА “АУТДОР-ШАРК”, 2016. 222 с.

32. Simon H.A. Rationality as Process and 273 as Product of Thought. *American Economic Review,* 1978. Vol.68, №2. P.1–16.

33. Андрієвська Є.В. Затвердження основних принципів поведінкової економіки. Збірник наукових праць Одеського національного економічного університету, 2021. №11-12 (288-289), с.110-115

34. Thaler R. Mental Accounting and Consumer Choice. *Marketing Science,* Vol. 3., 1985. P. 199–214.

35. Thaler R. Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness. Yale University Press, New Haven, 2008. № 4. P. 293.

36. Сочинська-Сибірцева І. М. Поведінкові аспекти управлінських рішень. Наука, освіта, суспільство: реалії, виклики, перспективи, 2019. С. 146-148.

37. Івашук Ю. Внесок Річарда Талера в розвиток поведінкової економіки. Вісник Тернопільського національного економічного університету, 2019 р. № 2. С. 155 – 162.

38. Camerer, Colin F. Artificial intelligence and behavioral economics. The economics of artificial intelligence: An agenda, 2019. P. 587-608.

39. Kleinberg, J., A. Liang, and S. Mullainathan. “The Theory is Predictive, But Is It Complete? An Application to Human Perception of Randomness.” Unpublished manuscript, 2015.

40. Roth, A. E. Bargaining Experiments. In Handbook of Experimentalics, NJ: Princeton University Press, 1995. P. 253– 348.

41. Camerer, C. F., T.-H. Ho, and J.-K. Chong. “A Cognitive Hierarchy Model of Games.” Quarterly Journal of Economics, 2004. 119 (3). P. 61– 98.

42. Camerer, C., E. Johnson, T. Rymon, and S. Sen.. “Cognition and Framing in Sequential Bargaining for Gains and Losses. Cambridge, MA: MIT Press, 1994. 20 p.

43. Johnson, E. J., C. F. Camerer, S. Sen, and T. Rymon. “Detecting Failures of Backward Induction: Monitoring Information Search in Sequential Bargaining.” Journal of Economic Theory, 2002. 104 (1). P. 16– 47.

44. Kahneman, D., J. L. Knetsch, and R. Thaler. “Fairness as a Constraint on Profi t Seeking: Entitlements in the Market.” American Economic Review, 1986. 41 p.

45. Бідюк П. І., Тимощук О. Л., Коваленко А. Є., Коршевнюк Л. О. Системи і методи підтримки прийняття рішень. *Підручник*. 2022. с. 20-56.

46. Мушникова, С. А. Система підтримки прийняття рішень з конфігурування алгоритмів генерування управлінських впливів на безпеку розвитку промислового підприємства decision support system for configuration of algorithms for generating management influences. Системного підходу в економіці, 2020. с.186.

47. Simon H.A. The New Science of Management Decision / Simon H.A. – New York: Harper and Row. 1960. 516 p.

48. Гарматій Н. М. Застосування сучасних інформаційних систем для підтримки управлінських рішень. Галицький економічний вісник, 2013. №1(40). С.159-164

49. Все про Data Science: поняття, етапи роботи з даними, застосування. URL: https://university.sigma.software/what-is-data-science/ (дата звернення 24.11.2024)

50. Data science: що це за галузь та з чим працює. URL: https://speka.media/data-science-shho-ce-za-galuz-ta-z-cim-pracuje-p1yodp (дата звернення 25.11.2024)

51. Савченко, А.С., & Синельніков, О.О. Методи та системи штучного інтелекту. Київ: НАУ: 2017. URL: https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/40676/1/Методи%20та%20системи%20штучного%20інтелекту%20_Навч_посібн.pd

52. Шарун Д. А. Методи штучного інтелекту в системах прийняття рішень і управління: зб. матеріалів 27-го Міжнар. молодіжн. форуму. Харків: ХНУРЕ, 2023 – С. 192–193.

53. Бідюк, П.І., Тимощук, О.Л., Коваленко, А.Є., & Коршевнюк, Л.О. Системи і методи підтримки прийняття рішень.. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського,

2022. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48418/1/Systemy_i_metody_pidtrymky_pryiniattia_rishen.pdf

54. Прейзнер Є. Е., Яшина О. М. Методи штучного інтелекту в сфері охорони здоров'я. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2020. № 1. С. 84–87.

55. Добровольська О. В., Штанько В. І. Філософський аналіз еволюції штучного інтелекту. Дослідження з історії і філософії науки і техніки, 2019. Т. 28, № 1. С. 10–19.

56. Слободянюк А. Аналіз впливу штучного інтелекту на економічну діяльність, 2020. С. 7-24

57. Кальченко Ю.О. Транспортна логістика в Україні у воєнний час. Наукові дослідження молоді з проблем європейської інтеграції: збірн. тез допов. *XI Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. Квітень 2022 року.* Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 139. URL: http://kbi.karazin.ua/wp-content/uploads/2023/06/Zbirnik_naukovi_dosl_molodi.pdf#page=139

58. Горбенко О. В. Логістика. Київ: Знання, 2014. 315 с.

59. Гнедіна К., Нагорний П. Логістичні операції: сутність та класифікація. Grail of Science, 2024. Вип. 38. С. 59–61. URL: https://doi.org/10.36074/grail-of-science.12.04.2024.007

60. Казанська О.О., Геращенков А.С. Інформаційне забезпечення розвитку логістичної інфраструктури національної економіки. Економічні науки. Серія «Економіка та менеджмент»: Зб. наук. праць. Луцький національний технічний університет, 2010. Вип. 7 (26), Ч. 4. С. 156 -171.

61. Shahinmoghadam M. and. Motamedi A. Review of BIM-centered IoT deployment: State of the Art Opportunities and Challenges. *Proceedings of 36th ISARC, Banff, Canada,* 2019. 1268-1275. URL : https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0170

62. Munakata, T. and Jani, Y. 'Fuzzy systems: an overview', Communications of the ACM, 1994.

URL: https://link.gale.com/apps/doc/A15061345/AONE?u=anon~7dcf6ae6&sid=googleScholar&xid=781a5ca2 (дата звернення 29.11.2024)

63. Toichkin N. and Bogatikov V., “Creation of a software interface to support the solution of research problems in the field of soft computing using the Phyton Scikit-fuzzy library,” Soft Measurements and Computing, 2021. Vol. 43, no. 6. Pp. 61–80.

64. Pankevych O. D., Shtovba S. D. Diahnostuvannia trishchyn budivelnykh konstruktsii za dopomohoiu nechitkykh baz znan : monohr. Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia, 2005. P. 108.

65. Мірута М.Ю. Нечітка система виявлення аварійних ситуацій системи «розумного будинку». PhD Thesis. Тернопіль, ЗУНУ, 2023. С. 26-28.

66. Задрикін А.О. Розробка нечіткої системи передбачення витрат палива автомобіля на основі даних про стиль водіння та параметри дороги. Харків: ХНУР. 2024. с. 35.

67. Офіційний вебсайт проекту R. URL: https://www.r-project.org (дата звернення 20.10.2024)

Декларація академічної доброчесності
здобувача вищої освіти ЗНУ

Я, *Сорока Вікторія Володимирівна*, студентка *другого* курсу,
форми навчання *денна* , факультету *економічного*,
спеціальності *051 Економіка*,
адреса електронної пошти vikulyasoroka958@gmail.com :

- підтверджую, що написана мною кваліфікаційна робота на тему *«Моделювання поведінки економічних агентів у сфері транспортної логістики»* відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений/ознайомлена;
- заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;
- згодна на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям *академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою* Інтернет-системи, а також на архівування роботи в базі даних цієї системи.

Дата_____Підпис_____ ПІБ (студент) _____*Сорока В.В.*

Дата__ ____Підпис_____ ПІБ (наук. керівник) *Максишко Н.К.*