МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНА КІБЕРНЕТИКА

Кваліфікаційна робота

магістра

на тему МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ НА МІЖНАРОДНІ ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 8-0513-ек
спеціальності 051 економіка
освітньої програми економічна кібернетика
Касьяненко Владислав Євгенович
Керівник доцент, к.е.н., доцент Лось В.О.
Рецензент доцент, к.е.н., доцент Очеретін Д.В.

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет економічний
Кафедра економічна кібернетика
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 051 економіка
Освітня програма економічна кібернетика
Спеціалізація

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____
(підпис)
«____»_____20_____ року

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

Касьяненко Владислав Євгенович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту): Моделювання впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси
керівник роботи – Лось Віта Олексіївна, к.е.н., доцент
затверджені наказом ЗНУ від «29» грудня 2024 року №2252-с
2. Строк подання студентом роботи: 02 грудня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: постановка мети та завдання, знаходження інформаційних джерел за темою роботи та статистичних даних
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): дослідити сутність, принципи та фактори міжнародної логістики; проаналізувати методи оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси; проаналізувати позицію України на світовому логістичному ринку; розробити модель впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси на основі нечіткої логіки; розробити рекомендацій щодо вдосконалення міжнародних логістичних процесів.
5. Перелік графічного матеріалу: у роботі наведено 32 рисунків, 6 таблиць, розроблено презентацію основних результатів кваліфікаційної роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Доцент, к.е.н Лось Віта Олексіївна		
2	Доцент, к.е.н Лось Віта Олексіївна		
3	Доцент, к.е.н Лось Віта Олексіївна		

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 отриманих результатів, 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 _____ Касьяненко В.Є.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Лось В.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Макаренко О.І.
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить три розділи, 106 с., 32 рис., 12 табл., 37 джерел.

Об’єкт дослідження – міжнародні логістичні процеси.

Предмет дослідження – моделі та методи оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси.

Методи дослідження – економіко-математичного аналізу, теорії і методології системного аналізу, теорії нечіткої логіки, аналізу і синтезу.

У роботі було проаналізовано сутність міжнародної логістики, її принципи, моделі, а також проведено аналіз ключових факторів, які впливають на її функціонування, включно з сучасними викликами та перспективами. Детально розглянуто трансформації, що відбуваються у міжнародній логістиці під впливом цифрових технологій, таких як штучний інтелект, блокчейн, Інтернет речей (IoT) та автоматизація. Було вивчено та проаналізовано методи та моделі оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси, з акцентом на їх адаптивність до змінних умов глобальної економіки. Особлива увага приділена застосуванню нечіткої логіки для врахування невизначеності, багатофакторності та ризиків у логістичних системах. Здійснено аналіз позиції України на міжнародному логістичному ринку, зокрема визначено її конкурентні переваги, виклики та можливості розвитку. На основі проведених досліджень розроблено модель впливу технологічного розвитку на логістичні процеси з використанням методів нечіткої логіки. Запропонована модель спрямована на оптимізацію управління ресурсами, зниження витрат і підвищення ефективності ланцюгів постачання. Також сформульовано практичні рекомендації щодо вдосконалення міжнародних логістичних процесів в умовах цифровізації та інноваційного розвитку, що можуть бути використані для розробки стратегій розвитку галузі як на національному, так і на міжнародному рівні

ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК, МОДЕЛЬ, ФАКТОРИ ВПЛИВУ, ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

SUMMARY

The master's thesis contains three sections, 106 pages, 32 figures, 6 tables, 37 sources.

The object of research is international logistics processes.

The subject of the study is models and methods for assessing the impact of technological development on international logistics processes.

The study analyzes the essence of international logistics, its principles, and models, as well as the key factors influencing its functioning, including current challenges and opportunities. The transformations occurring in international logistics under the influence of digital technologies, such as artificial intelligence, blockchain, the Internet of Things (IoT), and automation, are explored in detail. The methods and models for assessing the impact of technological development on international logistics processes are studied and analyzed, emphasizing their adaptability to the dynamic conditions of the global economy.

Special attention is given to the application of fuzzy logic to account for uncertainties, multifactorial influences, and risks in logistics systems. An analysis of Ukraine's position in the international logistics market was conducted, identifying its competitive advantages, challenges, and growth opportunities. Based on the research, a model of the impact of technological development on logistics processes was developed using fuzzy logic methods. The proposed model aims to optimize resource management, reduce costs, and enhance the efficiency of supply chains.

Practical recommendations for improving international logistics processes in the context of digitalization and innovative development have also been formulated. These recommendations can be used to design development strategies for the industry at both national and international levels.

LOGISTICS PROCESSES, TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT, MODEL, INFLUENCING FACTORS, DIGITAL TECHNOLOGIES

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
РЕФЕРАТ
SUMMARY
ВСТУП…… 7
РОЗДІЛ 1 СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ……. 9
1.1 Сутність та принципи міжнародної логістики……. 9
1.2 Класифікація та характеристика моделей міжнародних логістичних процесів……. 19
1.3 Аналіз факторів впливу на міжнародні логістичні процеси: виклики та перспективи…… 28
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ НА МІЖНАРОДНІ ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ……. 46
2.1 Методи оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси…….. 46
2.2 Застосування нечіткої логіки у моделюванні логістичних процесів… 59
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ НА МІЖНАРОДНІ ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ…….. 69
3.1 Міжнародна логістика: позиція України на світовому ринку……. 69
3.2 Моделювання впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси на основі нечіткої логіки…….. 78
3.3 Розробка рекомендацій щодо вдосконалення міжнародних логістичних процесів в умовах технологічного розвитку……..... 97
ВИСНОВКИ…… 108
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ…… 111

ВСТУП

Сучасний світ знаходиться в епіцентрі четвертої промислової революції, яка формує нові правила гри для всіх секторів економіки. Однією з найбільш динамічних галузей, що зазнає суттєвих змін під впливом технологічного прогресу, є міжнародна логістика. Цифровізація, автоматизація, розвиток штучного інтелекту, блокчейн, Інтернет речей та інші інноваційні технології трансформують логістичні процеси, роблячи їх більш ефективними, гнучкими та екологічно сталими. Розвиток технологій дозволяє забезпечувати прозорість ланцюгів постачання, прогнозувати ризики, оптимізувати маршрути, знижувати витрати та покращувати взаємодію між усіма учасниками логістичного процесу. Проте, водночас він створює нові виклики, пов'язані з кібербезпекою, етичними питаннями та інтеграцією нових систем у вже існуючу інфраструктуру.

Моделювання впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси є важливим інструментом для аналізу можливих сценаріїв, оцінки їхніх наслідків та розробки стратегій адаптації. Дослідження цієї теми дає змогу виявити, як сучасні інновації змінюють структуру і функціонування міжнародної логістики, а також сприяти ухваленню обґрунтованих управлінських рішень.

Теоретичні па практичні аспекти впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси розглянемо у роботах зарубіжних та вітчизняних вчених, серед яких Авраменко О., Бауерсокс Д., Крикавський Є., Неруш Ю., Окландер М., Чухрай Н. та ін. Проте, незважаючи на значущість наукових розробок зазначених вчених, потребують опрацювання питання, що пов’язані з дослідженням впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси.

Мета роботи – моделювання впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси з використанням теорії нечіткої логіки.

Для досягнення мети поставлено та вирішено наступні завдання:

– дослідити сутність, принципи та фактори міжнародної логістики;

– проаналізувати методи оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси;

– проаналізувати позицію України на світовому логістичному ринку;

– розробити модель оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси на основі нечіткої логіки;

– надати рекомендацій щодо вдосконалення міжнародних логістичних процесів на базі розробленої моделі.

Об’єктом дослідження є міжнародні логістичні процеси.

Предметом дослідження є моделі та методи оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси.

Методи дослідження – статистичні методи аналізу, методи системного аналізу, теорії нечіткої логіки, аналізу і синтезу.

Наукова і практична новизна кваліфікаційної роботи полягає у розробці моделі впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси на основі нечіткої логіки, яка дозволяє враховувати невизначеність і багатофакторність впливу сучасних технологій, рівень автоматизації (RA), інформаційні технології (IT), екологічні технології (ET) і розвиток транспортної інфраструктури (TI). Запропонована модель сприяє вдосконаленню процесів прийняття рішень у сфері міжнародної логістики шляхом врахування складних взаємозв’язків між основними технологічними факторами, оптимізації витрат ресурсів і підвищення рівня екологічності логістичних операцій.

Результати дослідження апробовано на XIX Міжнародній науково-практичній конференції «Виклики та перспективи розвитку нової економіки на світовому, державному та регіональному рівнях» (2024 р.) м. Запоріжжя, Україна.

РОЗДІЛ 1
СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1 Сутність та принципи міжнародної логістики

Міжнародна логістика відіграє ключову роль у світовій торгівлі. Оскільки бізнес стає все більш глобалізованим, розуміння ключових елементів міжнародної логістики допомагає досягти ефективного потоку товарів і послуг у всьому світі. Компанії, які розширюють свою присутність за межі своїх кордонів і успішно керують міжнародною логістикою, можуть зменшити витрати, скоротити терміни виконання та мінімізувати ризики, а також дотримуватись законодавчих і митних вимог кожної країни.

Міжнародна логістика стосується управління процесами та діяльністю, пов’язаною з переміщенням товарів, послуг та інформації через кордони. Його мета полягає в тому, щоб забезпечити ефективний потік ланцюга постачання від точки походження до кінцевого призначення, враховуючи такі аспекти, як митні процедури та правові норми, транспортування та зберігання, серед іншого.

У бізнесі міжнародна логістика – це дослідження, планування та реалізація того, як бізнес переміщує фізичні товари та матеріали від постачальника до клієнта таким чином, що передбачає перетин принаймні одного міжнародного кордону. Він також включає міжнародний рух грошей та інформації. Іншими словами, це просто бізнес-логістика, яка охоплює дві чи більше країни [1].

Тож, міжнародна логістика охоплює такі види діяльності, як планування та оптимізація маршрутів і способів транспортування, контроль за переміщенням і зберіганням товарів, послуг та інформації через національні кордони для задоволення вимог споживачів, обробка імпортних та експортних документів, а також управління митними процедурами. Це

складний процес, що включає кілька етапів і взаємодій між різними учасниками логістичного ланцюга. Основні компоненти міжнародної логістики наведено на рис. 1.1.

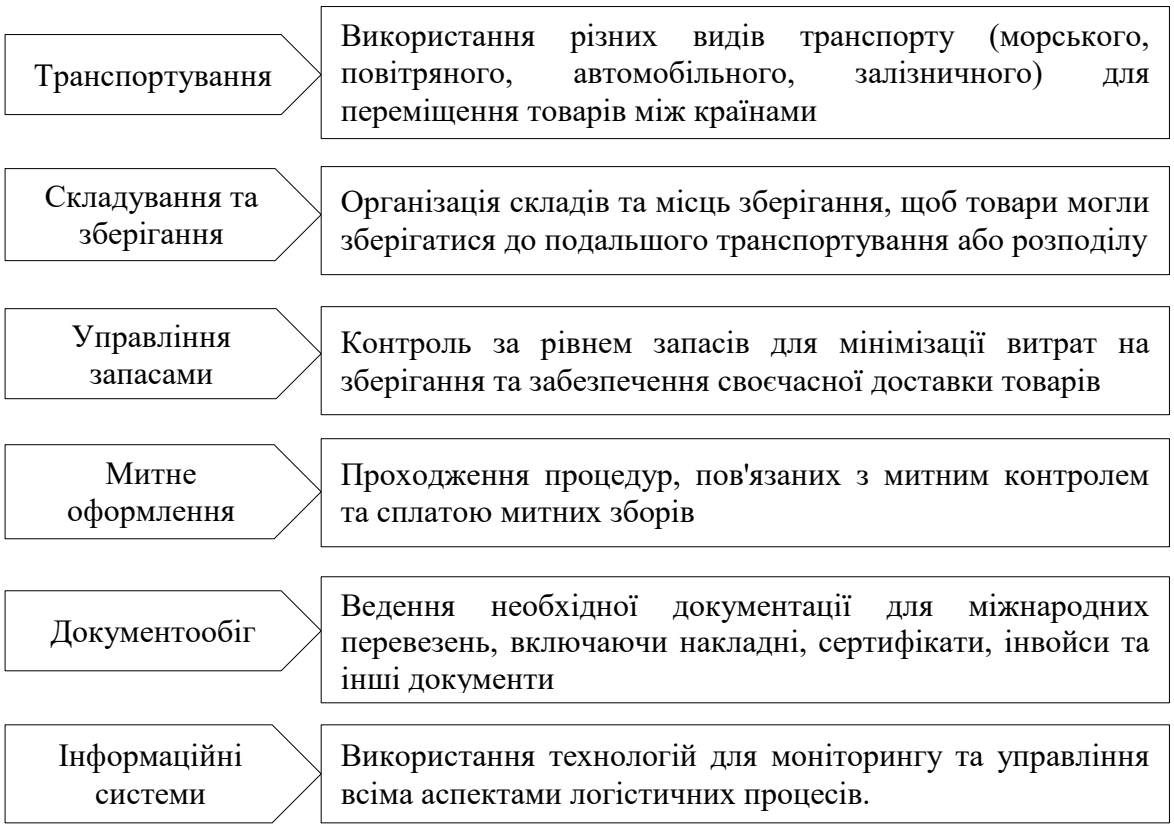


Рисунок 1.1 – Компоненти міжнародної логістики

Тож, сутність міжнародної логістики полягає в управлінні потоками товарів, послуг, інформації та інших ресурсів, пов'язаних з міжнародною торгівлею та економічною співпрацею. Її головними завданнями є:

– оптимізація маршрутів і способів перевезення вантажів з урахуванням їх вартості, часу та безпеки;

– управління запасами на складах і в логістичних центрах, розташованих у різних країнах;

– організація митного оформлення вантажів та інших необхідних формальностей;

– інформаційне забезпечення учасників міжнародної логістики, включаючи відстеження вантажів, обмін даними та електронну комерцію;

– управління ризиками, пов'язаними з міжнародною торгівлею, такими як зміни курсу валют, політичні події та форс-мажорні обставини.

Принципи міжнародної логістики включають основні правила та підходи, що забезпечують ефективне управління логістичними процесами на глобальному рівні, дозволяючи оптимізувати витрати, мінімізувати ризики та забезпечити своєчасну доставку товарів у будь-яку точку світу. На рис. 1.2 наведено основні принципи міжнародної логістики [2].



Рисунок 1.2 – Принципи міжнародної логістики

Наведені на рис. 1.2 принципи сприяють ефективній організації міжнародних логістичних операцій, забезпечуючи конкурентоспроможність компаній на глобальному ринку.

Оптимізація транспортних витрат є одним з ключових принципів міжнародної логістики, який спрямований на зниження загальної вартості доставки товарів. Це досягається за рахунок раціонального використання транспортних ресурсів, вибору оптимальних маршрутів, засобів перевезення та логістичних схем. Зниження транспортних витрат дозволяє пропонувати більш конкурентоспроможні ціни на товари та послуги, позитивно впливає на збільшення прибутку компанії. А оптимізація логістичних процесів дозволяє забезпечити більш швидку та надійну доставку товарів.

Основними напрямки оптимізації транспортних витрат є [2]:

а) вибір оптимального виду транспорту:

1) морські перевезення – найбільш економічний варіант для великогабаритних та важких вантажів на великі відстані;

2) авіаперевезення – використовується для швидкої доставки цінних та негабаритних вантажів;

3) автомобільні перевезення – застосовується для доставки товарів на невеликі відстані або в труднодоступні райони;

4) залізничні перевезення – ефективний для великих партій товарів на середні та великі відстані;

5) мультимодальні перевезення – комбінація різних видів транспорту для забезпечення найбільш ефективної доставки;

б) оптимізація маршрутів:

1) використання програмного забезпечення – сучасні логістичні програми дозволяють розрахувати оптимальні маршрути з урахуванням різних факторів: відстань, час у дорозі, вартість палива, обмеження на рух;

2) консолідація вантажів – об'єднання невеликих партій товарів в одну для зменшення транспортних витрат;

3) прямі поставки – мінімізація кількості перевалок товарів для скорочення часу доставки та зменшення ризику пошкоджень;

в) управління запасами:

1) Just-in-time – мінімізація складських запасів за рахунок точної синхронізації виробництва і доставки;

2) використання систем прогнозування – забезпечення оптимального рівня запасів на складах;

г) контактування з транспортними компаніями:

1) тендери – проведення тендерів для вибору найбільш вигідних умов співпраці;

2) довгострокові контракти – закріплення стабільних цін на транспортні послуги;

д) використання сучасних технологій:

1) GPS-трекінг – відстеження руху транспортних засобів в режимі реального часу;

2) системи електронного документообігу – спрощення обміну інформацією між учасниками логістичного ланцюга;

е) митне оформлення:

1) оптимізація митних процедур – зменшення часу та витрат на митне оформлення;

2) використання електронної митниці – автоматизація митних процедур.

На оптимізацію транспортних витрат впливає дуже багато різноманітних факторів, такі як характеристика вантажу (габарити, вага, специфіка вимагають підбору відповідного виду транспорту та умов перевезення), географія доставки (відстань, кількість пунктів призначення, особливості інфраструктури), час доставки (терміни доставки впливають на вибір виду транспорту та маршруту), вартість палива (зміни цін на паливо безпосередньо впливають на транспортні витрати), політична ситуація (зміни митних тарифів, обмеження на перевезення можуть вплинути на вартість

доставки). Оптимізація транспортних витрат є складним і багатогранним процесом, який вимагає комплексного підходу та використання сучасних технологій.

Глобалізація є потужним рушієм розвитку міжнародної логістики. Вона сприяє інтеграції світової економіки, створюючи нові можливості для бізнесу, але водночас ставить перед логістикою складні завдання. Глобалізація в логістиці – це процес інтеграції логістичних систем різних країн, що призводить до створення глобальних ланцюгів постачання. Це означає, що товари виробляються в одній країні, обробляються в іншій, а споживаються в третій. Ключові аспекти глобалізації в логістиці наведено на рис. 1.3.

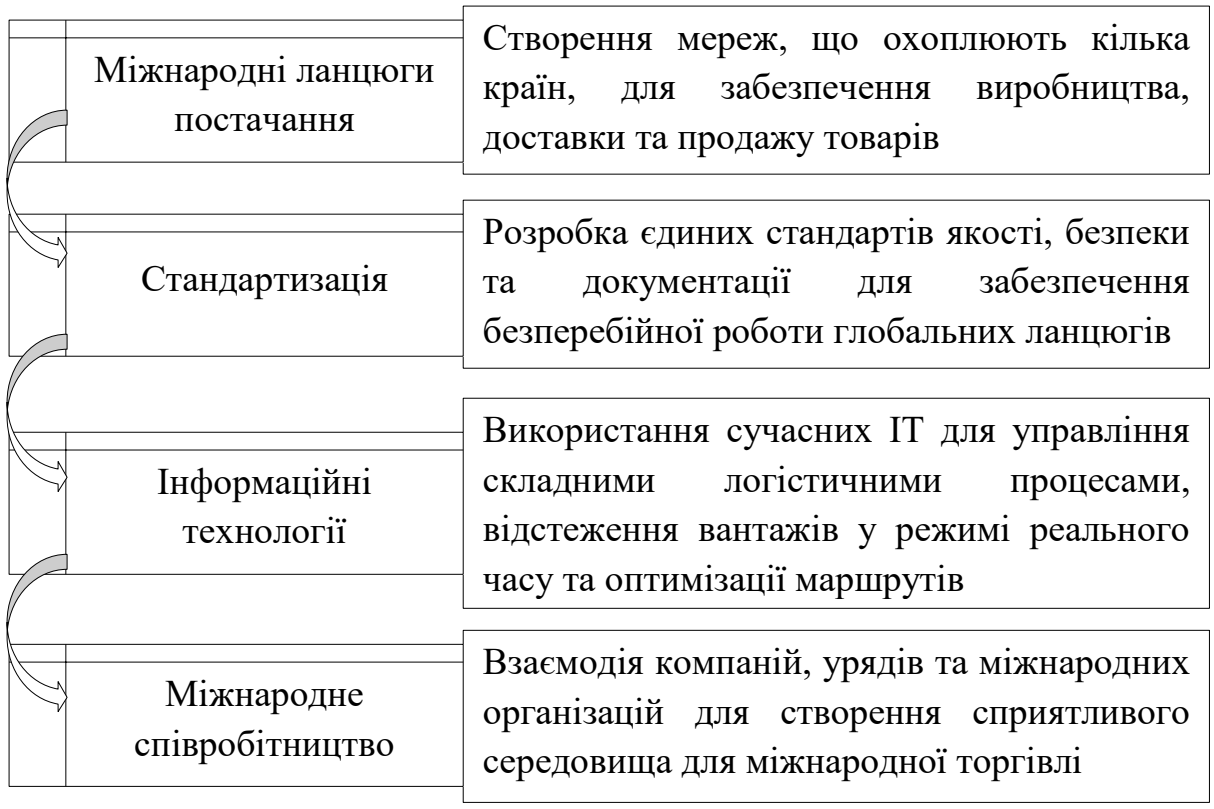


Рисунок 1.3 – Ключові аспекти глобалізації в логістиці [3]

Вплив глобалізації на міжнародну логістику має велике значення зокрема, збільшення обсягів міжнародної торгівлі (глобалізація стимулює зростання попиту на міжнародні перевезення), ускладнення логістичних процесів (збільшення кількості учасників ланцюгів постачання,

різноманітність регуляторних вимог у різних країнах ускладнюють управління логістичними операціями), посилення конкуренції (глобалізація приводить до посилення конкуренції між логістичними компаніями, що стимулює пошук нових рішень та технологій) та нові виклики (зміна кліматичних умов, геополітичні ризики, пандемії – все це створює нові виклики для міжнародної логістики).

Варто зазначити, що глобалізація надає ряд переваг для логістики такі як: економія на масштабі, адже великі обсяги перевезень дозволяють знизити вартість логістичних послуг, розширення ринків збуту, оптимізація виробництва (глобальні ланцюги постачання дозволяють розміщувати виробництво в країнах з найнижчими витратами), а також стимулює розвиток нових технологій та рішень у галузі логістики.

У свою чергу глобалізація ставить перед логістикою ряд викликів, а саме ризики пов’язані з політичною нестабільністю, природніми катаклізмами, пандеміями, що може призвести до перебоїв у поставках. Також різні митні правила та тарифи у різних країнах ускладнюють міжнародну торгівлю. Не менш важливим є розуміння культурних особливостей різних країн, що є запорукою для успішного ведення бізнесу.

Аналізуючи тенденції розвитку глобалізації в логістиці [3] видно, що останнім часом спостерігається зростання онлайн-продажів, широко використовуються роботи і автоматизовані системи для підвищення ефективності логістичних процесів, зростає значення даних, що дозволяє оптимізувати логістичні процеси та приймати більш обґрунтовані рішення.

Вплив цифрових технологій на міжнародну логістику полягає в значному підвищенні ефективності та прозорості логістичних операцій, що сприяє оптимізації ланцюгів постачання, зниженню витрат, покращенню відстежуваності вантажів у режимі реального часу та забезпеченню більш швидкого прийняття рішень за рахунок використання великих даних, штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та блокчейн-технологій (рис. 1.4) [4].

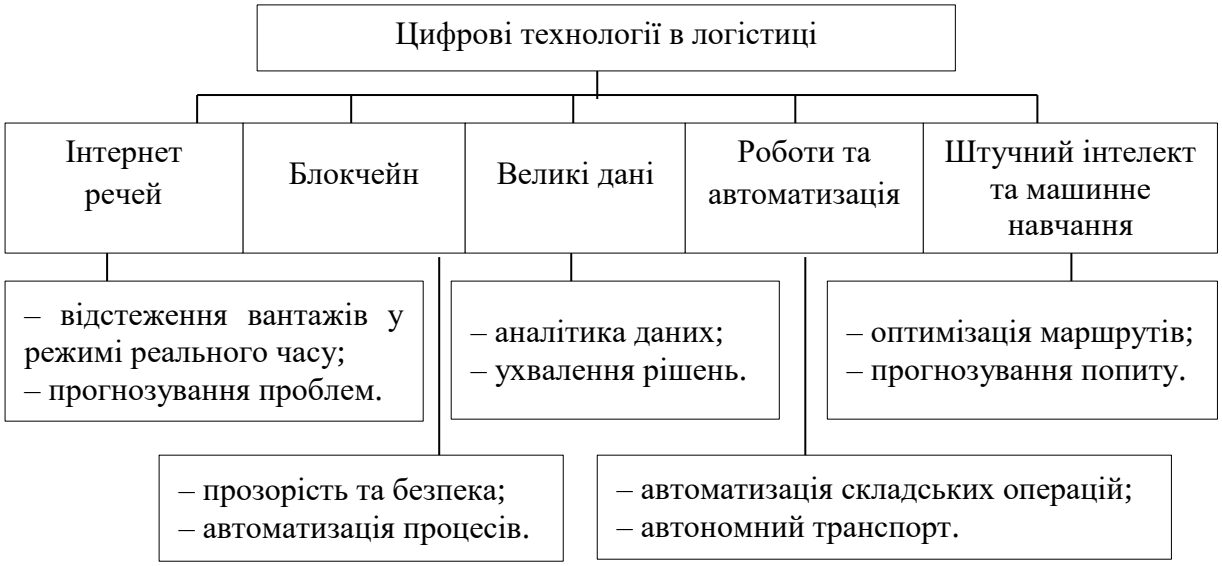


Рисунок 1.4 – Ключові цифрові технології та їх вплив на логістику

Технології Інтернет речей дозволяють відстежувати вантажі у режимі реального часу. Саме завдяки датчикам, встановленим на транспортних засобах і вантажах, можна відстежувати їхнє місцезнаходження, температуру, вологість та інші параметри. Аналіз даних з встановлених датчиків дозволяє передбачити можливі проблеми, такі як затримки, пошкодження вантажів, і вжити заходів для їх усунення.

Блокчейн-технологій забезпечують високий рівень безпеки та прозорості даних щодо переміщення товарів, що особливо важливо для дорогоцінних та чутливих вантажів. Також, блокчейн може автоматизувати багато ручних процесів, таких як митне оформлення та оплата [5].

Аналіз великих обсягів даних дозволяє виявляти закономірності, тренди та аномалії в логістичних процесах. А на основі аналізу даних можна приймати більш обґрунтовані рішення щодо оптимізації логістичних операцій.

Не менш важливими є роботи та автоматизація. Роботи можуть виконувати рутинні завдання на складах, такі як пакування, сортування та переміщення товарів. А безпілотні автомобілі та дрони можуть використовуватися для доставки невеликих вантажів.

За допомогою технологій штучного інтелекту можна аналізувати великі обсяги даних про дорожній рух, погодні умови та інші фактори для розробки оптимальних маршрутів. А також прогнозувати попит на товари, що дозволяє оптимізувати запаси та планувати перевезення [6].

Проаналізувавши існуючи цифрові технології в логістиці можемо сформувати переваги їх використання в міжнародній логістиці, такі як:

– збільшення ефективності: автоматизація процесів, оптимізація маршрутів, точне відстеження вантажів – все це призводить до підвищення ефективності логістичних операцій;

– зниження витрат: оптимізація ресурсів, скорочення часу доставки, зменшення кількості помилок – все це дозволяє знизити витрати на логістику;

– підвищення прозорості: блокчейн та інші технології забезпечують прозорість усіх етапів логістичного процесу;

– поліпшення обслуговування клієнтів: швидке відстеження замовлень, точне прогнозування термінів доставки, персоналізовані пропозиції – все це підвищує задоволеність клієнтів.

Але поряд з перевагами використання цифрові технології є також ряд викликів та ризиків, а саме:

– висока вартість впровадження: впровадження нових технологій потребує значних інвестицій;

– кібербезпека: збільшення кількості цифрових даних підвищує ризики кібератак;

– необхідність кваліфікованих кадрів: для ефективного використання цифрових технологій потрібні фахівці з відповідними навичками.

Цифрові технології революціонізують міжнародну логістику, відкриваючи нові можливості для оптимізації процесів, зниження витрат та підвищення якості обслуговування. Однак, для успішної цифрової трансформації логістичних компаній необхідно враховувати як переваги, так і ризики, пов’язані з використанням нових технологій.

Міжнародна логістика відіграє ключову роль у сучасній світовій економіці, забезпечуючи ефективний рух товарів і послуг через національні кордони. Успішне управління логістикою вимагає дотримання принципів глобалізації, інтеграції, оптимізації, гнучкості, використання інновацій, управління ризиками, екологічної відповідальності та орієнтації на клієнта.

Міжнародна логістика має кілька характеристик, які відрізняють її від логістики на національному рівні, а саме [2, 3]:

- кордони та торгові бар'єри – міжнародна логістика передбачає перетин міжнародних кордонів, що вимагає дотримання митних правил, вимог щодо імпорту та експорту та потенційних торговельних бар’єрів, таких як тарифи та квоти. З іншого боку, у внутрішній логістиці ці бар’єри мінімальні або взагалі відсутні, оскільки відправлення здійснюються в межах однієї країни;
- відстані та види транспорту – міжнародна логістика передбачає транспортування вантажів на значно більші відстані порівняно з внутрішнім аналогом. Щоб подолати географічні бар’єри, компаніям доводиться вдаватися до різних видів транспорту, таких як літаки, потяги, кораблі та вантажівки. Усередині країни відправлення зазвичай здійснюються на коротші відстані та наземним транспортом;
- митно-документальна складність – митні правила та документація, пов’язані з міжнародною логістикою, можуть бути складними та різноманітними та включати такі процедури, як митні декларації, комерційні рахунки та сертифікати походження. Це також може передбачати використання митних складів . Вимоги залежать від країни та можуть суттєво відрізнятися. У внутрішній логістиці документація та митні процедури менш громіздкі, оскільки відправлення відбуваються в межах однієї країни;
- законодавство та нормативні акти – міжнародна логістика передбачає дотримання торгових законів і правил у різних країнах, які можуть значно відрізнятися. Кожна країна може мати власні правила оподаткування, митних процедур, безпеки, охорони навколишнього

середовища та стандартів торгівлі. У внутрішній логістиці застосовуються національні закони та правила однієї країни;

- мовний і культурний менеджмент – у міжнародній логістиці прийнято працювати з діловими партнерами з кількох країн, що означає врахування мовних і культурних міркувань. Компанії потребують міжкультурного спілкування та навичок ведення переговорів для ефективного управління діловими стосунками. У національній логістиці мова та культура, як правило, спільні, що полегшує спілкування та взаєморозуміння;
- управління ризиками – при транспортуванні вантажів в інші країни або континенти необхідно враховувати додаткові ризики, такі як пошкодження під час транспортування, втрата вантажу, коливання курсу валют, зміни митних правил. Будь-який ризик може вимагати більш складного управління страхуванням. У внутрішній логістиці ризики більше обмежені внутрішніми умовами кожної країни.

Ці відмінності підкреслюють додаткову складність і виклики, з якими стикаються компанії під час продажу своїх продуктів за кордоном.

1.2 Класифікація та характеристика моделей міжнародних логістичних процесів

Міжнародна логістика є ключовим елементом глобальної економіки, що забезпечує ефективне переміщення товарів, послуг та інформації між різними країнами. Логістичні процеси на міжнародному рівні мають свої особливості та складності, що обумовлює необхідність розробки та застосування різних моделей управління.

Міжнародні логістичні процеси включають планування, організацію, контроль та управління переміщенням товарів від виробника до кінцевого споживача, який знаходиться в іншій країні. Ці процеси охоплюють різні види транспорту, складування, митне оформлення, страхування вантажів та

інші логістичні функції. Основними завданнями міжнародної логістики є забезпечення своєчасної доставки товарів, мінімізація витрат та оптимізація всіх логістичних операцій.

Міжнародні логістичні процеси можна класифікувати за різними критеріями, але найчастіше їх поділяють на такі основні види як фізична дистрибуція, інформаційна логістика, фінансова логістика та митна [7]. Фізична дистрибуція передбачає транспортні перевезення, складування та упаковку. Транспорті перевезення у першу чергу вирішують питання щодо вибору оптимального виду транспорту (автомобільний, залізничний, морський, повітряний), маршрутів та їх митне оформлення. Організація складських приміщень, зберігання товарів, обробка вантажів відносяться за завдань складської складової. Також залишається не менш важливе завдання забезпечення збереження товарів під час транспортування та зберігання для цього вони повинні бути відповідно упаковані. Інформаційна логістика забезпечує збір та обробку даних щодо замовлень, виробництва, доставки та відстеження вантажів. А також здійснює управління інформаційними потоками, а саме обмін інформацією між учасниками ланцюга поставок. Фінансова логістика відповідає за страхування та фінансування вантажів. Вантажі страхуються від різних ризиків під час транспортування. І на заключному етапі відбувається підготовка та подання митних декларацій, сплата митних платежів.

Порівняно з внутрішньою логістикою, міжнародна логістика має ряд особливостей, а саме [8]:

– перетинання державних кордонів, що пов'язано з необхідністю дотримання митних правил, валютного контролю, санітарних та фітосанітарних норм різних країн;

– різноманітність транспортних засобів та маршрутів, вибір оптимального виду транспорту та маршруту залежить від багатьох факторів, таких як відстань, характер вантажу, терміни доставки та вартість;

– високий рівень ризику, адже міжнародні перевезення пов'язані з більшим ризиком пошкодження або втрати вантажу, затримок у доставці, зміни валютних курсів тощо;

– високі вимоги до інформаційного забезпечення, оскільки для ефективного управління міжнародними логістичними процесами необхідна точна та актуальна інформація про всі етапи переміщення товарів.

Тож, міжнародна логістика є складним і багатогранним процесом, який вимагає високого рівня організації та координації. Завдяки розвитку технологій та глобалізації, міжнародна логістика стає все більш важливою для успіху бізнесу.

Класифікація моделей міжнародних логістичних процесів є важливою для розуміння того, як різні підходи до управління логістикою можуть впливати на ефективність і результативність переміщення товарів через національні кордони. Моделі можна класифікувати за кількома основними критеріями, кожен з яких враховує різні аспекти логістичних операцій (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Класифікація моделей міжнародних логістичних процесів

Міжнародна логістика використовує різні види транспорту, кожен з яких має свої переваги та обмеження. Залежно від типу транспорту виділяють різні моделі [9]. Морські транспортні моделі застосовуються для перевезення великих обсягів вантажів на далекі відстані. Морський транспорт є найбільш економічно вигідним для масових і важких товарів, але має відносно тривалий час доставки. До цієї категорії відносяться контейнерні перевезення, танкерні перевезення (для рідких вантажів) та перевезення насипних вантажів. Авіаційні транспортні моделі використовуються для швидкої доставки товарів на далекі відстані, особливо для дорогих, швидкопсувних або термінових вантажів. Авіатранспорт має високі витрати, але забезпечує високу швидкість і надійність.

Наземні транспортні моделі включають автомобільні та залізничні перевезення. Автомобільний транспорт забезпечує гнучкість і можливість доставки «від дверей до дверей», тоді як залізничний транспорт ефективний для перевезення великих партій вантажів на середні відстані. Мультимодальні транспортні моделі поєднують кілька видів транспорту в єдиному ланцюгу постачання для оптимізації витрат і часу доставки. Наприклад, товари можуть бути перевезені морським транспортом до порту, а потім автомобільним або залізничним транспортом до кінцевого пункту призначення. Моделі міжнародних логістичних процесів за типом транспорту мають не лише переваги а й ряд недоліків, які наведено у таблиці 1.1.

За географічним охопленням виділяють регіональні та глобальні моделі. Регіональні моделі застосовуються для логістичних процесів, які охоплюють певний регіон, наприклад, Європу, Північну Америку або Азію. Вони орієнтовані на оптимізацію перевезень у межах регіону з урахуванням місцевих особливостей, інфраструктури та ринкових умов. Глобальні моделі використовуються для управління логістикою на глобальному рівні. Вони охоплюють кілька континентів і передбачають складну організацію ланцюгів постачання, що включає різні види транспорту, митне оформлення та координацію між численними учасниками логістичного процесу.

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки моделей міжнародних логістичних процесів за типом транспорту

Тип моделі	Переваги	Недоліки
Морські транспортні моделі	– економічність: низька вартість перевезення на одиницю вантажу, що особливо важливо для великих обсягів та важких товарів; – велика вантажопідйомність: можливість транспортувати значні обсяги вантажу в одному рейсі, що знижує витрати на перевезення; – глобальне охоплення: можливість доставляти вантажі до різних частин світу, включаючи віддалені райони.	– тривалість перевезення: морські перевезення зазвичай займають більше часу порівняно з іншими видами транспорту; – залежність від погоди: погодні умови можуть суттєво впливати на розклад та безпеку перевезень; – необхідність додаткових логістичних операцій: часто потрібне додаткове транспортування від порту до кінцевого пункту призначення.
Авіаційні транспортні моделі	– швидкість: найшвидший спосіб доставки вантажів на великі відстані; – надійність: високий рівень надійності і точності дотримання графіків; – підходить для цінних і швидкопсувних товарів: ідеально підходить для перевезення товарів, що вимагають швидкої доставки.	– висока вартість: авіаперевезення є значно дорожчими порівняно з іншими видами транспорту; – обмеження по вантажопідйомності: обмеження по вазі і розміру вантажу, що може бути непридатним для масових або великогабаритних товарів; – залежність від аеропортів: необхідність транспортування вантажу до та з аеропортів, що може збільшувати загальний час і вартість доставки.
Наземні транспортні моделі	– гнучкість: автомобільний транспорт дозволяє доставляти вантажі, без необхідності залучення додаткового транспорту; – широка доступність: мережа доріг і залізничних колій охоплює більшість регіонів, що робить наземний транспорт доступним практично скрізь; – економічність: залізничні перевезення часто мають нижчу вартість для масових вантажів на середні відстані.	– залежність від інфраструктури: неякісні дороги або недостатньо розвинена залізнична інфраструктура можуть негативно впливати на ефективність перевезень; – тривалість перевезення: наземні перевезення можуть бути повільнішими порівняно з авіаційними; – проблеми з екологією: автомобільні перевезення мають високий рівень викидів CO2, що негативно впливає на навколишнє середовище.
Мультимодальні транспортні моделі	– оптимізація логістичних витрат: поєднання різних видів транспорту дозволяє досягти балансу між вартістю і часом доставки; – гнучкість: можливість використовувати найкращі характеристики кожного виду транспорту в рамках одного ланцюга постачання; – широке охоплення: можливість доставки товарів у віддалені райони за рахунок поєднання різних видів транспорту.	– складність управління: необхідність координації різних видів транспорту та учасників логістичного процесу; – додаткові витрати на перевантаження: кожна зміна виду транспорту може вимагати додаткових витрат на перевантаження та обробку вантажу; – потенційні затримки: у разі виникнення проблем на одному з етапів мультимодального перевезення можуть виникати затримки в усьому ланцюзі.

Моделі міжнародних логістичних процесів за географічним охопленням мають не лише переваги а й ряд недоліків, які наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки моделей міжнародних логістичних процесів за географічним охопленням

Тип моделі	Переваги	Недоліки
Регіональні моделі	– знання місцевих ринків: локальні операції дозволяють краще враховувати специфіку місцевих ринків і адаптуватися до їх потреб; – ефективне управління: менша складність управління порівняно з глобальними операціями, що може призводити до підвищення ефективності; – зменшення логістичних витрат: менші відстані можуть знизити витрати на транспортування та зберігання.	– обмежене охоплення: регіональні моделі не забезпечують глобальне покриття, що може обмежити можливості бізнесу; – залежність від локальних умов: успішність регіональних моделей залежить від економічної, політичної та інфраструктурної ситуації в регіоні.
Глобальні моделі	– глобальне охоплення: можливість працювати на багатьох ринках одночасно, що розширює бізнес-можливості і збільшує масштаб діяльності; – економія на масштабі: великі обсяги операцій дозволяють знижувати витрати на одиницю продукції завдяки ефекту масштабу; – міжнародний досвід: робота на різних ринках дозволяє накопичувати досвід і знання, що можуть бути застосовані в інших регіонах.	– складність управління: координація глобальних логістичних операцій є значно складнішою і вимагає висококваліфікованого персоналу та складних IT-систем; – високі витрати: глобальні операції можуть вимагати значних інвестицій, особливо у випадку подолання митних бар'єрів і регуляторних вимог; – ризики, пов'язані з політикою та економікою: глобальні моделі піддаються більшій кількості ризиків, таких як валютні коливання, політична нестабільність, торговельні війни тощо.

За структурою управління виокремлюють централізовані та децентралізовані моделі управління. У централізованих моделях всі ключові рішення приймаються центральним офісом компанії або головним логістичним центром. Це дозволяє забезпечити узгодженість стратегій, стандартизацію процесів і централізований контроль якості. Такі моделі підходять для великих корпорацій з глобальною мережею філій.

Децентралізовані моделі управління передбачають, що логістичні рішення приймаються на рівні місцевих підрозділів або регіональних офісів. Це забезпечує гнучкість і швидку адаптацію до місцевих умов, що особливо важливо в умовах динамічних ринків. Такі моделі часто використовуються в компаніях, які мають сильну регіональну орієнтацію або працюють в умовах високої невизначеності.

Переваги та недоліки моделей міжнародних логістичних процесів за структурою управління наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Переваги та недоліки моделей міжнародних логістичних процесів за структурою управління

Тип моделі	Переваги	Недоліки
Централізовані моделі управління	– єдність управління: єдина стратегія і стандартизація процесів забезпечують контроль і передбачуваність операцій; – економія ресурсів: централізоване управління дозволяє уникати дублювання функцій і знижувати витрати на адміністративні процеси; – контроль якості: можливість ефективно контролювати якість всіх операцій та реагувати на проблеми на глобальному рівні.	– менша гнучкість: повільна адаптація до змін місцевих ринків, що може призводити до втрати конкурентних переваг у динамічних умовах; – складність управління: високий рівень централізації може призвести до бюрократизації і зниження ефективності прийняття рішень; – віддаленість від локальних ринків: централізоване управління може не враховувати специфіку місцевих ринків і потреб споживачів.
Децентралізовані моделі управління	– гнучкість і адаптивність: децентралізовані моделі дозволяють швидко реагувати на зміни на місцевих ринках і адаптувати стратегії до конкретних умов кожного регіону; – швидке прийняття рішень: локальні підрозділи мають більшу автономію, що дозволяє їм оперативно вирішувати проблеми та приймати рішення без необхідності узгодження з центральним офісом; – мотивація місцевих команд: вища відповідальність і автономія можуть підвищувати мотивацію місцевих менеджерів і співробітників.	– відсутність єдиної стратегії: можливе виникнення несумісності або суперечностей у стратегіях різних підрозділів, що може знижувати ефективність роботи компанії в цілому; – подвоєння функцій і витрат: децентралізація може призвести до дублювання функцій і збільшення адміністративних витрат; – менший контроль якості: відсутність централізованого контролю може призводити до різної якості надання послуг у різних регіонах.

За типом власності розрізняють моделі з повним та частковим контролем. Повний контроль передбачає, що підприємство самостійно керує всіма аспектами логістики, включаючи транспорт, складування, митне оформлення тощо. Це дозволяє мати повний контроль над ланцюгом постачання, мінімізувати ризики і забезпечувати високу якість обслуговування. Однак такі моделі вимагають значних інвестицій і високого рівня управлінської компетенції. Моделі з частковим контролем (аутсорсинг логістичних функцій), передбачає, що частина або всі логістичні операції передаються зовнішнім постачальникам послуг (3PL – Third-Party Logistics). Це дозволяє компанії зосередитися на своїй основній діяльності, знижує капітальні витрати і може забезпечити доступ до спеціалізованих знань і технологій. Проте, аутсорсинг також може призвести до втрати контролю над ключовими аспектами логістики та залежності від постачальників.

Переваги та недоліки моделей міжнародних логістичних процесів за типом власності наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Переваги та недоліки моделей міжнародних логістичних процесів за типом власності

Тип моделі	Переваги	Недоліки
Моделі з повним контролем	– повний контроль над ланцюгом постачання: компанія може контролювати всі етапи логістичних процесів, що дозволяє забезпечити високий рівень якості та надійності; – захист комерційних таємниць: власна логістична інфраструктура дозволяє краще захищати інтелектуальну власність і комерційну інформацію; – висока гнучкість у прийнятті рішень: можливість оперативного реагування на зміни в умовах ринку без залежності від зовнішніх постачальників.	– високі капітальні витрати: побудова та підтримка власної логістичної інфраструктури вимагає значних фінансових ресурсів; – ризики, пов’язані з управлінням: у разі помилок в управлінні ризики та збитки можуть бути більшими, оскільки компанія повністю відповідальна за всі процеси; – складність масштабування: розширення бізнесу потребує значних інвестицій та зусиль у розвитку нових логістичних об'єктів.

Продовження таблиці 1.4

Тип моделі	Переваги	Недоліки
Моделі з частковим контролем	– зниження витрат: аутсорсинг дозволяє зменшити капітальні витрати на створення та утримання логістичної інфраструктури; – доступ до експертизи: використання зовнішніх постачальників послуг дає змогу скористатися їхньою спеціалізованою експертизою та технологіями; – фокус на основному бізнесі: компанія може зосередитися на своїй основній діяльності, передавши логістичні операції на аутсорсинг;	– втрата контролю над процесами: передача логістичних функцій на аутсорсинг може призвести до втрати контролю над ключовими аспектами логістики, що може негативно вплинути на якість обслуговування; – залежність від постачальників: висока залежність від надійності та ефективності роботи зовнішніх партнерів; – проблеми з інтеграцією: інтеграція зовнішніх постачальників послуг у внутрішні процеси компанії може бути складною і вимагати додаткових ресурсів.

За рівнем автоматизації виділяють традиційні та автоматизовані моделі. Традиційні моделі включають мінімальне використання цифрових технологій. Логістичні процеси керуються вручну, з використанням паперових документів та базових IT-систем. Такі моделі менш ефективні, але все ще використовуються в регіонах з обмеженим доступом до сучасних технологій. Автоматизовані моделі використовують сучасні технології, такі як системи управління складом (WMS), системи управління транспортом (TMS), ERP-системи, Інтернет речей (IoT) та штучний інтелект. Ці моделі дозволяють оптимізувати логістичні процеси, покращити точність прогнозів і знизити витрати.

Переваги та недоліки моделей міжнародних логістичних процесів за рівнем автоматизації наведено у таблиці 1.5.

Класифікація моделей міжнародних логістичних процесів дозволяє компаніям вибирати найефективніший підхід залежно від специфіки їх діяльності, географічного охоплення, типу товарів і ринкових умов. Вибір моделі значною мірою визначає ефективність ланцюга постачання, здатність компанії адаптуватися до змінних умов ринку та досягати конкурентних переваг на глобальному рівні. Кожна з моделей має свої переваги та

недоліки, і вибір відповідної моделі залежить від багатьох факторів, таких як характер товару, вимоги до доставки, географічне розташування тощо. Успішне управління міжнародними логістичними процесами є ключовим фактором для забезпечення конкурентоспроможності компанії на світовому ринку.

Таблиця 1.5 – Переваги та недоліки моделей міжнародних логістичних процесів за рівнем автоматизації

Тип моделі	Переваги	Недоліки
Традиційні моделі	– низькі початкові витрати: мінімальні інвестиції в технології дозволяють знизити початкові витрати на запуск логістичних процесів; – простота управління: традиційні моделі не потребують складних IT-систем і технічної підтримки; – зручність для малих компаній: підходять для невеликих компаній, які не мають великих обсягів операцій.	– низька ефективність: відсутність автоматизації призводить до зниження ефективності, зростання людських помилок та витрат на робочу силу; – повільність процесів: традиційні моделі можуть бути повільними і менш гнучкими у відповіді на зміни ринкових умов; – обмежені можливості масштабування: важко масштабувати бізнес без впровадження сучасних технологій.
Автоматизовані моделі	– висока ефективність: автоматизація дозволяє оптимізувати процеси, зменшити витрати і підвищити точність виконання операцій; – швидкість і гнучкість: сучасні технології дозволяють швидко адаптуватися до змін у ланцюзі постачання і покращувати відстежуваність товарів; – покращене прийняття рішень: використання великих даних і штучного інтелекту дозволяє здійснювати більш обґрунтовані рішення на основі аналізу в реальному часі.	– високі початкові витрати: автоматизація вимагає значних інвестицій у технології та навчання персоналу; – залежність від технологій: висока залежність від IT-систем може бути ризикованою у випадку технічних збоїв або кібератак; – складність впровадження: процес автоматизації може бути складним і тривалим, особливо для великих компаній з численними операціями.

1.3 Аналіз факторів впливу на міжнародні логістичні процеси: виклики та перспективи

Міжнародна логістика є одним із ключових елементів сучасної глобальної економіки. Вона охоплює широкий спектр процесів, пов'язаних з

плануванням, управлінням та контролем за рухом товарів, послуг та інформації через національні кордони. В умовах глобалізації економічних процесів та розширення міжнародної торгівлі, ефективність логістичних систем набуває вирішального значення для компаній та країн у цілому. Водночас на міжнародні логістичні процеси впливає безліч факторів, як внутрішніх так і зовнішніх. Розуміння цих факторів є ключовим для ефективного планування та управління логістичними операціями на міжнародному рівні.

До внутрішніх чинників впливу на міжнародні логістичні процеси відносяться такі фактори як, культура та цінність підприємства, організаційна структура та ресурси, бізнес-мета та стратегія, IT-інфраструктура та технології та людські ресурси. Зовнішні чинники включають ринкові тенденції та вимоги клієнтів, конкуренцію, економічні та політичні умови, екологічні та нормативні питання, технологічний прогрес та інновації, а також розвиток транспорту та інфраструктури [10].

Розглянемо основні групи факторів, які впливають на міжнародні логістичні процеси, а саме: економічні, політичні, технологічні, екологічні та соціальні. Кожна з цих груп має свій специфічний вплив на міжнародні логістичні процеси.

Міжнародні логістичні процеси безпосередньо залежать від економічних умов і тенденцій, оскільки економічні фактори визначають попит на товари, послуги, транспортні можливості, а також ефективність функціонування логістичних ланцюгів. Основними економічними факторами, що впливають на міжнародну логістику, є глобалізація, валютні коливання, економічна стабільність країн, рівень міжнародної торгівлі та вартість енергоресурсів (рис. 1.6).

Розглянемо більш детально наведені на рис. 1.6 економічні фактори.

Глобалізація сприяє розвитку світової економіки, збільшуючи обсяги міжнародної торгівлі та взаємодії між країнами. Відкриття кордонів для товарообігу, спрощення митних процедур і зниження тарифів дозволили

компаніям працювати на глобальних ринках, що в свою чергу значно посилило роль міжнародної логістики. Однак цей процес також створює додаткові виклики для логістичних систем, зокрема через зростаючу конкуренцію між постачальниками, необхідність оперативної доставки товарів на великі відстані та забезпечення високих стандартів обслуговування клієнтів.



Рисунок 1.6 – Економічні фактори впливу на міжнародні логістичні процеси [12]

Коливання валютних курсів безпосередньо впливають на вартість міжнародних перевезень та операцій. Наприклад, зміцнення валюти країни може зробити експорт товарів дорожчим, що може знизити попит на ці товари на зовнішніх ринках. З іншого боку, ослаблення валюти робить імпорт дорожчим, що впливає на собівартість виробництва у країнах, які

сильно залежать від імпорту сировини та комплектуючих. Логістичні компанії повинні враховувати ці коливання та адаптувати свої ціни й умови постачання, що підвищує ризики та складність управління логістикою.

Економічна стабільність країн є ключовим чинником, що впливає на ефективність міжнародної логістики. У періоди економічних криз спостерігається зменшення обсягів міжнародної торгівлі, що призводить до зниження попиту на транспортні послуги, складські ресурси та інші логістичні операції. Кризи можуть також викликати банкрутства логістичних компаній, порушення ланцюгів постачання та підвищення вартості кредитних ресурсів, що ускладнює фінансування міжнародних операцій. Економічна нестабільність країн-партнерів також впливає на логістичні процеси, створюючи ризики для постачальників і споживачів товарів.

Вартість енергоресурсів, особливо нафти і газу, має безпосередній вплив на транспортні витрати, які складають значну частину логістичних витрат. Підвищення цін на пальне збільшує вартість перевезення товарів, що може впливати на прибутковість логістичних операцій і призводити до перегляду маршрутів або зміни транспортних засобів. Також у зв’язку з коливаннями цін на енергію компанії змушені шукати альтернативні джерела енергії або розробляти більш енергоефективні логістичні рішення.

Інфляційні процеси в різних країнах впливають на купівельну спроможність споживачів, що, у свою чергу, змінює попит на продукцію і впливає на обсяги транспортування товарів. Висока інфляція може призводити до зростання вартості логістичних послуг, зокрема складських операцій, тарифів на перевезення і зарплат працівників. Це змушує компанії шукати шляхи оптимізації витрат і підвищення ефективності логістичних процесів для збереження конкурентоспроможності.

Достатнє фінансування та розвиток транспортної інфраструктури (порти, аеропорти, дороги, залізничні шляхи) є важливою умовою ефективної міжнародної логістики. Інвестиції у сучасну інфраструктуру, автоматизацію процесів і цифрові технології дозволяють покращити якість логістичних

послуг, знижувати витрати і підвищувати швидкість та надійність доставки. Водночас недостатні інвестиції або їх відсутність можуть призводити до затримок у доставці, пошкодження вантажів і збільшення вартості перевезень.

Тож, економічні фактори мають ключовий вплив на міжнародні логістичні процеси, визначаючи їхню ефективність, швидкість і рентабельність. Глобалізація відкриває нові можливості для розвитку логістики, але також додає викликів, пов'язаних з економічною нестабільністю, валютними коливаннями та зростанням вартості енергії. Для успішної адаптації до цих факторів компанії мають розробляти гнучкі та інноваційні рішення, що дозволять їм залишатися конкурентоспроможними в умовах мінливого економічного середовища.

Політичні фактори є одними із найважливіших чинників, що безпосередньо впливають на міжнародні логістичні процеси. Вони визначають правила і умови здійснення логістичних операцій між країнами та регіонами, створюючи або сприятливе середовище для їхньої ефективності, або перешкоди. Основними політичними факторами, що впливають на міжнародну логістику, є митні регуляції, торгові угоди, політична стабільність та правове регулювання (рис. 1.7).

Митні правила регулюють імпорт та експорт товарів між країнами, впливаючи на швидкість і вартість міжнародних перевезень. Різні країни встановлюють власні митні тарифи, які можуть значно змінюватися в залежності від політичної ситуації або економічних інтересів. Запровадження нових тарифів або зміна митних правил може призвести до підвищення витрат на логістику або затримки у доставці вантажів. Наприклад, торгова війна між США і Китаєм призвела до запровадження високих мит на товари з обох країн, що створило серйозні перешкоди для логістичних компаній і змусило їх шукати нові маршрути або переглядати структуру постачання.

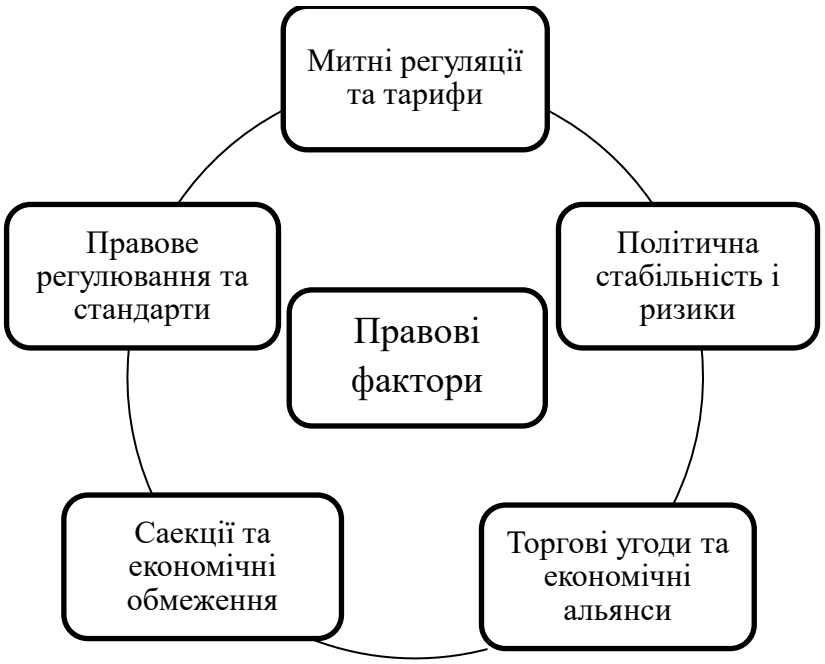


Рисунок 1.7 – Правові фактори впливу на міжнародні логістичні процеси [12, 13]

Політична стабільність країн, через які проходять логістичні ланцюги, є критично важливою для забезпечення надійних постачань. У випадках, коли країна знаходиться у стані політичної кризи, війни або інших конфліктів, можуть виникати перебої у логістичних процесах. Військові дії, запровадження санкцій або блокади можуть повністю зупинити транспортування через певні регіони, що змушує компанії адаптувати свої логістичні стратегії. Наприклад, військові дії в Україні у 2022 році спричинили значні порушення в міжнародних логістичних ланцюгах у Європі та Азії, оскільки ключові транспортні коридори стали недоступними.

Торгові угоди між країнами значно спрощують логістичні операції, зменшуючи тарифи та спрощуючи митні процедури. Вони можуть забезпечувати привілейовані умови для транспортування товарів, що дозволяє швидше та дешевше здійснювати постачання. Такі угоди, як Північноамериканська угода про вільну торгівлю (NAFTA) або Європейський Союз, суттєво спрощують логістичні процеси між учасниками угод. Угода між ЄС і Великою Британією після Brexit мала значний вплив на

логістичні процеси, змусивши компанії адаптуватися до нових митних правил і тарифів, що вплинуло на вартість і час перевезення товарів.

Санкції, запроваджені проти певних країн, можуть стати серйозним бар'єром для міжнародної логістики. Вони забороняють торгівлю з країнами-об'єктами санкцій або обмежують певні товари й послуги. Це створює виклики для компаній, які повинні знаходити нові ринки або маршрути для своєї продукції. Наприклад, санкції, запроваджені проти Ірану та Росії, обмежили можливості для міжнародних логістичних компаній працювати з цими ринками, що вимагало перегляду ланцюгів постачання та пошуку нових логістичних рішень.

У різних країнах діють різні правові вимоги та стандарти, що стосуються перевезення товарів. Це може включати вимоги до безпеки транспортування, екологічні норми, стандарти пакування тощо. Логістичні компанії повинні дотримуватися цих вимог для того, щоб уникнути штрафів, затримок або конфіскації вантажів. Європейські екологічні стандарти, такі як обмеження на викиди вуглекислого газу для транспортних засобів, змусили логістичні компанії впроваджувати нові, більш екологічно чисті транспортні засоби для відповідності законодавству.

Отже, політичні фактори мають вирішальний вплив на міжнародні логістичні процеси. Проаналізовані політичні фактори формують середовище, в якому працюють логістичні компанії. Відповідно, компанії повинні постійно адаптуватися до змін у політичному ландшафті для забезпечення безперервності логістичних операцій та мінімізації ризиків.

Технологічні фактори є критичними для розвитку та оптимізації міжнародних логістичних процесів. Інновації у сфері транспорту, автоматизації, цифрових технологій і управління ланцюгами постачання дозволяють компаніям підвищувати ефективність, знижувати витрати та покращувати якість обслуговування. Серед ключових технологічних факторів, які впливають на міжнародну логістику, варто виділити

автоматизацію, цифровізацію, розвиток транспортних технологій та інновації у сфері управління даними (рис. 1.8).

Автоматизація значно полегшує управління логістичними операціями, знижуючи людський фактор і підвищуючи ефективність роботи складів, транспорту та митниці. Використання автоматизованих систем для управління запасами, роботизованих складів і систем обробки вантажів сприяє скороченню часу виконання замовлень, зменшенню помилок і підвищенню продуктивності. Сучасні логістичні склади компаній, таких як Amazon, широко використовують роботизовані системи для збору, упаковки та обробки товарів, що дозволяє значно скоротити час на обробку замовлень та зменшити витрати.

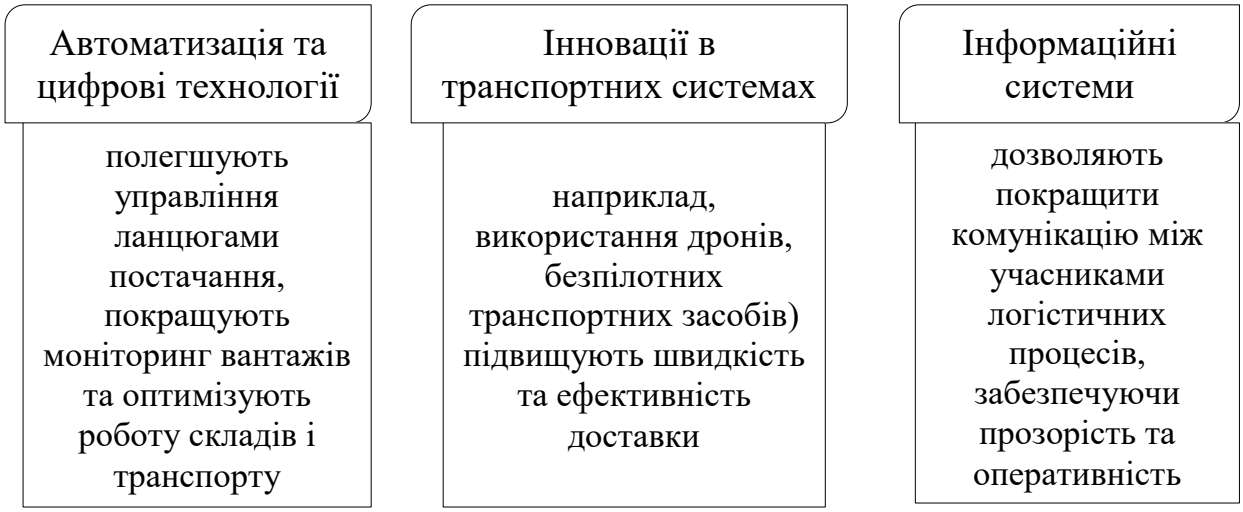


Рисунок 1.8 – Технологічні фактори впливу на міжнародні логістичні процеси [12-14]

Цифрові технології дозволяють поліпшити контроль за логістичними процесами і забезпечити прозорість ланцюгів постачання. Впровадження систем управління ланцюгами постачання (SCM), транспортних інформаційних систем (TMS) і систем управління складом (WMS) дає можливість компаніям оперативно відстежувати рух товарів, управляти запасами та оптимізувати маршрути перевезення. Використання ERP-систем (Enterprise Resource Planning) та SCM-систем, таких як SAP та Oracle,

дозволяє компаніям інтегрувати всі етапи логістичних процесів в єдину інформаційну платформу, що значно підвищує ефективність управління.

Нові технології в транспортній галузі, такі як автономні транспортні засоби, дрони, електромобілі та гібридні транспортні рішення, впливають на швидкість і екологічність логістичних операцій. Використання безпілотних транспортних засобів знижує витрати на доставку та зменшує ризики, пов'язані з людським фактором. Електричні та гібридні транспортні засоби знижують викиди CO_2 та зменшують залежність від традиційних енергоресурсів. Наприклад, компанія Tesla активно розвиває електричні вантажівки Tesla Semi, які призначені для перевезення вантажів на далекі відстані з меншими витратами енергії та меншою шкодою для довкілля.

Технологічні фактори мають значний вплив на міжнародні логістичні процеси, сприяючи їхній оптимізації, підвищенню прозорості та зниженню витрат. Впровадження автоматизації, цифрових систем управління, інновацій у транспорті, а також використання IoT, блокчейну та Big Data дозволить компаніям залишатися конкурентоспроможними в умовах глобальної економіки. Сучасні технології роблять логістичні ланцюги більш гнучкими, ефективними та стійкими до змін у зовнішньому середовищі.

Екологічні фактори набувають усе більшого значення у сфері міжнародної логістики. Зміни клімату, посилення екологічних регуляцій і зростання вимог до сталого розвитку змушують компанії адаптувати свої логістичні процеси для зменшення негативного впливу на довкілля. Основні екологічні фактори, що впливають на міжнародну логістику, включають вимоги до скорочення викидів, вплив зміни клімату на інфраструктуру, зростаючі екологічні стандарти і тренди до сталого розвитку (рис. 1.9) [15, 16].

Зміна клімату є глобальною проблемою, яка безпосередньо впливає на логістичні процеси. Підвищення рівня моря, екстремальні погодні явища, такі як урагани, повені та засухи, створюють загрози для міжнародних транспортних маршрутів і логістичних хабів. Порти, залізничні вузли та

автомобільні дороги можуть зазнавати руйнувань або тимчасово бути недоступними через погодні умови, що впливає на своєчасність і безперервність перевезень. Наприклад, у 2021 році через повені в Західній Європі були порушені основні логістичні маршрути, зокрема в Німеччині, що призвело до затримок у доставці вантажів і значних збитків для транспортних компаній.



Рисунок 1.9 – Екологічні фактори впливу на міжнародні логістичні процеси

Один із найважливіших екологічних чинників – це вимоги щодо скорочення викидів парникових газів і зменшення залежності від викопного палива. Логістична галузь є значним джерелом викидів CO_2, особливо в секторі транспорту (вантажні автомобілі, судноплавство, авіаперевезення). Тому багато країн запроваджують жорсткі регуляції щодо скорочення викидів, що змушує компанії переходити на більш екологічні види транспорту, такі як електромобілі та гібридні транспортні засоби, або шукати альтернативні шляхи оптимізації маршрутів для зменшення споживання палива. Європейський Союз запровадив програму «Fit for 55», яка передбачає зниження викидів парникових газів на 55% до 2030 року. Ця ініціатива зобов'язує логістичні компанії скоротити викиди від транспорту, що

стимулює інвестиції в альтернативні енергії та інноваційні транспортні рішення.

Зростання вимог до екологічної відповідальності призвело до широкого поширення міжнародних стандартів і сертифікацій, таких як ISO 14001, які спрямовані на зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Логістичні компанії дедалі частіше впроваджують системи екологічного менеджменту для оптимізації процесів, зменшення відходів, енергоефективності та сталого використання ресурсів. Сертифікація дозволяє компаніям демонструвати свою прихильність до сталого розвитку та залучати більше клієнтів, які обирають екологічно відповідальні рішення. Так, великі міжнародні логістичні компанії, такі як DHL, отримали сертифікацію ISO 14001, що свідчить про їхні зусилля у зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище та впровадженні сталих логістичних практик.

Енергетична ефективність відіграє важливу роль у зниженні витрат на транспортування і одночасному скороченні викидів. Використання паливно-ефективних транспортних засобів, модернізація логістичних центрів і складів, а також впровадження «зелених» технологій, таких як сонячні панелі чи вітрові електростанції, дозволяє значно зменшити споживання енергії. Крім того, оптимізація маршрутів і застосування програмного забезпечення для управління транспортом допомагає мінімізувати витрати на паливо і зменшити вуглецевий слід. Великі компанії, такі як Amazon, впроваджують «зелені» склади з використанням відновлюваних джерел енергії, та інвестують в розвиток складів, що працюють на сонячній енергії, що не лише знижує витрати, але й зменшує вплив на екологію.

Екологічна відповідальність стосується також процесу упаковки товарів і утилізації відходів. Використання біорозкладних або багаторазових матеріалів для упаковки та зменшення кількості відходів під час транспортування є важливою частиною екологічної стратегії логістичних

компаній. Компанії прагнуть скоротити використання пластику та картону, впроваджуючи інноваційні рішення для зменшення відходів.

Екологічні фактори стають дедалі важливішими для міжнародної логістики, змінюючи традиційні підходи до транспортування і управління ланцюгами постачання. Виклики зміни клімату, необхідність скорочення викидів парникових газів, впровадження екологічних стандартів і енергоефективних технологій змушують компанії змінювати свої процеси та інвестувати в новітні технології, щоб відповідати сучасним екологічним вимогам. Ці зміни є не лише необхідними для збереження планети, але й надають логістичним компаніям конкурентні переваги на глобальному ринку.

Соціальні фактори також відіграють важливу роль у формуванні міжнародних логістичних процесів. Вони впливають на функціонування ланцюгів постачання, характер попиту, робочу силу, умови праці та адаптацію компаній до змін у суспільстві. Розуміння соціальних змін дозволяє логістичним операторам ефективно реагувати на зміни в поведінці споживачів, покращувати умови праці та забезпечувати стійкий розвиток бізнесу (рис. 1.10) [17, 18].

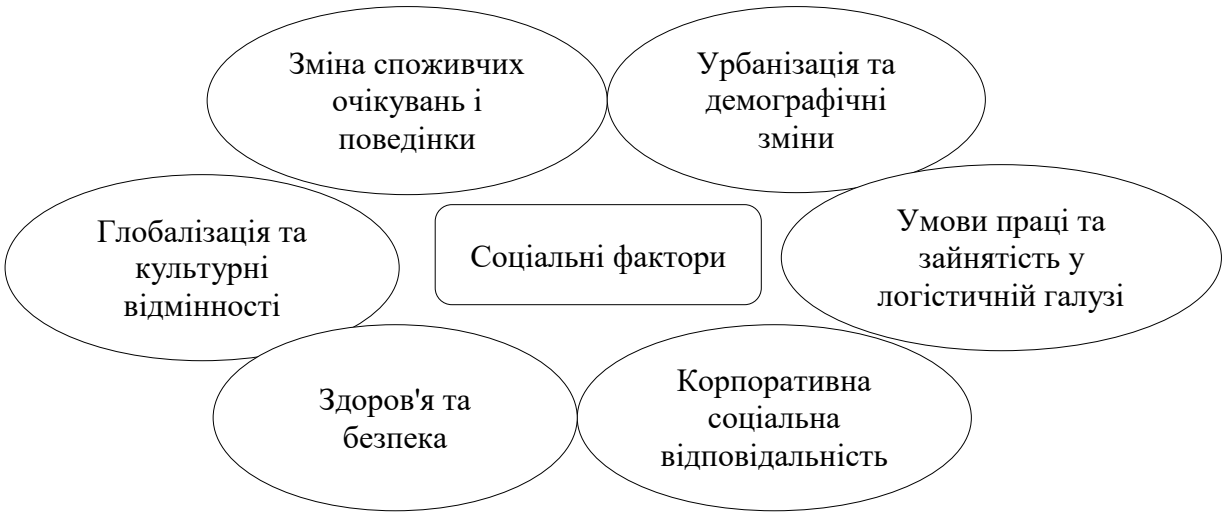


Рисунок 1.10 – Соціальні фактори впливу на міжнародні логістичні процеси

Споживчі очікування є одним із ключових соціальних факторів, який впливає на міжнародну логістику. Сучасні споживачі очікують швидку доставку, прозорість щодо статусу своїх замовлень, а також зростає попит на екологічні рішення. Це призводить до розвитку нових логістичних моделей, таких як доставка «останньої милі», та до необхідності інтеграції цифрових технологій для відстеження процесів у реальному часі. Так, компанія Amazon, реагуючи на зростаючі вимоги споживачів щодо швидкості доставки, впровадила концепцію «same-day delivery» (доставка в той же день) і активно розвиває мережу складів ближче до кінцевих споживачів для зменшення часу на доставку.

Урбанізація та зміни у структурі населення впливають на логістичні процеси через зростаючу потребу в ефективних логістичних рішеннях у великих містах. Концентрація населення в мегаполісах створює попит на більш ефективну та швидку доставку в густонаселені райони, що ускладнює логістичні процеси через високий рівень заторів, обмеження руху транспорту та складну інфраструктуру. У зв’язку з цим, компанії, такі як UPS, починають використовувати велосипеди та електричні вантажівки для доставки у містах з метою зниження рівня заторів і зменшення викидів.

Рівень зайнятості, соціальні стандарти та умови праці є важливими соціальними аспектами, що впливають на логістичні процеси. У багатьох країнах логістична галузь стикається з проблемами нестачі кваліфікованих кадрів, особливо водіїв і складських працівників. А це, у свою чергу, призводити до збільшення витрат на робочу силу, а також до затримок у постачанні через недостатню кількість працівників. Крім того, соціальні стандарти праці, такі як права працівників, безпека на робочих місцях і умови праці, також впливають на ефективність логістичних процесів. У Європі та США спостерігається нестача водіїв вантажних автомобілів через погані умови праці, низьку оплату та високу стресовість професії, що призводить до затримок у постачанні та підвищення витрат логістичних компаній.

Корпоративна соціальна відповідальність (CSR) стає важливим фактором для логістичних компаній у контексті суспільних очікувань щодо відповідального ведення бізнесу. Споживачі та партнери дедалі більше очікують від компаній дотримання етичних стандартів, дбайливого ставлення до довкілля, а також захисту прав працівників. Логістичні компанії повинні дотримуватися соціальних стандартів і демонструвати відповідальність перед суспільством, впроваджуючи стратегії сталого розвитку та підтримки місцевих спільнот.

Глобалізація сприяє розширенню міжнародних логістичних операцій, проте різноманіття культур і соціальних норм у різних регіонах впливає на побудову логістичних ланцюгів. Логістичні компанії повинні адаптувати свої стратегії до різних ринків, враховуючи локальні закони, традиції та соціальні норми. Це може стосуватися різних аспектів, від способів управління працівниками до методів обслуговування клієнтів і підходів до вирішення соціальних проблем у конкретному регіоні. Наприклад, логістичні компанії, що працюють у різних країнах, мають адаптуватися до локальних культурних особливостей, наприклад, враховуючи робочі звички або національні свята, що можуть впливати на терміни постачань або обсяги замовлень.

Ще одним, не менш важливим фактором є здоров'я та безпека. Пандемія COVID-19 продемонструвала важливість здоров'я та безпеки працівників у міжнародній логістиці. Захист працівників під час глобальних криз, забезпечення належних санітарних умов на робочих місцях і впровадження дистанційних технологій для зменшення контактів стали критичними факторами для підтримки безперервності логістичних процесів. Під час пандемії компанії FedEx і UPS впровадили суворі заходи безпеки для своїх працівників, включаючи дистанційну роботу там, де це можливо, використання захисних масок, дезінфекцію складів і транспортних засобів для мінімізації поширення вірусу.

Адаптація до соціальних змін дозволяє логістичним компаніям покращити свою ефективність, відповідати вимогам суспільства та

залишатися конкурентоспроможними на глобальному ринку. Логістичні оператори повинні приділяти значну увагу соціальним викликам для забезпечення сталого розвитку та задоволення потреб своїх клієнтів і працівників.

Виклики для міжнародної логістики в сучасних умовах є багатогранними і охоплюють усі вище проаналізовані фактори. Ключові виклики, які стоять перед логістичними компаніями пов’язані з порушеннями, які можуть виникнути у глобальних ланцюгах постачання через пандемії, війни, природні катастрофи та геополітичну нестабільність. Це призводить до затримок у доставці товарів, збільшення вартості перевезень і нестабільності у виконанні контрактних зобов'язань. Геополітична нестабільність і напруженість між країнами, такі як торгові війни між США і Китаєм або санкції проти Росії, ускладнюють міжнародну логістику. Політичні рішення можуть впливати на мита, квоти, заборони на імпорт і експорт, що створює ризики для компаній, які залежать від міжнародної торгівлі.

Вартість транспортування постійно зростає через збільшення цін на паливо, підвищення зарплат робітників та глобальну інфляцію. Високі транспортні витрати впливають на ціноутворення товарів і знижують конкурентоспроможність компаній на глобальних ринках.

Одним із ключових викликів, які змінюють логістичні процеси є технологічні зміни, зокрема автоматизація, штучний інтелект, блокчейн і цифрові платформи. Незважаючи на їхній потенціал для підвищення ефективності, багато компаній стикаються з викликами щодо адаптації до нових технологій, потреби в інвестиціях та зміні структури управління. У свою чергу, зростаючі вимоги до екологічної відповідальності та нові екологічні регуляції є серйозним викликом для міжнародної логістики. Логістичні компанії повинні скорочувати викиди CO_2, використовувати екологічні види транспорту та знижувати негативний вплив на довкілля. Це

вимагає значних інвестицій у модернізацію транспортного парку та впровадження «зелених» технологій.

Також, варто зазначити, що логістична галузь стикається з нестачею кваліфікованих працівників, особливо водіїв вантажівок і операторів складських процесів. Проблема стає ще гострішою через старіння населення в багатьох країнах та високу плинність кадрів у галузі.

Таким чином, міжнародна логістика стикається з багатьма складними викликами, які потребують адаптації до мінливих умов глобального ринку. Логістичні компанії повинні бути гнучкими та інноваційними, щоб ефективно реагувати на нові ризики та можливості. Сталий розвиток, інтеграція новітніх технологій, адаптація до регуляторних вимог і розвиток людського капіталу – ключові кроки для подолання цих викликів і досягнення успіху в умовах сучасної глобалізації.

Досліджуючи перспективи розвитку міжнародної логістики у найближчі роки, варто відмітити значний потенціал завдяки технологічним інноваціям, змінам у глобальних економічних і політичних умовах, а також підвищенню вимог до екологічної та соціальної відповідальності. Логістичні компанії, які будуть здатні адаптуватися до нових тенденцій, зможуть підвищити свою конкурентоспроможність та ефективність. Основними ключовими перспективами розвитку цієї галузі є цифровізація та автоматизація логістичних процесів, розвиток «зелених» логістичних технологій, розвиток інфраструктури та нових логістичних коридорів, інтеграція роботизації та автономного транспорту, посилення співпраці та координації між країнами та підвищення рівня безпеки та кібербезпеки (рис. 1.11). Одним із головних напрямків розвитку міжнародної логістики є впровадження цифрових технологій та автоматизація ланцюгів постачання. Інновації в галузі інформаційних технологій дозволяють значно підвищити ефективність логістичних процесів, зменшити затрати, а також покращити якість обслуговування клієнтів. Інтеграція цифрових технологій призведе до

значного прискорення процесів доставки та підвищення рівня задоволеності клієнтів завдяки більшій прозорості й передбачуваності поставок.



Рисунок 1.11 – Ключові перспективи розвитку міжнародної логістики

Екологічні вимоги до логістики зростають через посилення регуляторних норм та підвищення уваги до проблем кліматичних змін. Тому розвиток «зеленої» логістики стає важливим напрямком у міжнародній торгівлі. Логістичні компанії, які зможуть перейти на екологічно чисті технології та відповідати новим стандартам екологічної відповідальності, отримають конкурентну перевагу на глобальному ринку.

Інфраструктурні проекти, такі як будівництво нових транспортних коридорів, модернізація портів і аеропортів, є важливими для розвитку міжнародної логістики. Інвестиції в інфраструктуру допомагають зменшити витрати на транспортування, покращити швидкість доставки та збільшити пропускну спроможність міжнародних транспортних шляхів. Зростання

інвестицій в інфраструктуру сприятиме розвитку міжнародної логістики, збільшенню обсягів перевезень і зниженню витрат на транспортування.

Використання роботизованих систем і автономного транспорту є ще однією перспективою розвитку міжнародної логістики. Це дозволяє автоматизувати рутинні процеси, знижувати людський фактор і підвищувати ефективність логістичних операцій. Впровадження роботизованих технологій значно зменшить витрати на логістичні операції та підвищить швидкість виконання замовлень.

Глобалізація і розвиток міжнародної торгівлі вимагають від країн тіснішої співпраці у питаннях регулювання, стандартизації та взаємного визнання митних процедур. Міжнародна координація сприяє зниженню бар'єрів для торгівлі та забезпечує більш ефективний рух товарів через кордони. Міжнародна координація та стандартизація сприятимуть розвитку більш відкритих і ефективних ланцюгів постачання.

Збільшення цифровізації у логістичних процесах створює нові виклики у сфері кібербезпеки. Захист інформаційних систем і даних стає критично важливим для забезпечення стабільної роботи глобальних ланцюгів постачання. огістичні компанії, які забезпечать надійний рівень кібербезпеки та захисту інформаційних потоків, зможуть краще захистити свої ланцюги постачання від потенційних загроз.

Підводячи підсумок варто зазначити, що перспективи розвитку міжнародної логістики визначаються швидкими технологічними змінами, зростанням вимог до екологічної відповідальності та необхідністю адаптації до нових умов глобальної економіки. Логістичні компанії, які зможуть інвестувати в інновації, екологічні технології та розвиток персоналу, отримають значні переваги та зможуть досягти стійкого зростання в умовах швидкозмінного ринку.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ НА МІЖНАРОДНІ ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ

2.1 Методи оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси

В умовах стрімкої глобалізації та цифрової трансформації світова економіка стикається зі значними змінами, які охоплюють усі галузі, включаючи міжнародні логістичні процеси. Технологічний розвиток, зокрема впровадження інноваційних рішень, таких як штучний інтелект, великі дані, автоматизація та блокчейн, суттєво змінює динаміку і структуру логістичних ланцюгів. Успішне застосування цих технологій створює нові можливості для підвищення ефективності, скорочення витрат і поліпшення швидкості обслуговування, водночас формуючи нові виклики, пов'язані з адаптацією до швидкоплинних змін і управлінням ризиками.

Вплив технологій на міжнародні логістичні процеси має складний характер, оскільки технологічні інновації одночасно впливають на різні аспекти: від управління запасами та організації перевезень до планування маршрутів і митного оформлення. Відповідно, постає необхідність у розробці ефективних методів оцінки цього впливу, які дозволять керівникам компаній приймати обґрунтовані рішення щодо впровадження технологій і прогнозування їх довгострокових наслідків.

Вивчення методів оцінки технологічного впливу є надзвичайно актуальним, оскільки правильне використання таких підходів стає ключовим фактором успіху в конкурентному середовищі. Сучасні методи, включаючи багатокритеріальний аналіз, економетричні моделі, системну динаміку та аналіз великих даних, дозволяють комплексно підходити до оцінки технологічних змін. Однак кожен із цих методів має свої переваги та обмеження, які потребують детального вивчення та адаптації до специфічних

логістичних задач. На рис. 2.1 наведено огляд сучасних методів оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси [19-28].

Економетричні моделі є потужним інструментом аналізу та прогнозування взаємозв'язків між змінними. У контексті оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси економетричні методи дозволяють кількісно оцінити, як впровадження нових технологій впливає на ефективність, вартість та швидкість логістичних операцій. Розглянемо наступні методи: регресійний аналіз, панельний аналіз, коінтеграційний аналіз, моделі логістичної регресії та моделі часових рядів. Регресійний аналіз є одним із найпоширеніших і найпотужніших методів аналізу в економіці, бізнесі та логістиці. Його основна мета – виявити, як незалежні змінні (фактори) впливають на залежну змінну, використовуючи статистичні моделі. У контексті міжнародної логістики, цей підхід дозволяє оцінювати кількісний вплив технологічного розвитку на ефективність логістичних процесів, витрати, швидкість доставки тощо. Регресійний аналіз досліджує залежність між однією залежною змінною (наприклад, час доставки, логістичні витрати) та декількома незалежними змінними (наприклад, автоматизація складів, впровадження IoT, використання штучного інтелекту). Даний метод може бути використаний для оцінки впливу цифровізації складів на продуктивність, для аналізу залежності між впровадженням автономного транспорту та вартістю перевезень. Регресійна модель має наступний вигляд [19]:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ... + \beta_K X_K + U\,, \qquad (2.1)$$

де Y – залежна змінна (ефективність логістики), X_1, X_2, ..., X_n – незалежні змінні (технологічні фактори), β_i – коефіцієнти, U – похибка.

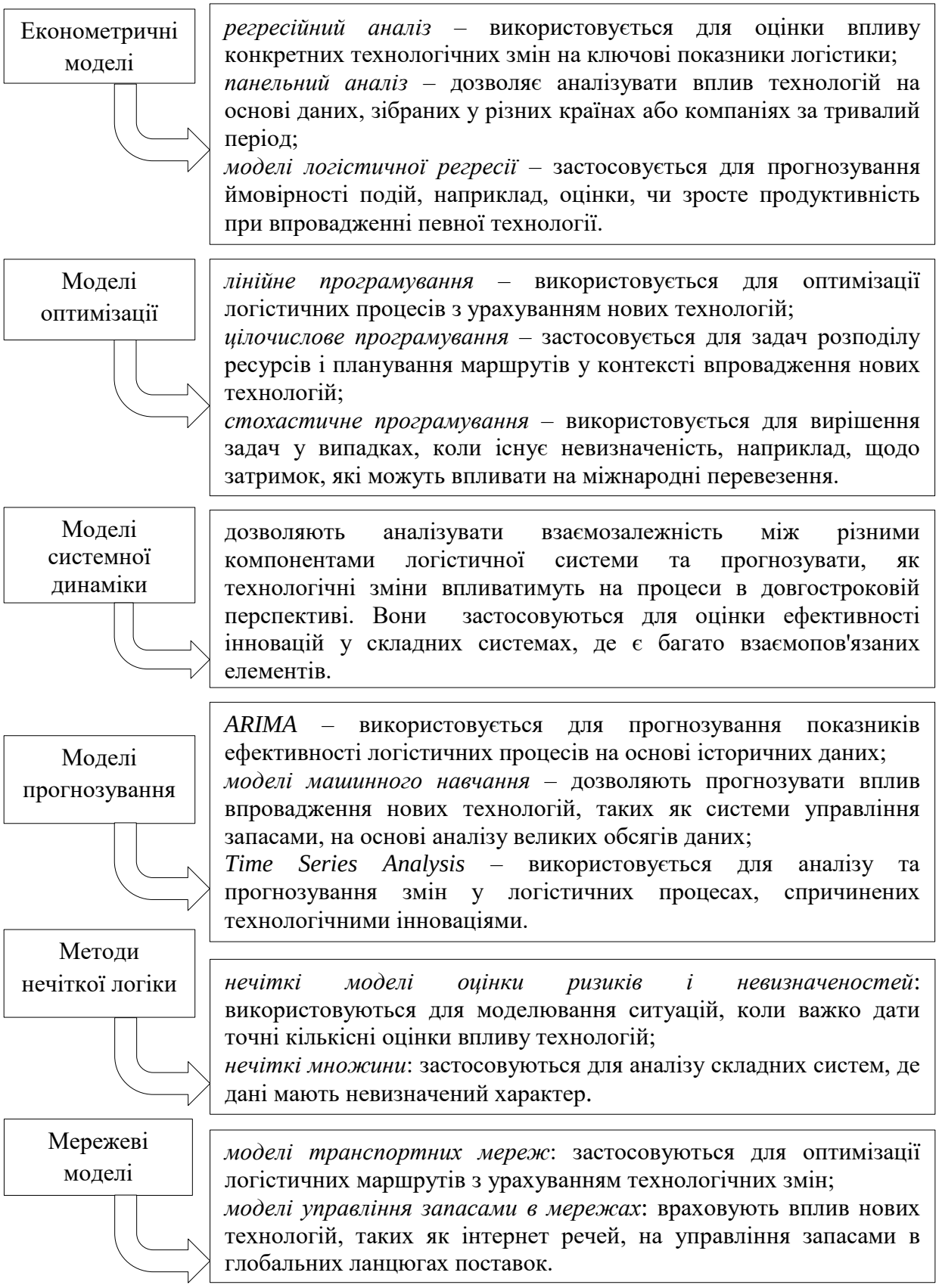


Рисунок 2.1 – Методи оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси

Регресійний аналіз є потужним інструментом для оцінки кількісного впливу технологій на ключові показники міжнародної логістики.

Панельний аналіз є статистичним методом, який використовується для аналізу даних, що включають часові ряди та крос-секційні дані. Це означає, що аналіз охоплює кілька об'єктів (наприклад, країни, компанії, логістичні операції) протягом декількох періодів часу. Цей метод дозволяє врахувати індивідуальні характеристики об'єктів та оцінити динаміку впливу змінних, що робить його ідеальним для оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародну логістику.

Особливості панельних даних:

– крос-секційні змінні: різні об'єкти аналізу, це можуть бути окремі країни або компанії;

– часові змінні: дані за кілька періодів (місяці, квартали, роки).

Перевагами панельного аналізу є:

– дозволяє враховувати індивідуальні особливості об’єктів, що можуть бути неявними, але впливають на залежну змінну;

– зменшує проблему мультиколінеарності між змінними;

– надає можливість аналізувати як динамічний (у часі), так і статичний вплив.

У панельному аналізі широко використовують модель з фіксованими ефектами (Fixed Effects Model, FEM), модель з випадковими ефектами (Random Effects Model, REM) та динамічні панельні моделі [20, 21]. Розглянемо їх більш детально.

Модель з фіксованими ефектами (Fixed Effects Model, FEM) враховує унікальні особливості кожного об'єкта, які не змінюються з часом (наприклад, інфраструктурні переваги певної країни). Така модель може бути використана для оцінки впливу автоматизації складів (X_1) та використання IoT (X_2) на час виконання замовлень (Y) у різних країнах:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + U, \quad (2.2)$$

де Y_{it} – залежна змінна для країни, X_{1it}, X_{2it} – незалежні змінні, α_i – фіксований ефект для кожної країни.

Перевагою даного методу є ефективне усунення впливу постійних у часі факторів (наприклад, географічне розташування). Недолік – не враховує змінні, що постійні у часі, як-от інфраструктура.

Модель з випадковими ефектами (Random Effects Model, REM) передбачає, що індивідуальні характеристики кожного об'єкта є випадковими і не корельованими з незалежними змінними. Така модель може бути використана для аналіз впливу цифрових технологій (X_1) та інвестицій у штучний інтелект (X_2) на витрати логістики (Y):

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + u_i + \varepsilon_{it}, \quad (2.3)$$

де u_i – випадковий ефект для кожної країни чи компанії.

Перевагою моделі є те, що вона ефективніше працює, якщо індивідуальні характеристики незначні. Недолік – менш точна у разі, якщо індивідуальні ефекти корельовані із змінними.

Динамічні панельні моделі використовуються, коли залежна змінна Y_{it} залежить від свого попереднього значення (наприклад, витрати на логістику в поточному році залежать від витрат у попередньому році). Такі моделі можуть бути використані для оцінки довгострокового ефекту впровадження автономного транспорту:

$$Y_{it} = \alpha + \rho Y_{it-1} + \beta X_{it} + u_i + \varepsilon_{it}, \quad (2.4)$$

де ρ – вплив попереднього стану залежної змінної.

Панельний аналіз є ідеальним інструментом для оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси, оскільки він

враховує як часову динаміку, так і індивідуальні особливості країн або компаній.

Коінтеграційний аналіз використовується для аналізу довгострокових зв'язків між змінними, які можуть бути нестаціонарними (наприклад, загальний обсяг інвестицій у технології та обсяг міжнародних перевезень). Можливості використання – оцінка довгострокового впливу автоматизації процесів на продуктивність логістики або аналіз залежності між розвитком технологій і торговими потоками [22].

Методи: тест Енгла-Гранджера – перевірка коінтеграції між двома змінними; VAR та VECM (Vector Error Correction Model) – враховують корекцію відхилень від довгострокового рівноважного стану. Формула для VECM має наступний вигляд:

$$\Delta Y_t = \alpha\left(\beta' X_t - \gamma\right) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \,, \tag{2.5}$$

де α – швидкість корекції до рівноваги, Xt – незалежні змінні, ε_t – похибка.

Моделі часових рядів досліджують, як технологічні інновації впливають на логістичні показники в часі. Можливості використання – аналіз змін у транспортних витратах після впровадження нових технологій та прогнозування потреб у логістичних ресурсах. Найпоширеніші методи:

– ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average): прогнозування на основі історичних даних;

– GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity): аналіз волатильності.

Логістична регресія є методом статистичного аналізу, який використовується для прогнозування ймовірності настання певної події залежно від впливу однієї або кількох незалежних змінних. У контексті міжнародної логістики, цей метод дозволяє оцінити, як технологічні інновації

впливають на якісні аспекти логістичних процесів, наприклад, ймовірність зниження затримок або збільшення ефективності [23].

Основна концепція логістичної регресії:

– залежна змінна (Y) є бінарною або категоричною, наприклад: Y=1 – інновація скорочує затримки, Y=0 – інновація не має ефекту.

– незалежні змінні (X_1, X_2, …, X_n) є кількісними чи якісними показниками, що описують впроваджені технології, рівень автоматизації, інвестиції тощо.

Формула логістичної регресії має наступний вид:

$$\ln\left(\frac{P(Y=1)}{1-P(Y=1)}\right)=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+...\beta_nX_n, \qquad (2.6)$$

де $P(Y=1)$ – ймовірність настання події; $\beta_0, \beta_1,\ldots,\beta_n$ коефіцієнти моделі.

Ймовірність настання події виражається наступним чином:

$$P(Y=1)=\frac{e^{\beta_0+\beta_1X_1+...+\beta_nX_n}}{1+e^{\beta_0+\beta_1X_1+...+\beta_nX_n}}.$$

Логістична регресія дозволяє передбачити ймовірність того, що впровадження нової технології покращить певний аспект логістики, наприклад: скорочення часу доставки; зменшення затримок у транспортних коридорах або поліпшення точності планування.

Перевагами логістичної регресії є: ефективність для прогнозування ймовірності подій; може працювати з категоричними та кількісними змінними; простота інтерпретації результатів. Недоліки – підходить лише для бінарних або категоричних залежних змінних; чутлива до кореляції між незалежними змінними (мультиколінеарності); вимагає великого обсягу даних для точного моделювання.

Логістична регресія є потужним інструментом для аналізу впливу технологій на логістичні процеси, особливо у випадках, коли необхідно класифікувати або оцінити ймовірність настання подій.

Наступна група методів – методи оптимізації. Моделі оптимізації є математичними підходами, які дозволяють знаходити найкращі рішення в умовах обмежених ресурсів. У контексті оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси, ці моделі використовуються для визначення оптимального розподілу ресурсів, маршрутів транспортування, розташування складів та інших аспектів логістики [24, 25].

Цільова функція оптимізаційної моделі характеризує показник ефективності, який необхідно мінімізувати або максимізувати. Наприклад, мінімізація витрат на транспортування або максимізація швидкості доставки. Обмеженнями моделі виступають реальні умови, які потрібно врахувати. Наприклад такі як, ліміти вантажопідйомності транспорту, пропускна здатність складів та інше. Змінними моделі є параметри, які необхідно оптимізувати. Наприклад, кількість вантажу, що транспортується певним маршрутом, рівень впровадження технології та інше.

Оптимізація транспортних мереж. Моделі оптимізації дозволяють визначати, як впровадження нових технологій (наприклад, автоматизації, IoT) впливає на ефективність транспортних мереж. Тоді цільова функція моделі – мінімізація загальних витрат на транспортування:

$$Y = \sum_{i,j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} , \tag{2.7}$$

де c_{ij} – витрати на транспортування вантажу від пункту, x_{ij} – кількість вантажу, що транспортується.

Обмеженнями моделі виступають наступні умови:

- пропускна здатність маршруту;
- доступність транспортних засобів;

- часові рамки доставки.

Вплив технологій – впровадження IoT може знижувати витрати (c_{ij}) за рахунок більш точного планування маршрутів.

Локаційні моделі визначають оптимальне розташування складів або центрів дистрибуції з урахуванням технологічного розвитку. Тоді цільова функція моделі – мінімізація сумарних витрат на транспортування та утримання складів:

$$Y = \sum_{i=1}^{n} k_i z_i + \sum_{i,j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} , \tag{2.7}$$

де, k_i – витрати на утримання складу, y_i – бінарна змінна (1, якщо склад відкрито; 0, якщо ні).

Вплив технологій – використання автоматизованих складів може зменшити та покращити розподіл ресурсів.

Моделі оптимізації запасів дозволяють врахувати, як технології (наприклад, блокчейн або штучний інтелект) впливають на управління запасами. Тоді цільова функція моделі – мінімізація витрат на утримання запасів:

$$Y = \sum_{t=1}^{T} \left(h_t I_t + o_t O_t \right), \tag{2.8}$$

де ht – витрати на зберігання запасів у період, It – рівень запасів, ot – витрати на дефіцит запасів, Ot – обсяг замовлень.

Вплив технологій – інтеграція блокчейн-технологій може зменшити невизначеність поставок, оптимізуючи

Задачі маршрутизації визначають оптимальні маршрути для транспортування вантажів з урахуванням технологій. Тоді цільова функція моделі – мінімізація сумарного часу перевезення:

$$Y = \sum_{k=1}^{K} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} t_{ij} x_{ijk} \,, \tag{2.9}$$

де t_{ij} – час транспортування між пунктами і та j, x_{ijk} – бінарна змінна (1, якщо транспорт k використовується; 0, якщо ні).

Вплив технологій – використання GPS та IoT дозволяє зменшити t_{ij} за рахунок вибору оптимальних маршрутів у реальному часі.

До переваг оптимізаційних моделей слід віднести:

– дозволяють знайти найкраще рішення в складних системах;

– інтеграція технологій (наприклад, AI для прогнозів) підвищує точність моделі;

– застосовуються до різних рівнів логістичних процесів (операційний, тактичний, стратегічний).

Недоліки оптимізаційних моделей – потрібен великий обсяг даних для побудови моделей; складність врахування всіх змінних і обмежень; високі вимоги до обчислювальних ресурсів.

В цілому моделі оптимізації є потужними інструментами для аналізу впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси, оскільки вони дозволяють досягати максимальної ефективності навіть у складних умовах.

Моделі системної динаміки використовуються для аналізу складних систем, які розвиваються у часі. Вони дозволяють враховувати динамічну взаємодію між різними елементами системи, включаючи зворотні зв’язки, затримки, і нелінійні ефекти. У контексті міжнародних логістичних процесів, ці моделі допомагають оцінити вплив технологій, таких як автоматизація, IoT, та блокчейн, на функціонування логістичних мереж. Моделі системної динаміки – це комп'ютерні моделі, які використовують диференціальні рівняння для опису змін змінних у часі. Вони дозволяють моделювати циклічні процеси, затримки, посилення та згасання впливу різних факторів.

Моделі системної динаміки застосовуються в логістиці, зокрема для:

– аналізу ланцюгів поставок: моделі допомагають зрозуміти, як зміни в одному елементі ланцюга поставок впливають на інші. Наприклад, як впровадження нової системи управління запасами впливає на рівень сервісу для клієнтів;

– оцінки впливу технологічних інновацій: дозволяють оцінити, як нові технології, такі як штучний інтелект, робототехніка, блокчейн, впливають на ефективність логістичних операцій, витрати та рівень сервісу;

– прогнозувати майбутні тенденції: моделі можуть бути використані для прогнозування попиту на транспортні послуги, зміни в структурі витрат, вплив нових регуляторних вимог та інших факторів;

– оптимізації логістичних процесів: допомагають виявити вузькі місця в логістичних процесах та розробити заходи для їх усунення.

Моделі системної динаміки є потужним інструментом для дослідження складних логістичних систем. Вони дозволяють:

- зрозуміти взаємозв'язки між різними елементами системи;
- оцінити вплив технологічних інновацій на логістичні процеси;
- прогнозувати майбутні тенденції;
- оптимізувати логістичні процеси.

Застосування моделей системної динаміки в логістиці дозволяє приймати більш обґрунтовані управлінські рішення та підвищувати ефективність логістичних операцій.

Моделі прогнозування використовуються для аналізу історичних даних та виявлення трендів, які дозволяють передбачати вплив технологічних інновацій на логістичні процеси. У контексті міжнародної логістики вони допомагають оцінити, як технології (наприклад, автоматизація, штучний інтелект, блокчейн) впливають на швидкість, витрати, точність і стабільність постачань [26].

Типи моделей прогнозування, які можна застосовувати у логістиці:

– статистичні моделі: використовують математичний аналіз для виявлення трендів у часових рядах. Наприклад, лінійна регресія, ARIMA;

– моделі машинного навчання: використовують алгоритми для виявлення складних взаємозв’язків у великих наборах даних. Наприклад, Random Forest, нейронні мережі;

– гібридні моделі: комбінують статистичні підходи з алгоритмами машинного навчання для більш точної оцінки.

Моделі прогнозування дозволяють оцінити, як впровадження нових технологій впливає на зростання обсягів вантажопотоків. Так за допомогою лінійної регресії можна змоделювати залежність між технологічним індексом (наприклад, рівнем автоматизації) та обсягом вантажів. А ARIMA модель дозволяє передбачити обсяги вантажів на основі історичних даних з урахуванням сезонності та трендів.

Моделі прогнозування витрат на логістику дозволяють оцінити, як нові технології впливають на витрати. Наприклад, регресійні моделі дозволяють оцінити залежність між технологічним розвитком (наприклад, автоматизацією складів) та витратами.

Перевагами даних моделей є висока точність прогнозів за наявності якісних даних, можливість врахування складних взаємозв’язків і нелінійних ефектів, підтримка сценарного аналізу для планування. До недоліків слід віднести: високу залежність від точності та обсягу історичних даних, складність інтерпретації результатів (особливо у випадку нейронних мереж), потреба в значних обчислювальних ресурсах для алгоритмів машинного навчання.

Мережеві моделі використовуються для аналізу складних взаємозв’язків між об'єктами логістичної системи, такими як постачальники, транспортні вузли, склади та кінцеві споживачі. Вони дозволяють оцінювати ефекти впровадження нових технологій, оптимізувати ланцюги постачання та покращувати їх ефективність.

Мережа логістичних процесів представляється як граф, де у якості вершин виступають транспортні вузли (порти, склади, розподільчі центри, кінцеві точки доставки); у якості ребер – шляхи транспортування (автомобільні дороги, залізниці, авіаційні маршрути тощо), вагами можуть бути витрати, час, або обсяги вантажів, що транспортуються. Технологічний розвиток змінює характеристики мережі, наприклад: зменшує ваги ребер (завдяки автоматизації або цифровізації), додає нові вершини (нові склади, інтегровані блокчейн-системи), оптимізує маршрути або усуває вузькі місця.

Розглянемо приклади мережевих моделей у логістиці [27, 28].

Моделі найкоротшого шляху – визначають оптимальні маршрути між пунктами призначення з мінімальними витратами або часом транспортування. Впровадження GPS і систем автоматизованого планування (наприклад, IoT) дозволяє покращити точність моделювання маршрутів. Наприклад, оптимізація доставки в умовах реального часу з урахуванням впровадження IoT у перевезеннях.

Моделі потоків у мережах – оцінюють обсяги перевезень між вузлами з урахуванням пропускної здатності маршрутів. Використовуються для аналізу впливу автоматизації портів на швидкість обробки контейнерів. Наприклад, збільшення пропускної здатності морських портів на 30% завдяки впровадженню автоматизованих кранів.

Моделі максимального потоку – визначають максимальну кількість вантажів, які можуть бути переміщені через мережу за одиницю часу. Використовуються для планування розширення інфраструктури з урахуванням впровадження нових технологій. Наприклад, автоматизація складів і транспорту дозволяє збільшити обсяги перевезень у логістичних мережах.

Стохастичні мережеві моделі – враховують невизначеності (зміни попиту, погодні умови, затримки на митниці) у логістичних процесах. Використовуються для аналізу ризиків і надійності мережі з використанням

технологій штучного інтелекту. Наприклад, використання алгоритмів прогнозування для оцінки затримок у міжнародному транспортуванні.

Динамічні мережеві моделі – аналізують, як змінюється мережа у часі під впливом технологій. Використовуються для планування інвестицій у цифровізацію або автоматизацію. Наприклад, моделювання ефектів впровадження блокчейн-технологій у реальному часі для спрощення транзакцій.

Перевагами мережевих моделей є висока точність у врахуванні взаємозв'язків між елементами системи, можливість врахування різних критеріїв (час, витрати, пропускна здатність), підтримка сценарного аналізу. До недоліків слід віднести велику залежність від точності вхідних даних, складність моделювання для дуже великих систем, необхідність значних обчислювальних ресурсів.

Мережеві моделі є ефективним інструментом для аналізу та оптимізації міжнародних логістичних процесів, забезпечуючи врахування складних взаємозв'язків між технологіями, витратами і часом

Методи нечіткої логіки – це математичний підхід, який дозволяє працювати з невизначеністю та нечіткими даними. У контексті міжнародної логістики ці моделі застосовуються для оцінки впливу технологічного розвитку, коли дані або зв'язки між змінними є нечіткими, наприклад, через різні регіональні особливості, динаміку ринків або змінні умови транспортування.

2.2 Застосування нечіткої логіки у моделюванні логістичних процесів

У сучасних умовах глобалізації міжнародної торгівлі логістичні системи стають дедалі складнішими та багатофакторними. Традиційні методи моделювання не завжди здатні ефективно враховувати невизначеність і нечіткість, що властиві логістичним процесам. У зв'язку з цим, нечітка логіка, яка базується на ідеї моделювання нечітких, лінгвістично

описаних даних, знаходить широке застосування у моделюванні логістичних процесів.

Нечітка логіка дозволяє враховувати неповну або приблизну інформацію шляхом застосування нечітких множин та лінгвістичних змінних. Особливістю нечіткої логіки є здатність оперувати нечіткими значеннями (наприклад, «високий», «низький»), що робить її корисною для моделювання складних систем із великою кількістю невизначеностей [29].

Логістичні процеси часто стикаються з неповними даними та складними взаємозв’язками. Нечітка логіка дозволяє:

- оптимізувати транспортні потоки, наприклад, моделювання маршрутизації вантажів з урахуванням умов дорожнього руху, погоди та часу доставки;
- оцінювати ризики та ефективність, використання нечітких змінних для оцінки факторів, що впливають на затримки у доставці, таких як надійність постачальників або погодні умови [29].
- управляти складськими операціями, нечіткі моделі дозволяють визначати оптимальні рівні запасів, уникаючи надлишку або дефіциту продукції.

Тож, нечітка логіка – це потужний інструмент для моделювання складних систем, особливо таких, де присутні невизначеність та суб'єктивні оцінки. В контексті міжнародної логістики, вона дозволяє враховувати широкий спектр факторів, які впливають на процес, таких як політична ситуація, економічні умови, технологічні інновації тощо. Розглянемо етапи побудови нечіткої моделі (рис. 2.2).

«У загальному випадку механізм логічного висновку включає чотири етапи: уведення нечіткості (фазифікація), нечіткий висновок , композиція та приведення до чіткості, або дефазифікація (рис. 2.3). Фазифікатор перетворить точну множину вхідних даних у нечітку множину, визначену за допомогою функції приналежності, а дефазифікатор вирішує зворотне

завдання – формує однозначне рішення щодо вхідної змінної на підставі багатьох нечітких висновків, вироблюваних виконавчим модулем» [30].



Рисунок 2.2 – Етапи побудови нечіткої моделі

Функція приналежності є основним елементом нечіткої логіки, яка використовується для опису нечітких множин. Вона визначає, наскільки певний елемент належить до нечіткої множини. Значення функції приналежності змінюється в діапазоні від 0 до 1, де 0 – елемент не належить множині, 1 – елемент повністю належить множині.

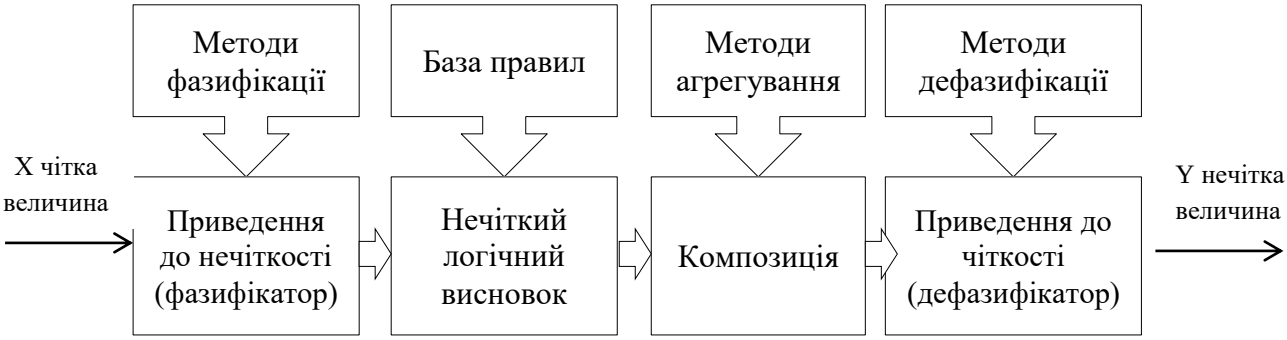


Рисунок 2.3 – Система нечіткого висновку

Нечітку множину А в Х визначають як сукупність пар вигляду [31]:

$$A = \{(x, \mu_A(x), x \in X)\}, \tag{2.10}$$

де X – універсальна множина (базова шкала);

$\mu_A(x)$ – функція належності нечіткої множини A, яка відображає $X \to [0,1]$.

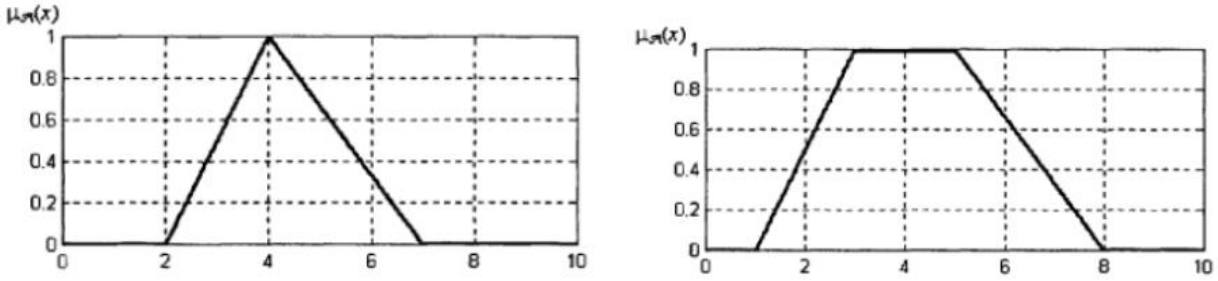
«З цього означення випливає, що звичайні (класичні) множини становлять підклас класу нечітких множин. Адже звичайну множину B можна також визначити як сукупність пар вигляду $x, \mu_B(x)$, де характеристична функція $\mu(x)$ може набувати тільки значення (нуль чи одиницю), тобто» [31]:

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 1, \textit{ якщо } x \in B \\ 0, \textit{ якщо } x \notin B \end{cases}.$$

«Значення $\mu_A(x)$ функції належності для конкретного значення x називають мірою приналежності цього елемента нечіткій множині A. Ця функція визначає суб'єктивну міру впевненості експерта про те, що задане конкретне значення базової шкали x відповідає нечіткій множині A. Міру належності не можна ототожнювати з ймовірністю, тому що невідома функція розподілу, немає повторюваності експериментів. Значення цієї

функції можуть бути знайдені тільки за допомогою опитування експертів, їхнього досвіду та інтуїції. Оскільки нечітка множина цілком описується своєю функцією належності, то іноді використовуватимемо цю функцію для позначення нечіткої множини. Під час проведення економічного аналізу із застосуванням теорії нечітких множин найбільш поширеними в практичному використанні є два способи формування функції належності: трапецієподібний та трикутний. Форми нечітких чисел, які використовують у цих випадках для опису невизначених параметрів, називають трапецієподібною та трикутною. Під час завдання нечітких чисел використовують експертну інформацію про параметр. До неї належать назва параметра q і діапазон $[q, q]$ зміни його значень, кількість лінгвістичних термів, з допомогою яких оцінюють цей параметр і назва кожного з цих термів. Чисельне значення функції $\mu_A(x)$ для кожного конкретного елемента x визначає ступінь приналежності цього даного елемента нечіткій множині *A»* [31].

На рис. 2.4 наведено графіки функцій приналежності.



Трикутна функція приналежності

Трапецієвидна функція приналежності

Рисунок 2.4 – Графіки функцій приналежності

Функції приналежності можуть мати різні форми, залежно від задачі та характеристики нечіткої множини. Розглянемо існуючи функції приналежності, якщо кожна з цих функцій задана на відрізку [0 – 10], в якості якого обраний замкнутий інтервал дійсних чисел. Трикутна функція є

найпростішою формою функцій приналежності, яка має лінійні ділянки. Вона визначається трьома параметрами: a (ліва межа), b (центр або пік), c (права межа). Значення a і c визначають точки, де функція дорівнює нулю. Значення b – це пік функції, де приналежність дорівнює 1.

Трикутна функція приналежності в загальному випадку може бути задана аналітично наступним виразом [31]:

$$\mu(x)=\begin{cases}0, x<a \text{ або } x<c\\ \dfrac{x-a}{b-a}, a\le x\le b\\ \dfrac{c-x}{c-b}, b\le x\le c\end{cases}. \qquad (2.11)$$

Перевагою даної функції приналежності є простота побудови та легкість у використанні в задачах із лінійними залежностями.

Трапецієподібна функція приналежності (рис. 2.4) є узагальненням трикутної функції. Вона додає горизонтальну ділянку, яка відповідає постійній приналежності $\mu(x)$=1 у межах плато. Аналітично дану функцію можна подати наступним чином:

$$\mu(x)=\begin{cases}0, & x<a \text{ або } x>d\\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a\le x\le b\\ 1, & b\le x\le c\\ \dfrac{d-x}{d-c}, & c\le x\le d\end{cases}. \qquad (2.12)$$

Значення a і d це – точки, де функція дорівнює 0, b і c – межі плато, де функція дорівнює 1. Перевагою даної функції приналежності є можливість моделювання характеристик, які мають стабільний діапазон значень. Також дана функція приналежності забезпечує точніший опис множин із широкими значеннями параметрів.

Гауссова функція приналежності має гладкий вигляд і базується на розподілі Гаусса (нормальному розподілі). Аналітично дану функцію можна подати наступним чином:

$$\mu(x) = y = exp\left(-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}\right), \tag{2.13}$$

де c – центр або середнє значення, σ – стандартне відхилення, що визначає ширину функції.

Особливостями цієї функції приналежності є те, що значення плавно змінюється від 0 до 1 і назад до 0. Параметр σ впливає на «розмитість» функції: чим більше σ, тим ширший пік. Перевагою даної функції приналежності є те, що плавний перехід між значеннями забезпечує реалістичність у моделюванні та підходить для ситуацій із природними розподілами.

Сигмоїдна функція (рис. 2.5) приналежності має форму S-подібної кривої, яка підходить для задач, де є плавне наростання чи спадання значень. У загальному випадку ця функція задається аналітично наступним виразом:

$$\mu(x) = \frac{1}{1+e^{-a(x-c)}}, \tag{2.14}$$

де *a, c* – деякі числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a < c$, а *e* – основа натурального логаріфму, яке ініціює завдання відповідної експоненціальної функції. При цьому у разі a > 0 може бути отримана S-подібна функція приналежності, а в разі a <0 – Z-подібна функція приналежності. Параметр a задає крутизну кривої, *c* – центр, де функція досягає значення 0,5.

Особливостями цієї функції є те, що крива монотонно зростає від 0 до 1, а крутизна регулюється параметром a, чим більше значення a тим крутіший перехід.

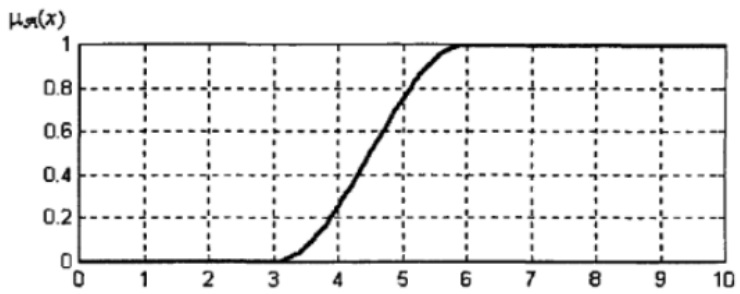


Рисунок 2.5 – Графік S-подібної функцій приналежності

Перевагою даної функції приналежності є зручність для моделювання явищ із поступовим зростанням або спаданням, а гладкість кривої полегшує обчислення в складних моделях.

«S – подібні функції використовуються для представлення таких нечіткіх множин, які характеризуються невизначеністю типу: «велика кількість», «велике значення», «значна величина», «високий рівень доходу і цін», «висока норма прибутку», «висока якість послуг», «високий сервіс обслуговування» і багатьох інших. Спільним для всіх таких ситуацій є високий ступінь прояви явища того або іншого якісної або кількісної ознаки. Особливість нечіткого моделювання при цьому полягає в поданні відповідних нечітких множин за допомогою монотонно зростаючих функцій приналежності» [31].

Наступним етапом побудови нечіткої моделі є побудова бази правил. База правил є ключовим компонентом нечіткої моделі, яка визначає логіку взаємозв'язку між входами та виходами. «Цей процес передбачає побудову набору умовних тверджень (правил), що формулюються на основі знань експертів або даних. База правил використовується для ухвалення рішень у системі на основі нечіткої логіки. Нечіткі правила формуються за правилом «якщо…, то...», де в якості умов і висновків використовуватися нечіткі

висловлення. «Алгоритми нечіткого висновку різняться головним чином видом використовуваних правил, логічних операцій і різновидом методу дефазифікації. Розроблені моделі нечіткого висновку Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото. Найбільш часто використовуваними є моделі Мамдані та Сугено. Змістовна інтерпретація нечіткої моделі як Мамдані так і Сугено передбачає вибір і специфікацію вхідних і вихідних змінних відповідної системи нечіткого висновку. Даний алгоритм описує декілька етапів, що послідовно виконуються. При цьому кожний наступний етап отримує на вхід значення, отримані на попередньому кроці» [30].

«Якщо порівнювати моделі нечіткого висновку по Мамдані та моделі типу Сугено, то можна відзначити, що вони відрізняються між собою форматом бази знань і процедурою дефазифікації. Модель Мамдані у цей час одержала найбільше практичне застосування в задачах нечіткого моделювання. Відмінним принципом даної моделі є те, що його правила логічного висновку у своїх консеквентах (у правій частині) містять нечіткі значення (функції приналежності). При використанні максимуму як оператора агрегації й мінімуму як оператора імплікації процедура одержання нечіткого значення виходу називається композицією max- min. Модель Сугено на відмінну, від моделі Мамдані використовує такі правила, у яких вихідна змінна задається у вигляді функції від вхідних змінних (лінійна, квадратична і т.д.). Алгоритм Мамдані та Сугено вже реалізовані в таких продуктах як Fuzzy Logic Toolbox (розширення для Matlab). Із побудованих моделей в даному середовищі можна побачити, що параметри моделі типу Мамдані змістовно легко інтерпретуються у той час як модель типу Сугено забезпечує, як правило, більш високу точність при низькій інтерпретуючій здатності» [30]. Мамдані підходить для задач із нечіткими, лінгвістичними результатами, де важлива інтерпретація результатів експертами. Сугено краще використовувати для технічних систем, де вихід потрібен у числовій формі для подальшого автоматичного управління.

І на останньому етапі побудови нечіткої моделі отримані нечіткі значення вихідних змінних перетворюються на точні значення за допомогою методу дефазифікації. Процес дефазифікації є ключовим етапом, на якому визначається кінцеве (чітке) значення вихідної змінної. Її мета – знайти одне конкретне значення, яке найкраще представляє отриману нечітку множину, отриману після агрегації правил.

РОЗДІЛ 3
МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ НА МІЖНАРОДНІ ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ

3.1 Міжнародна логістика: позиція України на світовому ринку

Євроінтеграція відкриває для українських підприємств нові можливості для виходу на міжнародні ринки та пошуку збуту для своєї продукції, що підсилює конкуренцію серед компаній і вимагає швидкої адаптації до змін. В умовах посилення глобальної конкуренції та необхідності підвищення економічної ефективності, виникає потреба в оптимізації логістичних процесів. Орієнтація на міжнародні ринки стала невід'ємною частиною логістичних стратегій українських підприємств і організацій. Країни, що активно беруть участь у світовій торгівлі, демонструють зростання обсягів логістичних послуг, про що свідчать статистичні дані [32].

Україна має стратегічно важливе географічне положення на перехресті між Європою, Азією та Близьким Сходом. Це робить її природним мостом для міжнародної логістики та транспортних коридорів. Через Україну проходять важливі транспортні шляхи, зокрема, європейські транспортні коридори, які забезпечують зв'язок між країнами ЄС та Азією. А Чорноморське узбережжя забезпечує прямий доступ до світової торгівлі морем. Ключовими портами є Одеський порт (найбільший в Україні, потужність якого понад 40 млн. тонн на рік, основні вантажі – зерно, контейнери, металопродукція) та Миколаївський порт (орієнтований на аграрний сектор – зернові та олія). Залізнична мережа України є однією з найбільших у Європі, з довжиною понад 20 000 км. Основними напрями є західний та південний напрямки. Західний напрямок сполучає Україну з країнами ЄС (Польща, Угорщина, Румунія). Даний напрям використовується для експорту зернових, металів, та промислових товарів. Південний напрямок – це шляхи до портів Чорного моря. Сприяє експорту сировинних

ресурсів. Залізнична логістика має потенціал до збільшення перевезень через міжнародні вантажні термінали, чому сприятиме інтеграція в європейські стандарти залізничної колії (відмінність ширини колії між Україною та ЄС потребує модернізації). Однак, через війну та політичну нестабільність, ці маршрути зазнали значних змін, що ставить виклики перед українською логістичною системою.

Для оцінки ефективності міжнародних ланцюгів постачання та визначення конкурентоспроможності країн на глобальному логістичному ринку застосовується Індекс ефективності логістики. Цей індекс служить важливим інструментом для аналізу ключових аспектів логістичних систем, дозволяючи порівнювати країни за їх здатністю ефективно управляти логістичними процесами та забезпечувати високий рівень послуг у сфері транспортування, митного оформлення та інфраструктури.

Індекс ефективності логістики (LPI, Logistics Performance Index) розроблений Світовим банком і публікується кожні два роки. Індекс LPI оцінюється за шкалою від 1 до 5, де 1 – найнижчий рівень, а 5 – найвищий. Це комплексний показник, що враховує такі компоненти, як ефективність митного оформлення, якість інфраструктури, простота організації міжнародних перевезень, компетентність логістичних операторів, відстеження та відстежуваність вантажів, а також своєчасність доставки.

Динаміка індексу ефективності логістики наведено у таблиці 3.1 [33]. З табл. 3.1 видно, що у 2023 році Сінгапур піднявся на перше місце, змістивши Німеччину, яка лідирувала у 2018 році. Європейські країни, як і раніше, домінують у рейтингу, але азіатські країни, зокрема Сінгапур та Гонконг, показують стабільні результати. У цих країнах добре розвинена інфраструктура, висока якість логістичних послуг та ефективні митні процедури. Такі країни здатні забезпечити швидке та надійне постачання товарів на міжнародному рівні. Польща, Словенія та Угорщина мають стабільний середній показник, який демонструє, що країни мають досить

розвинену логістичну систему, але є деякі аспекти, які потребують покращення.

Таблиця 3.1 – Результати оцінки ефективності логістики країн світу

Країна	Індекс LPI				
	2012	2014	2016	2018	2023
Німеччина	4,03 (4)	4,12 (1)	4,23 (1)	4,20 (1)	4,1 (3)
Швеція	3,85 (13)	3,96 (6)	4,20 (3)	4,05 (2)	4,1 (3)
Бельгія	3,98 (7)	4,04 (3)	4,11 (6)	4,04 (3)	4,0 (7)
Австрія	3,89 (11)	3,81 (16)	4,10 (7)	4,03 (4)	4,0 (7)
Японія	3,93 (8)	3,91 (10)	3,97 (12)	4,03 (5)	3,9 (13)
Нідерланди	4,02 (5)	4,05 (2)	4,19 (4)	4,02 (6)	4,1 (3)
Сінгапур	4,13 (1)	4,00 (5)	4,14 (5)	4,00 (7)	4,3 (1)
Данія	4,02 (6)	3,78 (17)	3,82 (17)	3,99 (8)	4,1 (3)
Велика Британія	3,90 (10)	4,01 (4)	4,07 (8)	3,99 (9)	3,8 (17)
Фінляндія	4,05 (3)	3,62 (24)	3,92 (15)	3,97 (10)	4,2 (2)
Польща	3,43 (30)	3,49 (31)	3,43 (33)	3,54 (28)	3,6 (26)
Словенія	3,29 (34)	3,38 (38)	3,18 (50)	3,31 (35)	3,3 (43)
Угорщина	3,17 (40)	3,46 (33)	3,43 (31)	3,42 (31)	3,2 (51)
Україна	2,85 (66)	2,98 (61)	2,74 (80)	2,83 (66)	2,7 (79)
Загальна кількість країн	155	160	160	160	140

Україна в 2023 році мала індекс 2,7, що нижче середнього рівня, а це свідчить про наявність значних проблем у логістичній інфраструктурі, митному оформленні або якості послуг. Країна стикається з труднощами у забезпеченні ефективного та швидкого постачання товарів. Дана ситуація відображає складнощі, з якими зіштовхнулась країна через війну та інші фактори. Дані індексу відображають не лише ефективність логістики в мирний час, але й здатність країн адаптуватися до викликів, таких як пандемія COVID-19 або військові конфлікти. Показники України в індексі суттєво коливалися через військові дії та перебудову логістичних маршрутів, що свідчить про потребу в модернізації та інноваціях у цій сфері.

Україна є важливим постачальником аграрної продукції на світовому ринку. Ефективна логістика є ключовим фактором для експорту зерна,

металів, і хімічних продуктів. Найбільшу частку експорту займає сільськогосподарська продукція, зокрема зернові культури (пшениця, кукурудза) та насіння олійних культур (соняшник, ріпак). Частка продуктів рослинного походження у 2023 р становила 32,4% до загального обсягу експорту, зокрема зернові культури 23%, частка продукції тваринного та рослинного походження – 15,6%, частка харчових продуктів – 9% (рис. 3.1) [34].

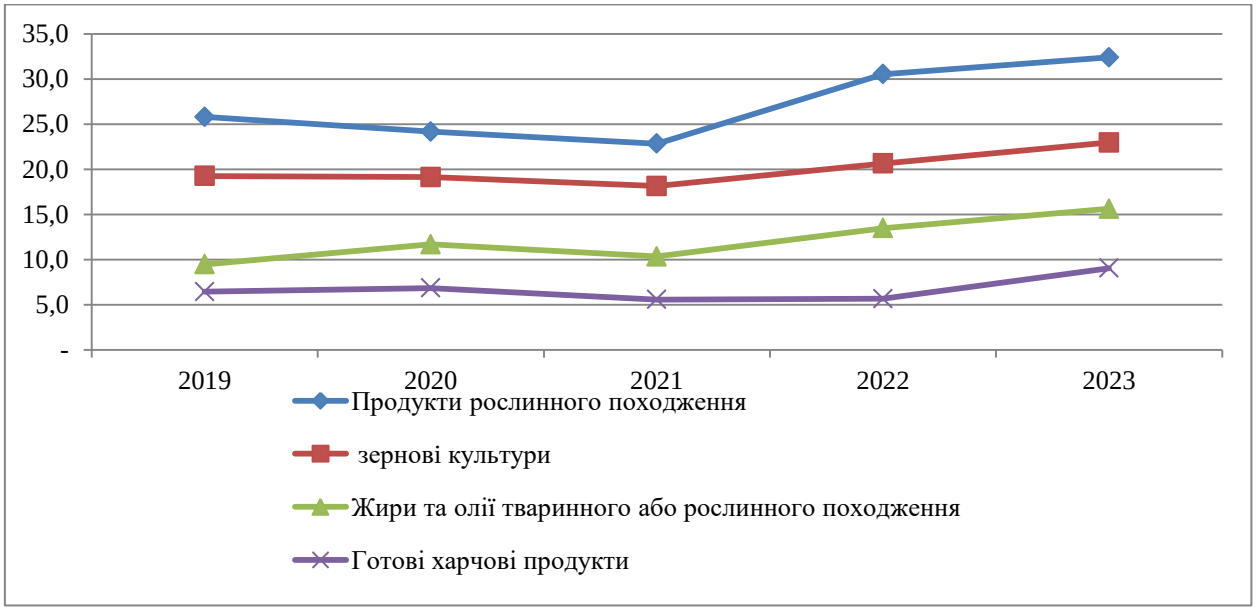


Рисунок 3.1 – Динаміка частки обсягів експорту аграрної продукції

Аналізуючи дані рис. 3.1, видно, що у 2023 р зросла частка усіх видів експортованої продукції. Частка зернових культур зросла у 2023 р відносно 2019 р майже на 4%, частка продукції тваринного та рослинного походження на – 6,2%, частка харчових продуктів на – 2,6%. Зростання частки зернових культур та харчових продуктів відбулося завдяки підвищенню попиту на продовольство на світових ринках, особливо в умовах глобальних криз, пов'язаних із пандемією та війною. Значний експорт цієї продукції сприяв збереженню валютних надходжень в економіку. Водночас збільшення частки продукції тваринного і рослинного походження вказує на розвиток агропромислового комплексу та перехід до більш диверсифікованого

експорту в аграрній сфері. Наявна тенденція свідчить про зміну структури українського експорту внаслідок адаптації до нових умов міжнародної торгівлі, викликаних як геополітичними факторами, так і перебоями у виробничих процесах. Україна залишалася провідним постачальником продовольства до ЄС та інших регіонів навіть в умовах війни. Експорт сільськогосподарської продукції постраждав через проблеми з транспортом, пов'язані з блокадою портів та обмеженнями на транзит у деяких країнах Східної Європи, хоча «зернова угода» тимчасово зняла частину цих бар'єрів.

Металургійна продукція (сталь, чавун, феросплави) також залишаються важливою для експорту. У 2023 році цей сегмент стикався зі зниженням попиту та логістичними складнощами (рис. 3.2) [34].

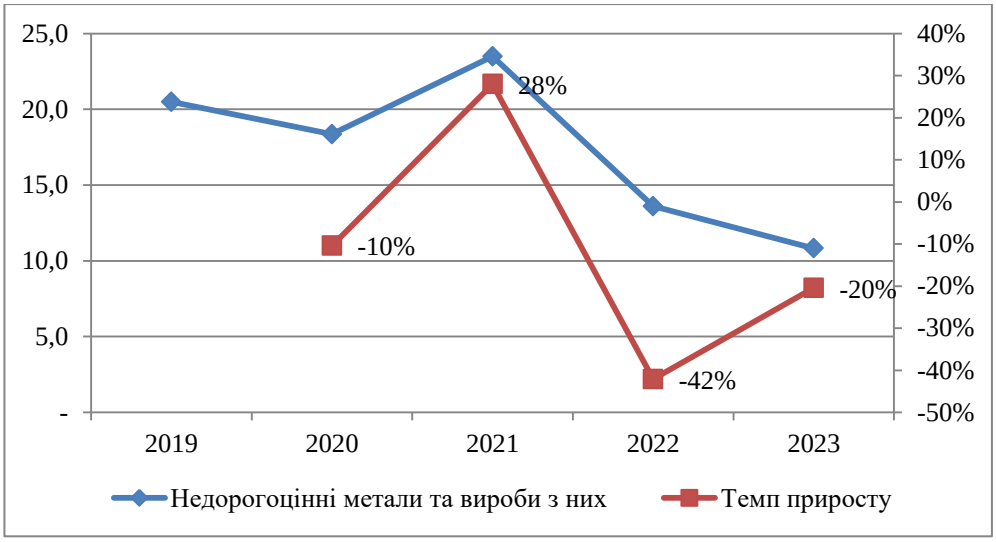


Рисунок 3.2 – Динаміка частки експорту металургійної продукції

З рис. 3.2 видно, що частки експорту металургійної продукції щороку скорочується, так у 2023 р відносно 2019 р знизилась на 47%. Це сталося у зв’язку з зниженням виробничих потужностей через руйнування промислових підприємств унаслідок війни, а також через втрату контролю над регіонами, де розташовані ключові металургійні заводи. Зокрема, суттєвий вплив мали бойові дії на Донбасі та у Приазов'ї, де зосереджена значна частка металургійної промисловості України. Блокада портів, які

використовувалися для експорту металопродукції, додатково ускладнила ситуацію, оскільки морські перевезення були основним шляхом доставки на зовнішні ринки.

Експорт хімічних добрив і продукції органічної хімії триває, але обсяги значно зменшилися через перебої у виробництві та постачаннях (рис. 3.3) [34].

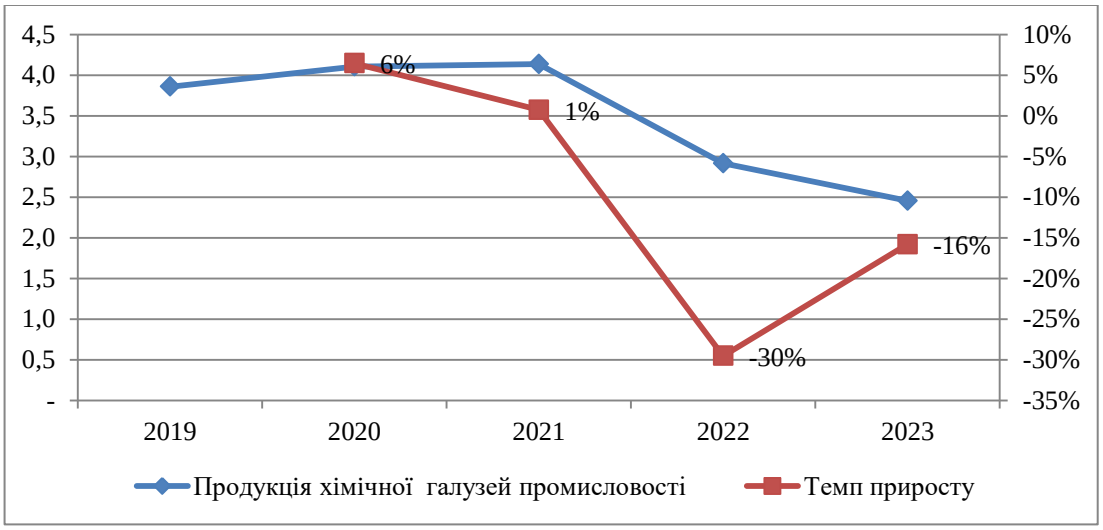


Рисунок 3.3 – Динаміка частки експорту хімічної продукції

Аналізуючи дані рис. 3.3, видно, що у 2023 р скоротилась частка експорту хімічної продукції на 36% відносно 2019 р. В першу чергу це викликано зниженням виробничих потужностей хімічних підприємств через військові дії, пошкодженням або втратою контрольованих територій, де розташовані ключові підприємства хімічної промисловості, а також ускладненнями у логістиці. Особливо значними були втрати в регіонах, які спеціалізуються на виробництві азотних добрив, хімічних реагентів та органічної хімії. Крім того, зниження експорту пояснюється скороченням внутрішнього виробництва через дефіцит сировини, перебої в постачанні енергоресурсів та зростання собівартості продукції. В умовах глобалізації та зростаючої конкуренції, Україна повинна модернізувати свою логістичну

інфраструктуру, щоб залишатися конкурентоспроможною. Це включає розвиток портів, залізниць, доріг та авіаційного сполучення.

Російське вторгнення в Україну в 2022 році суттєво вплинуло на логістичну інфраструктуру країни. Зруйновані дороги, мости, порти та залізниці створили значні перешкоди для транспортування товарів, як всередині країни, так і за її межами. Це змушує Україну адаптувати свою логістику до нових умов, шукаючи альтернативні шляхи експорту, такі як Дунайський шлях або розширення використання залізничного транспорту до Європейського Союзу.

Аналізуючи обсяги імпорту варто відзначити, що найбільшу частку займають енергоресурси. Найбільшими статтями імпорту залишаються паливо (бензин, дизельне пальне) і природний газ, необхідні для енергозабезпечення країни, зокрема в умовах військових пошкоджень інфраструктури. Також, імпорт легкових автомобілів та промислового обладнання, включаючи генератори, зріс через потребу в оновленні технічного парку та енергозабезпеченні. Значну частину імпорту становлять товари подвійного призначення (зокрема, військова техніка та боєприпаси), значення яких суттєво зросло у зв’язку з триваючими бойовими діями.

За 2023 рік товарообіг України досяг близько $98,8 млрд, але баланс залишився негативним, оскільки імпорт значно перевищував експорт. Основними торговельними партнерами України залишаються ЄС, Китай та Туреччина. Експорт до ЄС зосереджений на аграрній продукції, тоді як з Китаєм торгівля охоплює як сільське господарство, так і продукцію металургії.

Україна активно розвиває торговельні відносини в рамках міжнародних угод, спрямованих на інтеграцію до світової економіки. Основними напрямками цього процесу є: Угода про асоціацію з ЄС, співпраця СОТ, регіональні угоди та інтеграція до глобальних ланцюгів постачання. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, що діє з 2014 року, передбачає створення поглибленої та всеохоплюючої зони вільної торгівлі.

Вона відкриває доступ до ринку ЄС для українських товарів і послуг, знижуючи митні тарифи та регулюючи технічні бар'єри у торгівлі. У 2023 році було відзначено суттєве зростання експорту української аграрної продукції до ЄС завдяки спрощенню процедур і гармонізації стандартів [35]. З огляду на підписання Угоди про асоціацію з Європейським Союзом та подання заявки на вступ до ЄС, Україна активно працює над гармонізацією своїх транспортних та логістичних стандартів з європейськими. Це відкриває нові можливості для інтеграції України в європейські та глобальні логістичні ланцюги поставок.

Україна, як член Світової організації торгівлі (СОТ), використовує механізми цієї організації для захисту своїх торговельних інтересів і розв'язання міжнародних торговельних суперечок. СОТ також сприяє відкриттю нових ринків для української продукції. Варто зазначити, що Україна уклала угоди про вільну торгівлю з багатьма країнами, включаючи Канаду, Великобританію, Туреччину та країни СНД. Угода з Великобританією після Brexit дозволила зберегти безмитний доступ до британського ринку, а переговори з Туреччиною завершилися підписанням угоди, що відкриває нові перспективи для експорту промислової продукції [35, 36].

Завдяки міжнародним угодам Україна активно залучається до глобальних ланцюгів постачання, особливо в аграрному секторі та ІТ. Підвищення якості продукції через впровадження стандартів ЄС сприяє зростанню конкурентоспроможності. Та попри прогрес, залишаються виклики, пов'язані з митними процедурами, військовим конфліктом, транспортною інфраструктурою, економічними обмеженнями, необхідністю модернізації інфраструктури та захистом прав інтелектуальної власності.

Військові дії на території України спричинили руйнування інфраструктури. Значно пошкоджина залізнична, автомобільна, морська інфраструктуру, зокрема ключові порти в Азовському та Чорному морях. Це призвело до ускладнення транспортування вантажів. Також, залишається

постійна загроза авіаударів, мінування територій та водних шляхів, що обмежують логістичні операції.

Залишаються проблеми з транспортною інфраструктурою. Частина автомобільних доріг та залізничних шляхів є застарілими та потребує модернізації. Рівень зношеності оцінюється як критичний у багатьох регіонах. Недостатня інтеграція з європейською мережею, відмінності у ширині залізничних колій між Україною та ЄС ускладнюють транскордонні перевезення [37]. У свою чергу високі ціни на паливо, підвищення витрат на безпеку та страхування вантажів роблять українські логістичні послуги менш конкурентоспроможними. Варто зазначити, що присутнє на разі недостатнє інвестування у логістичну інфраструктуру, зокрема у розвиток мультимодальних перевезень та хабів.

Однією із важливих викликів залишається бюрократія та корупція. Тривалі митні процедури та корупційні ризики продовжують негативно впливати на швидкість транспортування. Також, важливим є завдання модернізації старого парку вантажівок та залізничних вагонів, з метою зменшення екологічного навантаження, що потребує впровадження зелених технологій у логістику. Проте реалізація положень міжнародних угод, таких як Угода про асоціацію з ЄС, стимулює модернізацію української економіки та сприяє її інтеграції у світові ринки. Для вирішення перерахованих викликів необхідно зробити ряд кроків, які дозволять покращити ринок логістичних послуг, а саме:

– інфраструктурні інвестиції: за підтримки міжнародних партнерів відновлювати порти, дороги, мости та залізничні колії;

– розвиток мультимодальних перевезень: створення нових логістичних хабів на кордоні з ЄС для оптимізації вантажопотоків;

– діджиталізація логістичних процесів: впровадження електронних митних систем та онлайн-трекінгу вантажів для спрощення процедур;

– європейська інтеграція: узгодження регуляторних стандартів з ЄС та збільшення пропускної спроможності кордонів.

Україна має значний потенціал для розвитку логістики завдяки її географічному положенню, ресурсам і транспортній інфраструктурі. Проте реалізація цього потенціалу залежить від модернізації інфраструктури, розвитку законодавчої бази, інтеграції до міжнародних ринків і забезпечення безпеки. Реалізація логістичного потенціалу України можлива через значні інвестиції в інфраструктуру, тісну співпрацю з ЄС, розвиток внутрішньої транспортної мережі та забезпечення безпеки вантажоперевезень. Підтримка міжнародних партнерів і сприятливе регулювання сприятимуть закріпленню позицій України як важливого логістичного вузла на глобальній карті.

3.2 Моделювання впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси на основі нечіткої логіки

Нечітка логіка дозволяє моделювати складні системи, де параметри та умови можуть бути визначені не точно, а в певних діапазонах або з нечіткими градаціями. З метою моделювання впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси за допомогою нечіткої логіки, сформулюємо вихідні умови задачі та визначимо вхідні і вихідні змінні. Тож, задача полягає у визначенні рівня ефективності міжнародних логістичних процесів (ELP) залежно від значень вхідних змінних: рівня автоматизації (RA), інформаційних технологій (IT), екологічних технологій (ET) і розвитку транспортної інфраструктури (TI). Тоді вхідними змінними виступають наступні показники:

– рівень автоматизації (RA), ступінь впровадження автоматизованих систем у логістичні процеси, таких як роботи, автоматизовані склади, дрони тощо;

– інформаційні технології (IT), ступінь розвитку та впровадження сучасних інформаційних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), Big Data, блокчейн, для відстеження, управління та аналізу логістичних процесів;

– екологічні технології (ET), впровадження технологій, спрямованих на зменшення екологічного впливу логістичних процесів (наприклад, електричні вантажівки, енергоефективні склади, зменшення викидів CO2 тощо);

– розвиток транспортної інфраструктури (TI), ступінь розвитку транспортної інфраструктури, включаючи дороги, порти, аеропорти, залізничні мережі тощо, а також їх відповідність новітнім технологіям.

Вихідна змінна – ефективність міжнародних логістичних процесів (ELP), загальна ефективність міжнародних логістичних процесів, що включає швидкість, вартість, надійність і екологічність доставки товарів.

Кожен із вхідних показників може бути оцінений як низький, задовільний, добрий та високий. Розглянемо детально кожен вхідний параметр:

а) рівень автоматизації (RA):

1) низький (Low), рівень автоматизації знаходиться на початковій стадії або практично відсутній. Це означає, що більшість логістичних операцій виконується вручну, з використанням традиційних методів і технологій. Можливі певні механізовані процеси, але вони незначні й не впливають на загальну ефективність. Наприклад, автоматичні конвеєри можуть бути відсутні, а складські процеси повністю залежать від людської праці. Діапазон значень від 0 до 25%;

2) задовільний (Satisfactory), автоматизація впроваджена на окремих етапах логістичних процесів. Це дозволяє досягти деякого підвищення ефективності, але в цілому процеси ще сильно залежать від ручної праці. Наприклад, автоматизовані системи можуть використовуватися для обробки частини складування чи сортування товарів, але більшість операцій все ще потребують людського втручання. Діапазон значень від 20% до 50%;

3) добрий (Good), рівень автоматизації є достатньо високим, щоб забезпечити значне підвищення ефективності в логістичних процесах. Автоматизовані системи впроваджені на багатьох етапах, що дозволяє

зменшити залежність від людської праці і підвищити швидкість та точність операцій. Наприклад, можуть використовуватися роботизовані системи для складування, автоматизовані транспортні засоби для переміщення товарів по складу, системи управління запасами з мінімальним людським втручанням. Діапазон значень від 45% до 75%;

4) високий (High), автоматизація досягла передового рівня, де більшість або всі логістичні процеси оптимізовані та автоматизовані. Це забезпечує максимальну ефективність, точність та швидкість у роботі. Наприклад, повністю автоматизовані склади, автономні транспортні засоби, автоматичні системи відстеження та управління, які працюють безперервно і потребують мінімального людського втручання. Діапазон значень від 70% до 100%;

б) інформаційні технології (IT):

1) низький – використання інформаційних технологій обмежується базовими системами обліку, відсутність інтегрованих IT-рішень;

2) задовільний – використовуються окремі IT-рішення, але інтеграція між ними обмежена, обмежене використання аналітики;

3) добрий – впроваджено більшість сучасних IT-систем, зокрема для управління ланцюгом поставок і відстеження товарів;

4) високий – повністю інтегровані IT-системи з використанням Інтернету речей (IoT), Big Data, блокчейн та інших передових технологій;

в) екологічні технології (ET):

1) низький – використання екологічних технологій майже відсутнє, значний екологічний вплив;

2) задовільний – початкове впровадження екологічних рішень, таких як базове зменшення викидів;

3) добрий – використання сучасних екологічних технологій, зокрема енергоефективних систем і транспорту;

4) високий – максимальне впровадження екологічно чистих технологій, майже нульовий вуглецевий слід;

г) розвиток транспортної інфраструктури (ТІ):

1) низький – інфраструктура не відповідає сучасним вимогам, часті затримки та проблеми з логістикою;

2) задовільний – інфраструктура дозволяє виконувати основні операції, але має обмеження в ефективності;

3) добрий – розвинена інфраструктура, що відповідає більшості сучасних вимог;

4) високий – передова інфраструктура з інноваційними рішеннями, яка підтримує високошвидкісні та ефективні логістичні операції.

Ефективність міжнародних логістичних процесів (ELP) також може бути оцінена як низька, задовільна, добра та висока. Якщо ефективність процесів низька, це свідчить про серйозні проблеми в управлінні ланцюгом поставок, що може призводити до збитків і втрати конкурентоспроможності на міжнародному рівні. Задовільна – логістичні процеси можуть функціонувати досить ефективно, але потребують удосконалення для досягнення кращих показників у міжнародній торгівлі. Добра – процеси логістики працюють ефективно, забезпечуючи стабільні й надійні поставки з мінімальними витратами, що дозволяє успішно конкурувати на міжнародному ринку. Висока ефективність означає, що компанія або країна має значні переваги у міжнародній торгівлі, забезпечуючи швидкі, надійні й економічні поставки з мінімальним екологічним впливом. Розглянемо більш детальну характеристику вихідного параметра:

– низька, характеризується частими затримками, високими витратами та невисокою надійністю. Міжнародні поставки є нестабільними, часто виникають проблеми з координацією між різними учасниками ланцюга поставок. Можливі високі показники втрат чи пошкодження товарів під час транспортування. Вплив на довкілля також значний, що може призводити до штрафних санкцій або негативних екологічних наслідків. Діапазон значень від 0 до 25%;

– задовільна, ефективність логістичних процесів є задовільною, але з певними недоліками. Міжнародні поставки здійснюються вчасно в більшості випадків, але можуть виникати проблеми в окремих ділянках ланцюга поставок. Витрати є помірними, але можуть бути вищими за середні у галузі. Надійність логістичних процесів є достатньою для забезпечення стабільної роботи, але не гарантує оптимальної ефективності в усіх ситуаціях. Екологічний вплив є контрольованим, але не мінімізованим. Діапазон значень від 20% до 65%;

– добра, ELP є достатньо високою, міжнародні поставки виконуються вчасно з мінімальними затримками та витратами. Логістичні операції добре координовані між усіма учасниками ланцюга поставок, що дозволяє забезпечити стабільну і надійну доставку товарів. Витрати оптимізовані, а надійність є високою, що забезпечує конкурентоспроможність на ринку. Екологічні аспекти також враховані, зменшено негативний вплив на довкілля. Діапазон значень від 60% до 75%;

– висока, ELP є передовою, що дозволяє досягти максимальних результатів у міжнародних поставках. Всі етапи логістичних операцій оптимізовані та інтегровані, що забезпечує безперебійність, швидкість і точність поставок. Витрати мінімізовані без шкоди для якості, що робить логістичні процеси надзвичайно конкурентоспроможними. Надійність є майже абсолютною, з мінімальними ризиками втрат або затримок. Екологічний вплив також мінімізований завдяки впровадженню передових екологічних технологій. Діапазон значень від 70% до 100%.

Визначати рівень ефективності міжнародних логістичних процесів будемо за допомогою програмного продукту MATLAB з використанням додатку FuzzyTech. За замовчуванням в програмі пропонується використовувати алгоритм логічного виводу Мамдані. На рис. 3.4 наведено початкові умови моделі, чотири вхідних параметри і один вихідний.

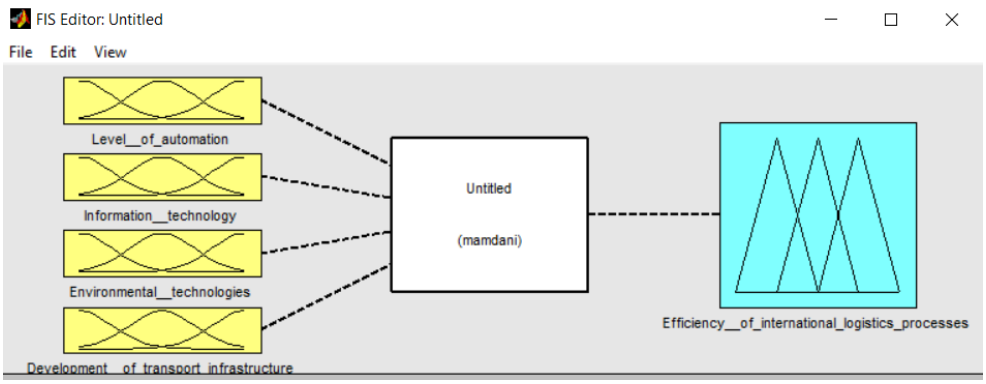


Рисунок 3.4 – Загальне представлення моделі оцінки впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси

Після введення початкових умов переходимо до фазифікації вхідних параметрів, або опису кожного з терм-множин (лінгвістичних змінних) за допомогою функції приналежності. Вихідні параметри будемо оцінювати за 10-ти бальною шкалою, де 0 зовсім немає розвитку, 10 – високий рівень розвитку технологій. Значення функції приналежності лежить в інтервалі від 0 до 1, де 1 – повна відповідність істинності висловлювання, а 0 – повна її відсутність.

Для опису змінної «Рівень автоматизації» будемо використовувати трапецієподібною функцією, вона добре підходять для ситуацій, де є чітко визначені рівні автоматизації (низький, задовільний, добрий та високий), але перехід між цими рівнями є більш широким (рис. 3.5).

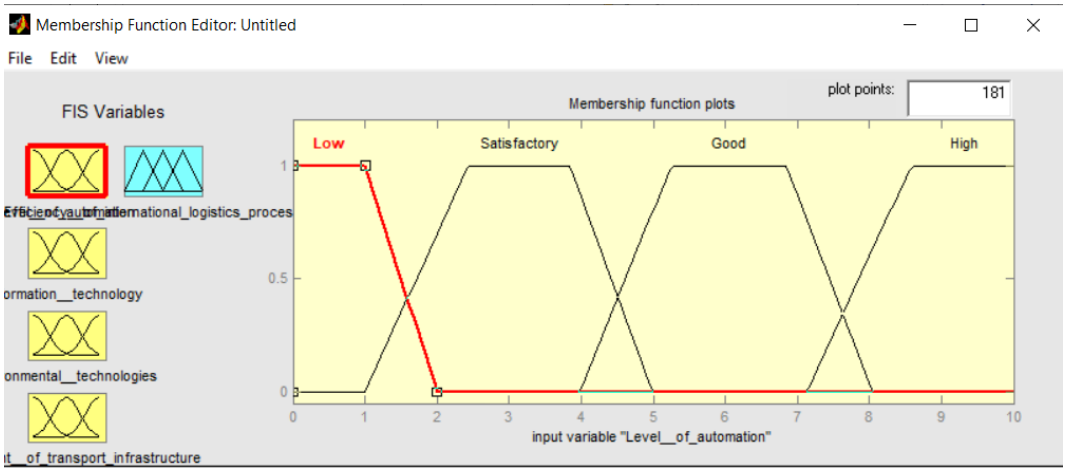


Рисунок 3.5 – Опис змінної «Рівень автоматизації»

Для опису змінної «Інформаційні технології» будемо застосовувати трикутною функцією приналежності (рис. 3.6). Трикутні функції добре підходять для оцінки ступеня розвитку інформаційних технологій, де визначено чіткі точки перехоплення (низький, задовільний, добрий та високий).

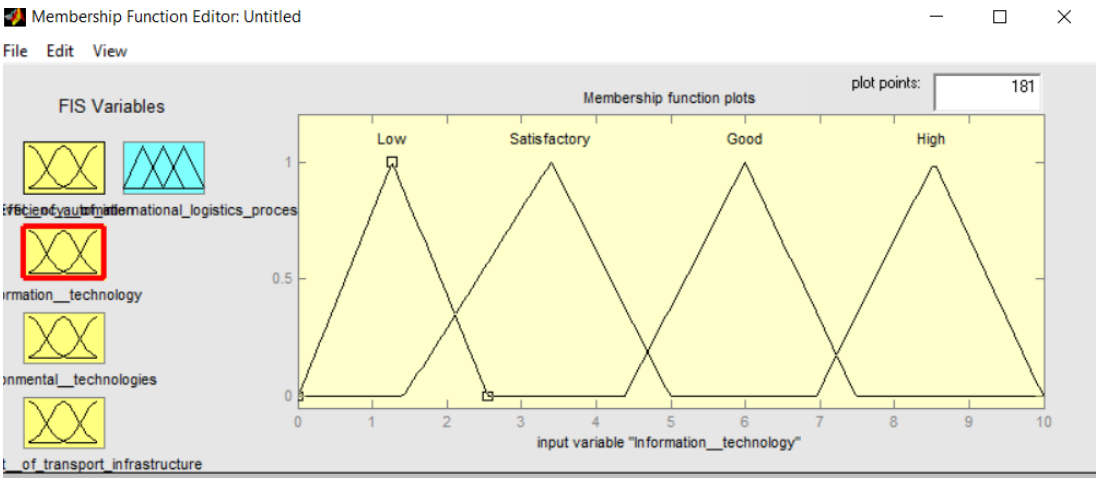


Рисунок 3.6 – Опис змінної «Інформаційні технології»

Для опису змінної «Екологічні технології» будемо використовувати Гаусовський вигляд функції приналежності (рис. 3.7). Гаусовський вигляд функції забезпечує плавний перехід між рівнями екологічних технологій і може відобразити ситуації, де є постійні, але поступові зміни в технологіях.

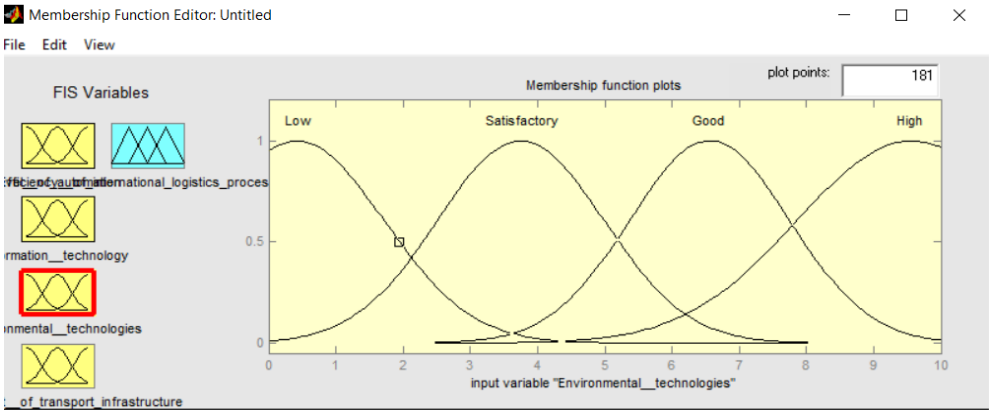


Рисунок 3.7 – Опис змінної «Екологічні технології»

Для опису змінної «Розвиток транспортної інфраструктури» будемо використовувати Сигмоїдну функцію приналежності (рис. 3.8). Сигмоїдні функції підходять для моделювання випадків, коли розвиток інфраструктури проходить через різкі переходи з низького рівня до високого, що часто відбувається в реальному світі.

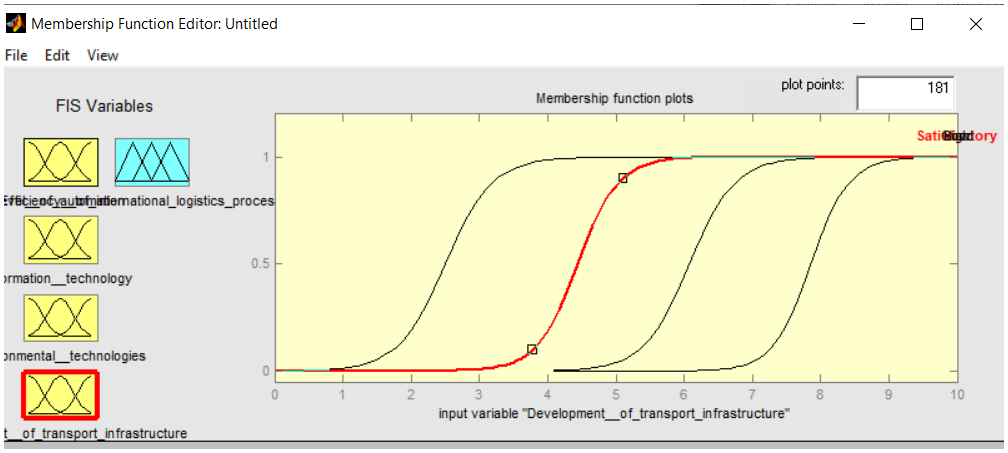


Рисунок 3.8 – Опис змінної «Розвиток транспортної інфраструктури»

Для опису вихідного параметру Ефективність міжнародних логістичних процесів можна використати трапецієподібну, трикутну, Сигмоїдну функції або Гаусовський вигляд функції приналежності. Проаналізуємо можливе використання тієї чи іншої функції та враховуючи переваги та недоліки кожної оберемо оптимальний вид функції для вихідного параметру. Так, трапецієподібні функції можуть бути корисні для опису ефективності, якщо існують широкі області, де ефективність стабільно висока або низька. Перевагою даного виду функції є можливість задання широкої області високої ефективності та поступово зменшувати її до середнього чи низького рівня.

Трикутні функції дозволяють визначити чіткі пороги для рівнів ефективності з плавними переходами між рівнями. Перевагою даного виду функції є легка інтерпретація і налаштування для систем з чіткими категоріями ефективності. Гаусовський вигляд функції приналежності може бути використаний для опису ефективності, якщо переходи між різними

рівнями ефективності є плавними. Перевагою даного виду функції є плавні переходи між різними рівнями ефективності, що може бути корисним для систем з поступовими змінами. Сигмоїдна функція приналежності може бути корисною для моделювання випадків, коли ефективність може швидко переходити з низького рівня на високий. Перевагою даного виду функції є те, що вона добре підходить для моделювання різких змін у рівні ефективності.

Проаналізувавши усі види функцій було вирішено, що для опису змінної «Ефективність міжнародних логістичних процесів» будемо використовувати трапецієподібну функцію приналежності (рис. 3.9). Саме цей вид функції дає можливість добре описати ситуації, коли ефективність залишається на певному рівні протягом деякого інтервалу часу та дозволяє описати широкий діапазон ефективності з чітко визначеними високими і низькими рівнями. Це дозволяє враховувати можливість стабільного високого рівня ефективності в межах певного діапазону та поступового зниження до нижчих рівнів.

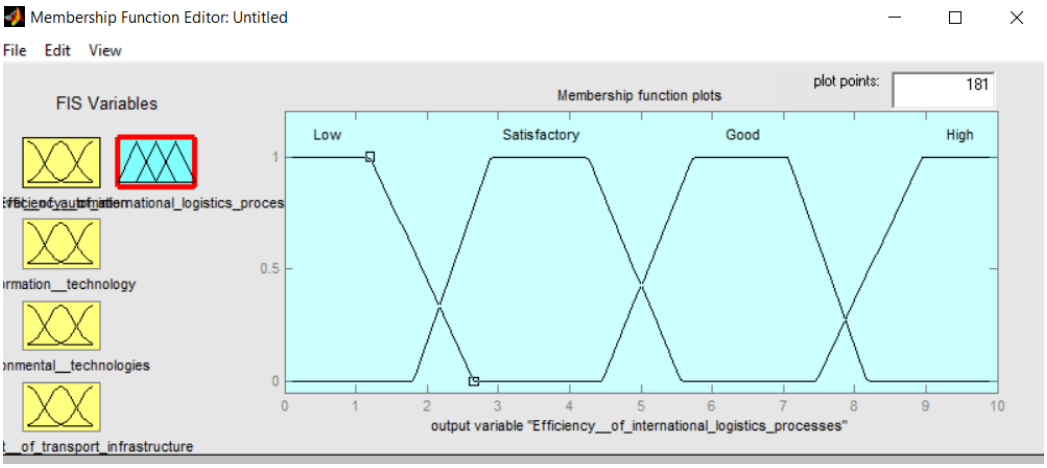


Рисунок 3.9 – Опис змінної «Ефективність міжнародних логістичних процесів»

Наступним етапом алгоритму нечіткого виведення Мамдані є формування бази правил, що представляє собою формальне подання емпіричних знань експерта. Нами було сформовано 15 нечітких правил.

Кожне правило враховує різні комбінації вхідних змінних (рівень автоматизації, інформаційні технології, екологічні технології та розвиток транспортної інфраструктури) та визначає відповідний рівень ефективності:

– якщо рівень автоматизації низький, інформаційні технології низькі, екологічність технологій низька і розвиток транспортної інфраструктури низький, то ефективність міжнародних логістичних процесів також низька, адже низький рівень усіх аспектів технологічного розвитку призводить до максимально низької ефективності логістичних процесів, оскільки процеси залишаються ручними та непов'язаними;

– якщо рівень автоматизації задовільний, інформаційні технології задовільні, екологічні технології задовільні і розвиток транспортної інфраструктури задовільний, то ефективність міжнародних логістичних процесів є задовільною. Середній рівень усіх чотирьох технологічних факторів забезпечує лише задовільну ефективність, що означає наявність певних обмежень у процесах;

– якщо рівень автоматизації добрий, інформаційні технології добрі, екологічні технології задовільні і розвиток транспортної інфраструктури задовільний, то ефективність міжнародних логістичних процесів добра. Високий рівень автоматизації та ІТ компенсує обмеження в екологічних технологіях та інфраструктурі, що призводить до кращих результатів;

– якщо рівень автоматизації високий, інформаційні технології добрі, екологічні технології добрі і розвиток транспортної інфраструктури високий, то ефективність міжнародних логістичних процесів висока. Адже поєднання високого рівня автоматизації та інфраструктури з добрим розвитком ІТ та екологічних технологій забезпечує високу ефективність;

– якщо рівень автоматизації низький, інформаційні технології добрі, екологічні технології задовільні і розвиток транспортної інфраструктури задовільний, то ефективність міжнародних логістичних процесів задовільна. Незважаючи на добрий рівень ІТ, низький рівень автоматизації та обмежені інші фактори стримують ефективність залишається на задовільному рівні;

– якщо рівень автоматизації добрий, інформаційні технології високі, екологічні технології добрі і розвиток транспортної інфраструктури добрий, то ефективність міжнародних логістичних процесів добра. Добрий рівень усіх технологічних факторів забезпечує високу стабільність та ефективність міжнародних логістичних процесів;

– якщо рівень автоматизації задовільний, інформаційні технології низькі, екологічні технології низькі і розвиток транспортної інфраструктури добрий, то ефективність міжнародних логістичних процесів задовільна. Добрий розвиток інфраструктури не може повністю компенсувати низький рівень інших факторів, що призводить до лише задовільної ефективності;

– якщо рівень автоматизації добрий, інформаційні технології добрі, екологічні технології високі і розвиток транспортної інфраструктури високий, то ефективність міжнародних логістичних процесів висока. Високий рівень екологічних технологій і розвитку інфраструктури разом із добрим рівнем автоматизації та ІТ забезпечують передову ефективність;

– якщо рівень автоматизації високий, інформаційні технології високі, екологічні технології високі і розвиток транспортної інфраструктури низький, то ефективність міжнародних логістичних процесів добра. Навіть при високому рівні технологічного розвитку, низький рівень інфраструктури не дозволяє досягти максимальної ефективності;

– якщо рівень автоматизації високий, інформаційні технології високі, екологічні технології задовільні і розвиток транспортної інфраструктури добрий, то ефективність міжнародних логістичних процесів добра. Хоча автоматизація та ІТ на високому рівні, задовільний рівень екологічних технологій обмежує загальну ефективність, проте процеси залишаються добрими;

– якщо рівень автоматизації низький, інформаційні технології задовільні, екологічні технології добрі і розвиток транспортної інфраструктури високий, то ефективність міжнародних логістичних процесів задовільна. Незважаючи на розвиток екологічних технологій та

інфраструктури, низький рівень автоматизації значно знижує загальну ефективність;

– якщо рівень автоматизації задовільний, інформаційні технології високі, екологічні технології добрі і розвиток транспортної інфраструктури добрий, то ефективність міжнародних логістичних процесів добра. Високий рівень ІТ сприяє підвищенню ефективності, навіть якщо автоматизація не є максимальною, а інші фактори знаходяться на доброму рівні;

– якщо рівень автоматизації низький, інформаційні технології низькі, екологічні технології добрі і розвиток транспортної інфраструктури високий, то ефективність міжнародних логістичних процесів задовільна. Добрий рівень екологічних технологій і розвинена інфраструктура не можуть повністю компенсувати низький рівень автоматизації та ІТ;

– якщо рівень автоматизації високий, інформаційні технології високі, екологічні технології високі і розвиток транспортної інфраструктури високий, то ефективність міжнародних логістичних процесів висока. Всі чотири технологічні фактори на високому рівні забезпечують максимальну ефективність логістичних процесів;

– якщо рівень автоматизації добрий, інформаційні технології задовільні, екологічні технології задовільні і розвиток транспортної інфраструктури добрий, то ефективність міжнародних логістичних процесів задовільна. Незважаючи на добрий рівень автоматизації та інфраструктури, задовільний рівень ІТ і екологічних технологій обмежує загальну ефективність.

Сформовані правила дають розуміння взаємозв'язків між різними технологічними факторами та їхнім впливом на ефективність міжнародних логістичних процесів.

Оцінка рівня розвитку автоматизації, інформаційних технологій, екологічних технологій та розвитку транспортної інфраструктури в Україні є комплексним завданням, оскільки ці показники варіюються залежно від галузі, регіону та інших факторів. Тож, на основі аналізу наукових публікацій

за даним напрямком, надамо загальні оцінки для кожного з цих параметрів моделі в контексті економіки України:

– рівень автоматизації знаходиться на задовільному рівні, адже в Україні рівень автоматизації в промисловості та на виробництвах зростає, але все ще залишається на середньому рівні в порівнянні з розвиненими країнами. Є сектора, особливо в великих містах і сучасних підприємствах, де автоматизація добре розвинена, але багато підприємств все ще використовують старі технології;

– розвиток інформаційних технологій знаходиться на високому рівні. IT-сектор в Україні стрімко розвивається і є одним із найсильніших в економіці. Україна відома як центр аутсорсингу програмного забезпечення і має розвинену IT-інфраструктуру, що сприяє високому рівню впровадження інформаційних технологій у бізнес-процеси. IT-сектор є однією з сильних сторін економіки України;

– рівень екологічності технологій знаходиться на низькому рівні, але ближче до середнього (задовільний). Впровадження екологічних технологій в Україні тільки набирає обертів. Хоча існують ініціативи та окремі проекти, загальний рівень використання екологічно чистих технологій і стандартів залишається на низькому або середньому рівні. Все більше уваги приділяється цій темі, але значні покращення ще необхідні;

– розвиток транспортної інфраструктури – задовільний рівень. Транспортна інфраструктура в Україні має неоднорідний розвиток. Великі міста мають відносно розвинену інфраструктуру, але загальний стан доріг, залізниць, аеропортів та портів часто вимагає модернізації. Незважаючи на певний прогрес, все ще є багато проблем з інфраструктурою, особливо в сільських і віддалених районах. З урахуванням поточної ситуації в країні і тими збитками які наносить росія інфраструктурі Україні, розвиток інфраструктури вимагає значних інвестицій та модернізації для досягнення більш високого рівня.

На основі правила знаходження центру ваги фігури, а також за допомогою програми MATLAB, знаходимо вихідне значення шуканої змінної «Ефективність міжнародних логістичних процесів» (рис. 3.10).

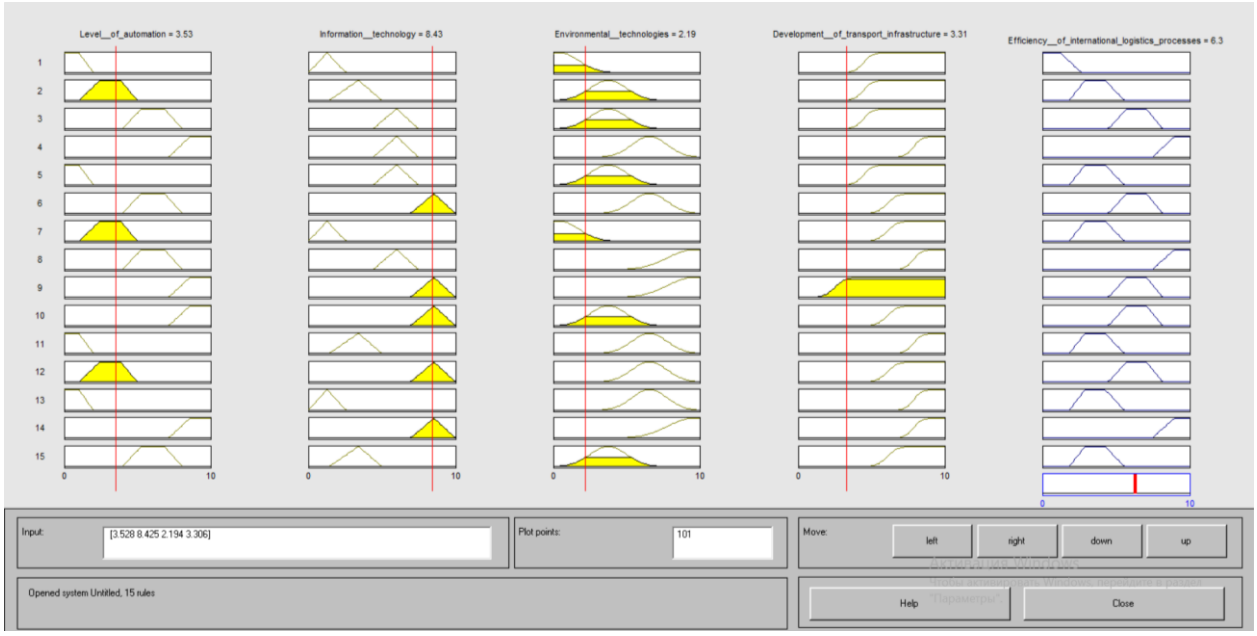


Рисунок 3.10 – Результати розв’язання задачі нечіткої логіки

Таким чином, ефективність міжнародних логістичних процесів, оцінена на рівні 6,3 бала за 10-бальною шкалою, вказує на середній рівень розвитку галузі. Це свідчить, що ключові технологічні фактори, такі як автоматизація, використання інформаційних технологій, впровадження екологічних рішень і розвиток транспортної інфраструктури, мають помітний позитивний вплив, проте їх потенціал реалізований не повністю. Для досягнення більш високого рівня ефективності необхідно зосередитися на подальшій інтеграції інноваційних технологій, оптимізації процесів і підвищенні екологічної стійкості, а також на вдосконаленні інфраструктури, яка забезпечує міжнародний обіг товарів. Такі заходи дозволять не лише підвищити якість і швидкість логістичних операцій, але й знизити їхню вартість, що сприятиме зміцненню конкурентоспроможності на міжнародному рівні.

Візуальне представлення (поверхню відгуку) залежності змінних від отриманого кінцевого результату наведено на рис. 3.11 – 3.14.

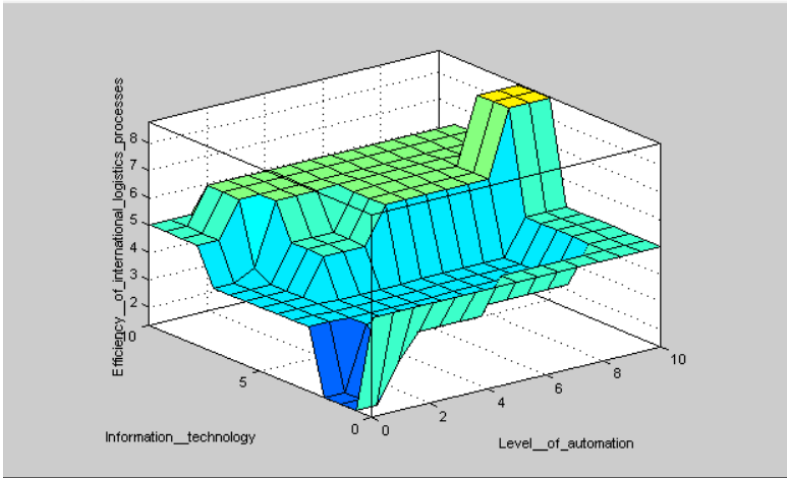


Рисунок 3.11 – Залежність ефективності міжнародних логістичних процесів від рівня автоматизації та рівня впровадження інформаційних технологій

Аналізуючи рис. 3.11 видно, що у верхній частині графіка спостерігається підвищення ефективності міжнародних логістичних процесів при високих значеннях як рівня автоматизації (більше 7), так і інформаційних технологій (більше 7). Це вказує на те, що взаємодія цих факторів сприяє максимальній ефективності. При низьких значеннях рівня автоматизації (менше 2) та впровадження інформаційних технологій (менше 2) спостерігається значне зниження ефективності (ділянки з темно-синім кольором). Це свідчить, що відсутність технологічного розвитку суттєво знижує ефективність процесів. На графіку є зони, де ефективність залишається майже стабільною при середніх значеннях вхідних змінних (4–6). Це вказує на поріг впливу, після якого необхідні суттєві інвестиції для подальшого зростання ефективності.

Таким чином, рис. 3.11 демонструє критичну роль рівня автоматизації та інформаційних технологій у підвищенні ефективності міжнародних логістичних процесів. Максимальні результати досягаються при їхньому високому взаємопідсилюючому впливі. Водночас низькі значення цих параметрів суттєво обмежують ефективність, а їхнє часткове впровадження

дає лише обмежений результат. Це підкреслює важливість комплексного підходу до впровадження технологій у логістиці.

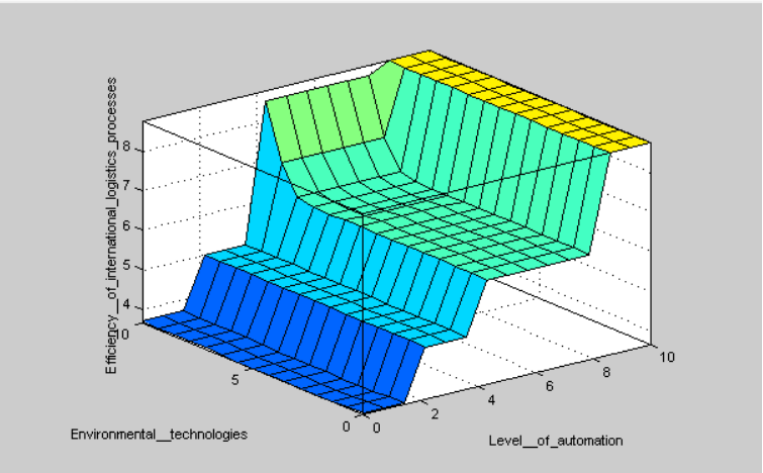


Рисунок 3.12 – Залежність ефективності міжнародних логістичних процесів від рівня автоматизації та рівня впровадження екологічних технологій

З рис. 3.12 видно, що максимальна ефективність досягається у верхньому правому куті графіка, де одночасно високі значення рівня автоматизації (більше 7) та екологічних технологій (більше 7). Це підтверджує, що обидва фактори мають синергетичний вплив: високий рівень автоматизації доповнюється впровадженням екологічних рішень, що призводить до оптимальних результатів. Якщо рівень автоматизації високий, але рівень екологічних технологій низький, ефективність все ще залишається відносно низькою, що підкреслює важливість розвитку екологічного компонента.

Таким чином, рис. 3.12 демонструє, що для досягнення високої ефективності міжнародних логістичних процесів необхідний комплексний підхід, який включає як впровадження автоматизації, так і екологічних технологій. Окремо кожен із цих факторів має обмежений вплив, проте їхня взаємодія забезпечує максимальний результат. Це підкреслює важливість

інтеграції екологічної стійкості в технологічний розвиток логістичних систем.

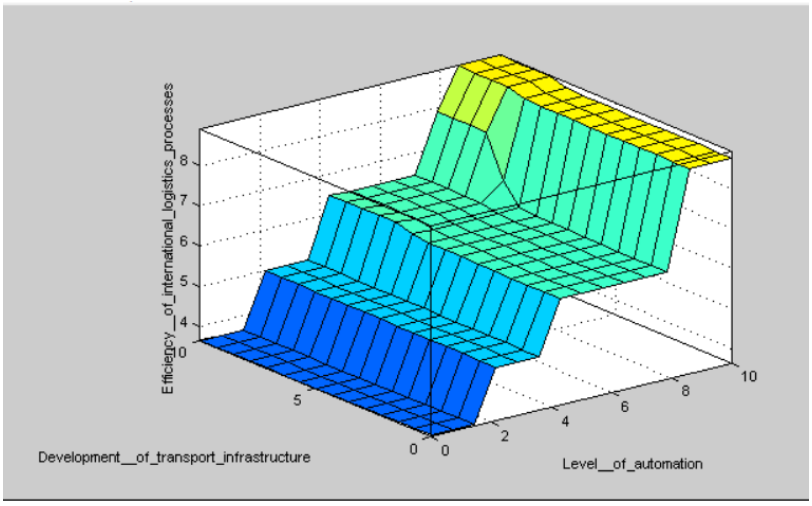


Рисунок 3.13 – Залежність ефективності міжнародних логістичних процесів від рівня автоматизації та рівня розвитку транспортної інфраструктури

Максимальні значення ефективності ELP досягаються у верхньому правому куті графіка, де обидва фактори – рівень автоматизації та розвиток транспортної інфраструктури – мають високі значення. Це підкреслює важливість інтеграції технологічних рішень із фізичним розвитком інфраструктури. На рис. 3.13 видно кілька рівнів-плато, які свідчать про поступове покращення ефективності в міру підвищення рівнів обох факторів. Це вказує на те, що ефект від розвитку інфраструктури та автоматизації має поступальний, але не завжди лінійний характер. Таким чином, ефективність міжнародних логістичних процесів значно залежить від рівня автоматизації та розвитку транспортної інфраструктури. Найкращі результати досягаються при їхньому комплексному покращенні. Водночас, низький рівень будь-якого з цих факторів значно обмежує загальну ефективність. Це свідчить про необхідність поєднання інвестицій у технології автоматизації з розвитком фізичної транспортної мережі для забезпечення стабільного й високого рівня ефективності логістичних операцій.

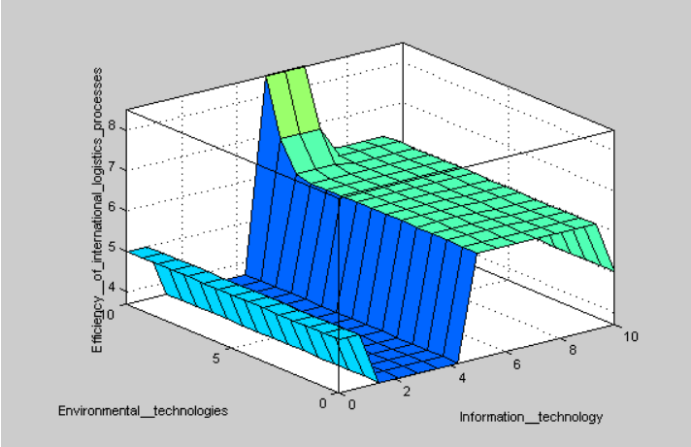
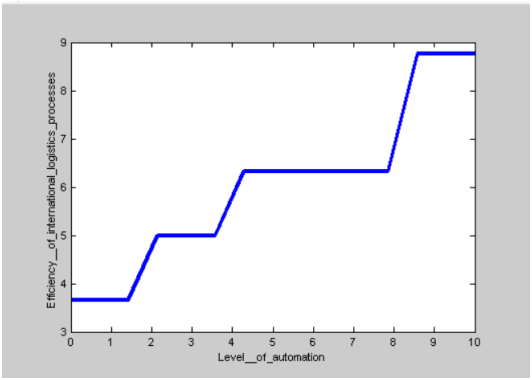


Рисунок 3.14 – Залежність ефективності міжнародних логістичних процесів від рівня впровадження екологічних технологій та інформаційних технологій

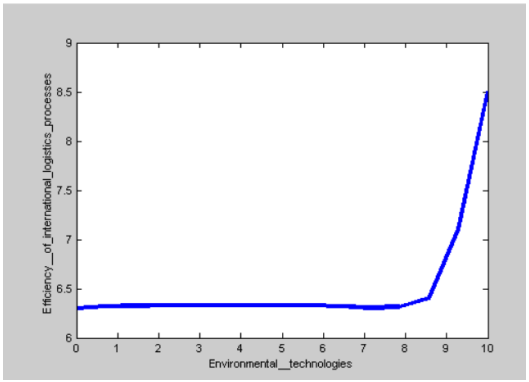
Аналізуючи рис. 3.14 видно різкі стрибки та плавні спади, що свідчить про наявність синергетичних ефектів та певних порогових значень. Зміна рівня розвитку однієї технології впливає не тільки на власну ефективність, але й на ефективність іншої технології та загальної системи. Це свідчить про те, що технології не є ізольованими, а взаємодіють між собою. А для досягнення найкращих результатів необхідно збалансовано розвивати обидві технологічні сфери. При високих рівнях розвитку обох технологій спостерігається зона насичення, де подальше зростання ефективності є незначним. Це свідчить про те, що існують певні обмеження, пов'язані з іншими факторами, які не враховані в моделі.

На рис. 3.15 наведено залежність ефективності міжнародних логістичних процесів від рівня автоматизації (RA), екологічних технологій (ET) і розвитку транспортної інфраструктури (TI). Рис. 3.15 (а) демонструє нелінійну залежність між рівнем автоматизації міжнародних логістичних процесів та їх ефективністю. Спостерігається ступінчасте зростання ефективності, що свідчить про якісні зміни в процесах при досягненні певних порогових значень автоматизації. Однак, після досягнення певного рівня

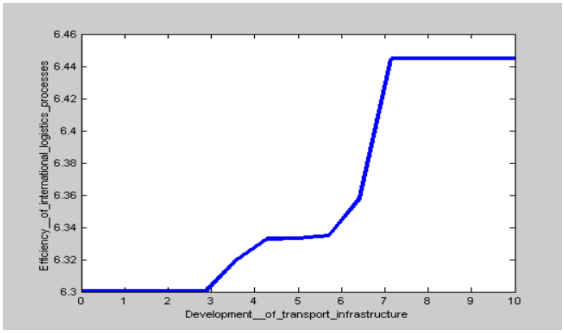
автоматизації, подальше збільшення не призводить до пропорційного зростання ефективності, що вказує на наявність ефекту насичення. Це пов'язано з тим, що інші фактори, не враховані в моделі, починають обмежувати подальше зростання ефективності. Така залежність свідчить про необхідність збалансованого підходу до автоматизації логістичних процесів, оскільки надмірна автоматизація може бути неефективною.



а) залежність ELP від рівня автоматизації



б) залежність ELP від рівня розвитку екологічних технологій



в) залежність ELP від рівня розвитку транспортної інфраструктури

Рисунок 3.15 – Залежність ефективності міжнародних логістичних процесів від аналізованих факторів

На рис. 3.15 (б) спостерігається тривалий період стабільності, після чого настає різкий стрибок ефективності при досягненні певного порогу розвитку екологічних технологій. Такий стрибок свідчить про те, що саме на цьому етапі впроваджуються інноваційні рішення, які суттєво покращують логістичні процеси, можливо, пов'язані з переходом на більш екологічні види палива, оптимізацією маршрутів чи впровадженням нових систем

управління. Однак, після цього стрибка крива ефективності знову стабілізується, що вказує на досягнення певного максимуму ефективності, обумовленого іншими факторами, які не пов'язані безпосередньо з розвитком екологічних технологій. Така форма кривої підкреслює важливість досягнення певного критичного рівня розвитку екологічних технологій для досягнення значного підвищення ефективності логістичних процесів, але також вказує на те, що подальше збільшення інвестицій в цю сферу може не призвести до пропорційного зростання ефективності.

На рис. 3.15 (в) спостерігається тривалий період, коли розвиток інфраструктури практично не впливає на ефективність. Однак, після досягнення певного критичного рівня розвитку інфраструктури, ефективність логістичних процесів різко зростає. Такий стрибок свідчить про те, що саме на цьому етапі створюються умови для впровадження більш ефективних технологій, оптимізації маршрутів та логістичних схем. Після цього стрибка крива ефективності вирівнюється, що вказує на досягнення певного максимуму ефективності, обумовленого іншими факторами, які не пов'язані безпосередньо з розвитком транспортної інфраструктури. Така форма кривої підкреслює важливість досягнення певного рівня розвитку транспортної інфраструктури для досягнення значного підвищення ефективності логістичних процесів, але також вказує на те, що подальше збільшення інвестицій в інфраструктуру може не призвести до пропорційного зростання ефективності.

3.3 Розробка рекомендацій щодо вдосконалення міжнародних логістичних процесів в умовах технологічного розвитку

Для вдосконалення міжнародних логістичних процесів в умовах технологічного розвитку слід застосовувати багаторівневий підхід, який враховує впровадження сучасних технологій, оптимізацію управління та розвиток співпраці між учасниками логістичного ланцюга. Швидкий

розвиток технологій радикально змінює ландшафт міжнародної логістики. Щоб залишатися конкурентоспроможними, компанії повинні активно впроваджувати інновації.

Інновації сприяють не лише підвищенню ефективності логістичних процесів, а й створенню нових бізнес-моделей, адаптованих до сучасних викликів. Серед ключових напрямків модернізації можна виділити цифровізацію, автоматизацію, використання даних для прогнозування, розвиток екологічної логістики та зміцнення кібербезпеки (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 – Напрями вдосконалення міжнародних логістичних процесів

Цифровізація дозволяє об’єднати всі етапи логістичного ланцюга в єдину інтегровану систему, що забезпечує прозорість, доступність інформації в реальному часі та оптимізації логістичних операцій. Основними аспектами цифровізації є:

– використання електронних платформ: впровадження хмарних систем управління логістикою для забезпечення прозорості й інтеграції всіх учасників процесу. Метою даного напрямку є створення єдиного середовища для обміну даними між усіма учасниками (постачальниками, перевізниками, клієнтами);

– електронний документообіг: скорочення часу на митне оформлення, автоматизація створення та передачі документів. Метою даного напрямку є заміна паперових документів на електронні для прискорення та спрощення операцій;

– інтеграція систем відстеження вантажів: використання IoT, GPS та RFID для моніторингу місця розташування та стану вантажу (моніторинг температури, вологості та інших параметрів) в реальному часі. З впровадженням системи відстеження вантажів у реальному часі дозволить знизити ризик втрат та пошкоджень.

Цифровізація є фундаментальним елементом модернізації логістичних процесів, що забезпечує їх ефективність і адаптацію до умов сучасного світу. Вона дозволяє створити інтегровану систему, яка об'єднує всі аспекти логістики в єдиному цифровому просторі.

Автоматизація логістичних процесів спрямована на використання сучасних технологій для мінімізації людського втручання, підвищення ефективності, швидкості та точності виконання логістичних операцій. Це охоплює різні аспекти логістики: складування, транспортування, управління запасами та обробку даних. Використання роботизованих систем на складах, автономних транспортних засобів і дронів для доставки дозволяє значно прискорити обробку вантажів та їх транспортування. Основними напрямами автоматизації мають бути наступні:

– роботизація складів, а саме використання роботів для виконання завдань на складах, таких як сортування, транспортування, пакування й інвентаризація. Це дозволить скоротити час на обробку товарів, зменшити витрати на ручну працю та підвищити точність у розташуванні та відборі товарів. Наприклад, роботи Kiva від Amazon використовуються для автоматизованого переміщення товарів;

– автоматизація транспорту, використання технологій автономного керування транспортними засобами та дронів для доставки товарів. Це дасть можливість використання автономних вантажівок для міжміських перевезень, дронів для доставки товарів на останній милі та системи автопілоту в портах та на складах для вантажоперевезень. Автоматизація транспорту дозволить скоротити залежність від людського фактору, підвищити безпеку дорожнього руху та скоротити час доставки;

– автоматизовані системи управління складом (WMS), це такі програмні рішення для управління складськими операціями. За допомогою даних систем можна відстежувати запаси у реальному часі, автоматично планувати розташування товарів та оптимізовувати шляхи руху персоналу чи техніки. Такі системи управління складом дозволять підвищити точність інвентаризації та оптимізувати використання простору складу.

Автоматизація дозволяє виконувати завдання значно швидше, ніж це можливо вручну, мінімізувати помилки, викликані людським фактором, зменшити витрати на ручну працю та оптимізувати використання ресурсів. Також більш швидко адаптуватися до змін у ринкових умовах та забезпечувати доступ до актуальної інформації в реальному часі. Та у свою чергу поряд з явними перевагами автоматизації постає ряд викликів, що пов’язані у першу чергу з потребою в значних інвестиціях на початкових етапах, необхідністю інтеграції нових рішень у вже існуючі системи та підготовки співробітників до роботи з автоматизованими системами.

Тож, автоматизація логістичних процесів є не просто перевагою, а необхідністю для компаній, які прагнуть залишатися конкурентоспроможними в умовах глобалізації. Вона забезпечує ефективність, надійність і швидкість операцій, одночасно створюючи основу для подальшого розвитку логістики в умовах технологічного прогресу.

Аналітика великих даних (Big Data) та штучний інтелект (AI) відкривають нові можливості для прогнозування попиту, оптимізації запасів і маршрутів. Завдяки цьому компанії можуть швидше реагувати на зміни в ринкових умовах, уникати перевантажень та раціоналізувати свої ресурси.

Розглянемо можливості використання Big Data в логістиці:

– збір і обробка даних, джерела логістичних даних можуть бути системи GPS для відстеження транспорту, IoT-сенсори для моніторингу умов зберігання і транспортування, інформація про трафік і погодні умови, дані про попит на товари з CRM-систем та інтернет-магазинів. Метою цього

напряму є об’єднання цих даних у єдину систему для аналізу і прийняття рішень;

– прогнозування попиту, використання статистичних даних і аналіз трендів для передбачення потреб у продуктах. Це забезпечує можливість уникнення дефіциту або надлишкових запасів, оптимізації виробництва та розподілу товарів;

– оптимізація маршрутів, на основі аналізу даних про трафік, погоду, стан доріг з’являється можливість побудови найкоротших і найекономічніших маршрутів. Що у свою чергу дозволяє зменшити витрати на транспорт та скоротити час доставки;

– аналіз ефективності постачання, дасть можливість виявити так звані «вузькі місця» у логістичних процесах та оптимізувати складування, транспортування, завантаження транспорту. І як результат – зменшення витрат і підвищення ефективності.

Роль штучного інтелекту в логістиці:

– автоматизація планування, за допомогою систем на основі штучного інтелекту можна організувати автоматичне планування складування товарів на основі прогнозів попиту та оптимізувати використання ресурсів, таких як транспортні засоби чи складські площі;

– розумне управління запасами, штучний інтелект може визначати оптимальні рівні запасів, враховуючи попит, сезонність і терміни доставки. Перевагою звісно є зменшення витрат на зберігання та мінімізація ризику утримання застарілих товарів;

– чат-боти та автоматизовані системи обслуговування клієнтів, використання штучного інтелекту для автоматизації відповіді на запити клієнтів про статус доставки чи інші питання;

– виявлення шахрайства, штучний інтелект може аналізувати операції для виявлення аномалій, які можуть свідчити про шахрайство, що у результаті призведе до зниження ризиків і підвищення безпеки;

– робота з ризиками, прогнозування ризиків, таких як затримки доставки через погодні умови, політичну нестабільність чи зміни у попиті.

Отже, Big Data забезпечує доступ до масиву даних, а штучний інтелект використовує ці дані для створення моделей і прогнозів. Перевагами такого синергетичного ефекту є скорочення витрат і часу на виконання операцій, зменшення помилок завдяки аналізу великих обсягів даних, забезпечення доступу до актуальної інформації для всіх учасників, можливість швидкого реагування на зміни ринку та використання передових технологій для отримання стратегічних переваг. Та поряд зі значними перевагами є ряд викликів, які пов’язані з впровадженням Big Data та штучного інтелекту, а саме: високі початкові інвестиції, необхідність підготовки персоналу для роботи з новими системами, впровадження нових технологій у вже існуючі процеси та забезпечення захисту від кіберзагроз. Використання Big Data та штучного інтелекту дозволить логістичним компаніям адаптуватися до умов сучасного ринку, підвищити ефективність і конкурентоспроможність, одночасно створюючи передумови для сталого розвитку галузі.

Екологічна логістика (або зелена логістика) – це підхід до управління логістичними процесами, який орієнтований на мінімізацію впливу на навколишнє середовище. Це включає використання екологічно чистих технологій, зменшення викидів вуглецю, оптимізацію ресурсів і зменшення відходів на всіх етапах ланцюга постачання. Екологічна логістика не тільки відповідає на зростаючі вимоги до сталого розвитку, але й стає важливим фактором для компаній, які прагнуть залишатися конкурентоспроможними в умовах глобальних екологічних викликів.

Основні принципи екологічної логістики є наступне:

– оптимізація транспортних процесів, а саме зменшення шкідливих викидів та споживання енергії в процесі транспортування вантажів. Оптимізацію транспортних процесів варто здійснювати через оптимізацію маршрутів, використовувати сучасні системи для пошуку найбільш економічних і екологічних маршрутів з урахуванням трафіку, погодних умов,

зниження витрат пального. Використовувати екологічний транспорт, переходити на електричні, гібридні або природні гази для транспортування вантажів. Також важливим напрямом є координація вантажоперевезень, спільне використання транспортних засобів різними компаніями для максимального заповнення вантажівок і мінімізації порожніх перевезень;

– зменшення викидів CO_2, зниження негативного впливу логістики на глобальне потепління та забруднення повітря. Для цього варто використовувати транспорт на альтернативних джерелах енергії, електричні або водневі транспортні засоби замість традиційних дизельних або бензинових. Створювати «зелені» коридори і маршрути, де використовується тільки екологічно чисті види транспорту. Використовувати поновлювані джерела енергії для електрифікації транспорту та складів;

– оптимізація складських процесів, з метою зменшення споживання енергії та ресурсоємних операцій на складах. Для цього треба використовувати енергозберігаючі технології, такі як LED-освітлення, енергоефективні системи кондиціювання та вентиляції. Впроваджувати автоматизовані системи для зберігання, сортування і транспортування товарів, що зменшує потребу в людській праці та підвищує ефективність використання простору. Важливо також впроваджувати рециркуляцію матеріалів, через повернення упаковок, матеріалів, що не підлягають утилізації, на повторну обробку;

– зменшення пакувальних матеріалів, зниження кількості використаних матеріалів та зменшення кількості відходів. Шляхом використання упаковок на основі біорозкладних матеріалів, оптимізувати розміри упаковки для зменшення обсягу та ваги вантажу, що дозволяє зменшити витрати пального і забруднення та використання матеріалів, які можна переробляти, щоб знизити рівень відходів;

– управління відходами, мінімізація утворення відходів та максимізація їхнього перероблення. Доцільно використовувати замкнуті цикли, створювати ланцюги постачання, де продукти та матеріали можна

багаторазово використовувати або переробляти. Важливо також мінімізувати відходи на складах, створити систему для ефективного управління відходами та зниження їхнього обсягу;

Переваги екологічної логістики є в першу чергу зменшення витрат через оптимізацію використання ресурсів, зменшення витрат на енергію, паливо, упаковку та негативного впливу на довкілля. Відповідність екологічним нормам і стандартам допомагає уникнути штрафів і санкцій та відповідати вимогам екологічного законодавства і тенденціям сталого розвитку. Компанії, які активно впроваджують екологічні рішення, мають переваги в залученні інвесторів і клієнтів, чутливих до екологічних питань.

Виклики екологічної логістики пов’язані з рядом факторів, а саме:

– високі початкові витрати, адже впровадження екологічних технологій вимагає значних інвестицій, що може бути бар'єром для малих і середніх компаній;

– технічні складнощі, необхідність модернізації інфраструктури та адаптації технологій до нових екологічних вимог;

– нестабільність цін на екологічні ресурси, вартість альтернативних енергоносіїв або екологічних матеріалів може коливатися, що ускладнює планування;

– міжнародні стандарти, різноманітність екологічних норм і стандартів у різних країнах ускладнює координацію глобальних логістичних процесів.

Таким чином, екологічна логістика є важливою складовою сталого розвитку та ефективного управління ланцюгами постачання. Вона дозволяє зменшити екологічний слід логістичних операцій, одночасно забезпечуючи економічні переваги для компаній. Впровадження екологічних ініціатив допомагає бізнесам адаптуватися до змінюваних умов глобального ринку і сприяє створенню сталого майбутнього.

Зміцнення міжнародної співпраці в логістиці є важливим аспектом розвитку глобальних торгових потоків і сталого розвитку міжнародних ланцюгів постачання. У сучасному світі логістика є складною мережею, що

охоплює різні країни, підприємства і регіони. Зміцнення міжнародної співпраці через гармонізацію стандартів та інтеграцію логістичних систем різних країн створює передумови для безперешкодного руху товарів. Єдині формати обміну даними та взаємодія між митними службами значно спрощують процедури перетину кордонів.

Ключовими аспекти зміцнення міжнародної співпраці в логістиці є наступне:

– спільні ініціативи з оптимізації логістичних процесів: зміцнення міжнародної співпраці вимагає формування спільних ініціатив і програм, спрямованих на оптимізацію логістичних процесів. Це включає: спільні інфраструктурні проекти та інтермодальні рішення. Спільні інвестиції в розвиток транспортної інфраструктури, таких як міжнародні автотранспортні коридори, морські порти, аеропорти, залізничні маршрути. Це дозволяє знизити витрати на транспортування товарів і зменшити час доставки. А розвиток інтермодальних перевезень, де використовуються різні види транспорту (морський, залізничний, автомобільний) забезпечує більш швидкі і економічні перевезення між різними країнами та регіонами;

– міжнародні стандарти та гармонізація законодавства, для ефективної співпраці між країнами необхідно забезпечити єдність стандартів і норм, що регулюють логістичні операції, а саме гармонізація митних процедур, єдині стандарти упаковки і маркування та розвиток електронних документів і електронного обміну. Спрощення митних процедур і координація вимог між країнами дозволяє зменшити адміністративні витрати та час на обробку товарів на кордонах. Узгодження міжнародних стандартів для пакування товарів, щоб уникнути дублювання сертифікацій і зменшити витрати на транспортування та зберігання товарів. Використання електронних накладних, декларацій і митних документів для спрощення міжнародних торгових операцій і пришвидшення митних процедур;

– міжнародні партнерства та альянси, встановлення партнерств між логістичними компаніями з різних країн допомагає зміцнити співпрацю та

оптимізувати процеси. Міжнародні логістичні компанії можуть об'єднувати свої ресурси та інфраструктуру для забезпечення більш швидких і дешевих послуг для кінцевих споживачів. Важливими є альянси між різними типами транспорту, наприклад, альянси між морськими і залізничними операторами для розвитку мультимодальних перевезень, які дозволяють скоротити час та витрати на транспортування товарів. А спільні дослідження і розробки нових технологій і рішень дозволять оптимізувати процеси, зменшити витрати і поліпшити обслуговування клієнтів на міжнародному рівні;

– розвиток технологій для глобальної логістики, на разі технології відіграють ключову роль у зміцненні міжнародної співпраці, забезпечуючи інтеграцію логістичних процесів. Використання сучасних інформаційних технологій для моніторингу вантажів, управління складськими запасами, планування маршрутів і обміну інформацією між усіма учасниками ланцюга постачання в реальному часі. Це дозволить скоротити затримки та забезпечити точність і прозорість операцій. Впровадження блокчейн-технологій дозволить забезпечити прозорість і безпеку транзакцій у міжнародних логістичних ланцюгах. Тим самим підвищити довіру між партнерами та знизити ризики фальсифікацій і шахрайства. А використання Інтернет речей для відстеження стану вантажів, моніторингу температури, вологості та інших параметрів під час транспортування є важливим для доставки чутливих товарів (наприклад, продуктів харчування чи фармацевтичних виробів);

– екологічність та сталий розвиток, зміцнення міжнародної співпраці також включає створення умов для більш стійкої логістики, зокрема: зелені ініціативи та екологічні стандарти для упаковки та переробки;

– міжнародна співпраця в умовах кризових ситуацій, глобальні кризи, такі як пандемії, природні катастрофи чи політичні конфлікти, вимагають особливого підходу до зміцнення міжнародної співпраці в логістиці. Важливо мати механізми для оперативного обміну інформацією та координації дій між країнами і компаніями для забезпечення безперебійних

поставок життєво важливих товарів у період криз. Зміцнення співпраці дозволяє швидше адаптуватися до змін на ринку та забезпечити неперервність постачань навіть в умовах глобальних змін.

Зміцнення міжнародної співпраці в логістиці є важливим фактором для розвитку глобальної економіки. Впровадження спільних ініціатив, гармонізація стандартів, розвиток технологій та сталий розвиток дозволяють оптимізувати логістичні процеси, зменшити витрати та підвищити ефективність глобальних ланцюгів постачання.

Для реалізації розглянутих заходів важливо розробити чітку стратегію цифрової трансформації, що враховує як технологічні можливості, так і потреби бізнесу. Не менш важливим є інвестування у навчання працівників, щоб вони могли ефективно працювати з новими технологіями. Успішна адаптація до технологічного розвитку дозволить компаніям не тільки залишатися конкурентоспроможними, але й стати лідерами у своїй галузі, встановлюючи нові стандарти ефективності та стійкості в міжнародній логістиці.

ВИСНОВКИ

Міжнародна логістика відіграє ключову роль у світовій торгівлі. Оскільки бізнес стає все більш глобалізованим, розуміння ключових елементів міжнародної логістики допомагає досягти ефективного потоку товарів і послуг у всьому світі. Компанії, які розширюють свою присутність за межі своїх кордонів і успішно керують міжнародною логістикою, можуть зменшити витрати, скоротити терміни виконання та мінімізувати ризики, а також дотримуватись законодавчих і митних вимог кожної країни.

Аналізуючи тенденції розвитку глобалізації в логістиці встановлено, що останнім часом спостерігається зростання онлайн-продажів, широко використовуються роботи і автоматизовані системи для підвищення ефективності логістичних процесів, зростає значення даних, що дозволяє оптимізувати логістичні процеси та приймати більш обґрунтовані рішення. Вплив цифрових технологій на міжнародну логістику полягає в значному підвищенні ефективності та прозорості логістичних операцій, що сприяє оптимізації ланцюгів постачання, зниженню витрат, покращенню відстежуваності вантажів у режимі реального часу та забезпеченню більш швидкого прийняття рішень за рахунок використання великих даних, штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та блокчейн-технологій. Тож, перспективи розвитку міжнародної логістики визначаються швидкими технологічними змінами, зростанням вимог до екологічної відповідальності та необхідністю адаптації до нових умов глобальної економіки. Логістичні компанії, які зможуть інвестувати в інновації, екологічні технології та розвиток персоналу, отримають значні переваги та зможуть досягти стійкого зростання в умовах швидкозмінного ринку.

Україна має стратегічно важливе географічне положення на перехресті між Європою, Азією та Близьким Сходом. Це робить її природним мостом для міжнародної логістики та транспортних коридорів. Через Україну проходять важливі транспортні шляхи, зокрема, європейські транспортні

коридори, які забезпечують зв'язок між країнами ЄС та Азією. А Чорноморське узбережжя забезпечує прямий доступ до світової торгівлі морем. Залізнична мережа України є однією з найбільших у Європі, з довжиною понад 20 000 км. Основними напрями є західний та південний напрямки. Західний напрямок сполучає Україну з країнами ЄС (Польща, Угорщина, Румунія). Даний напрям використовується для експорту зернових, металів, та промислових товарів. Південний напрямок – це шляхи до портів Чорного моря. Сприяє експорту сировинних ресурсів. Залізнична логістика має потенціал до збільшення перевезень через міжнародні вантажні термінали, чому сприятиме інтеграція в європейські стандарти залізничної колії (відмінність ширини колії між Україною та ЄС потребує модернізації). Однак, через війну та політичну нестабільність, ці маршрути зазнали значних змін, що ставить виклики перед українською логістичною системою.

Для оцінки ефективності міжнародних ланцюгів постачання та визначення конкурентоспроможності країн на глобальному логістичному ринку застосовується Індекс ефективності логістики. Україна в 2023 році мала індекс 2,7, що нижче середнього рівня, а це свідчить про наявність значних проблем у логістичній інфраструктурі, митному оформленні або якості послуг. Країна стикається з труднощами у забезпеченні ефективного та швидкого постачання товарів. Дана ситуація відображає складнощі, з якими зіштовхнулась країна через війну та інші фактори. Дані індексу відображають не лише ефективність логістики в мирний час, але й здатність країн адаптуватися до викликів, таких як пандемія COVID-19 або військові конфлікти. Показники України в індексі суттєво коливалися через військові дії та перебудову логістичних маршрутів, що свідчить про потребу в модернізації та інноваціях у цій сфері.

Встановлено, що Україна є важливим постачальником аграрної продукції на світовому ринку. Ефективна логістика є ключовим фактором для експорту зерна, металів, і хімічних продуктів. Найбільшу частку експорту займає сільськогосподарська продукція, зокрема зернові культури

(пшениця, кукурудза) та насіння олійних культур (соняшник, ріпак). За 2023 рік товарообіг України досяг близько $98,8 млрд, але баланс залишився негативним, оскільки імпорт значно перевищував експорт. Основними торговельними партнерами України залишаються ЄС, Китай та Туреччина. Експорт до ЄС зосереджений на аграрній продукції, тоді як з Китаєм торгівля охоплює як сільське господарство, так і продукцію металургії.

З метою моделювання впливу технологічного розвитку на міжнародні логістичні процеси на основі нечіткої логіки було розроблено нечітку модель. Було визначено рівень ефективності міжнародних логістичних процесів (ELP) залежно від значень вхідних змінних: рівня автоматизації (RA), інформаційних технологій (IT), екологічних технологій (ET) і розвитку транспортної інфраструктури (TI). У результаті реалізації моделі встановлено, що ефективність міжнародних логістичних процесів знаходиться на рівні 6,3 бала за 10-бальною шкалою, вказує на середній рівень розвитку галузі. Це свідчить, що ключові технологічні фактори, такі як автоматизація, використання інформаційних технологій, впровадження екологічних рішень і розвиток транспортної інфраструктури, мають помітний позитивний вплив, проте їх потенціал реалізований не повністю. Для досягнення більш високого рівня ефективності необхідно зосередитися на подальшій інтеграції інноваційних технологій, оптимізації процесів і підвищенні екологічної стійкості, а також на вдосконаленні інфраструктури, яка забезпечує міжнародний обіг товарів. Такі заходи дозволять не лише підвищити якість і швидкість логістичних операцій, але й знизити їхню вартість, що сприятиме зміцненню конкурентоспроможності на міжнародному рівні.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Офіційний сайт NetSuite. URL: https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/international-logistics.shtml (дата звернення: 10.06.2024).

2. Міжнародна логістика. Електронний підручник. /за науковою редакцією професора Сохацької О.М. Тернопіль : ЗУНУ. 2022. 370 с. URL: http://surl.li/ehgglz (дата звернення: 15.06.2024).

3. Негода А., Русак Д. Міжнародна логістика та глобальні ланцюги постачань : навч. посіб. у схемах. Київ, 2023. – 268 с.

4. Гуржій Н.М., Гавран В.Я., Сапотніцька Н.Я. Цифрові технології та їхній вплив на управління логістичними процесами підприємств. Економіка та суспільство. № 55, 2023. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-20.

5. Петруня Ю.Є., Пасічник Т.О. Вплив новітніх технологій на логістику та управління ланцюгами поставок. Маркетинг і менеджмент інновацій. №1, 2018. С. 130 – 139.

6. Трушкіна Н. В., Джвігол Х., Сергєєва О., Шкригун, Ю. Розвиток концепції Логістика 4.0 в умовах цифрової економіки. Економічний вісник Донбасу. №4(62), 2021. С. 85–96. DOI: https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-4(62)-85-96 (дата звернення: 12.09.2024).

7. Козар Л. М. Міжнародні інтеграційні логістичні процеси : конспект лекцій. Харків : УкрДАЗТ, 2012. 30 с.

8. Ярова І. Є. Міжнародні логістичні послуги : конспект лекцій. Суми : Сумський державний університет, 2020. 107 с.

9. Негода А., Русак Д. Міжнародна логістика та глобальні ланцюги постачань : навч. посіб. у схемах. Київ, 2023. 268 с.

10. Internal and External Factors for Logistics Strategy. URL: https://chatgpt.com/c/6756d740-05f4-8008-9673-8a32801ba909 (дата звернення: 10.09.2024).

11. Куликова В. С. Міжнародна логістика : підручник. Київ: КНЕУ, 2020. 157 с.

12. Chopra S. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson Education, 2019. 235 p.

13. Harrison A., & van Hoek R. Logistics Management and Strategy: Competing through the Supply Chain. Pearson, 2020. 341 p.

14. Ivanov D., & Sokolov B. Digital Supply Chain and Operations Management. Springer, 2021. 307 p.

15. McKinnon A., Browne M., Whiteing A., & Piecyk M. Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics. Kogan Page, 2015. 289 p.

16. Rodrigue J-P., & Notteboom T. The Geography of Transport Systems. Routledge, 2020. 365 p.

17. Kogan K. Global Logistics and Supply Chain Management. Wiley, 2019. 387 p.

18. Rodrigue, J-P., & Notteboom, T. The Geography of Transport Systems. Routledge, 2020. 347 p.

19. Wooldridge, J.M. Introductory Econometrics: A Modern Approach. Cengage Learning, 2020. 374 p.

20. Baltagi B.H. Econometric Analysis of Panel Data. Wiley, 2021. 287 p.

21. Wooldridge J.M. Introductory Econometrics: A Modern Approach. Cengage Learning, 2020. 300 p.

22. Hsiao, C. Analysis of Panel Data. Cambridge University Press, 2014. 268 p.

23. Hosmer D.W., Lemeshow S., & Sturdivant R.X. Applied Logistic Regression. Wiley, 2013. 402 p.

24. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson, 2021. 289 p.

25. Hillier F.S., Lieberman G.J. Introduction to Operations Research. McGraw-Hill, 2020. 307 p.

26. Makridakis S., Spiliotis, E., Assimakopoulos, V. Forecasting Methods and Applications. Wiley, 2021.

27. Rodrigue J. P., Comtois C., & Slack, B. The Geography of Transport Systems. Routledge, 2020. 227 p.

28. Nagurney A. Supply Chain Network Economics: Dynamics of Prices, Flows, and Profits. Edward Elgar Publishing, 2006. 366 p.

29. Глазунова О.Г. Моделювання логістичних процесів з використанням нечіткої логіки. Логістичні системи в глобальній економіці. Київ, 2018. С. 98–112.

30. Дроздова Т.В., Кондрашов С.І. Використання моделей нечіткої логіки Мамдані та Сугено для моделювання процесів вимірювання якості. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/6b51d43a-1b9a-4b64-ac57-8972882fa04d/content (дата звернення 20.09.2024).

31. Кирій В.В., Фастова Н.І. Прикладні задачі моделювання економічних процесів : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2014. 209с.

32. Авраменко О.В. Міжнародна логістика: місце України на світовому ринку транспортно-логістичних послуг. Ефективна економіка. №9, 2019. DOI: 10.32702/2307-2105-2021.9.70.

33. Світовий банк. URL: https://lpi.worldbank.org/report (дата звернення: 24.09.2024).

34. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення: 26.09.2024).

35. Портал європейської інтеграції. URL: https://eu-ua.kmu.gov.ua/ (дата звернення: 29.09.2024).

36. Офіційний сайт Міністерства економіки України. URL: https://me.gov.ua/ (дата звернення: 29.09.2024).

37. Офіційний сайт Міністерства розвитку громад та територій України. URL: https://mtu.gov.ua/ (дата звернення: 30.09.2024).