

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«Харківський авіаційний інститут» ім. М.Є. Жуковського
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

РАХІМІ ЯШАР

УДК 519.234:004.891

ДИСЕРТАЦІЯ

**НЕЧІТКА МЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ ТА МЕТОДИ ІНФОРМАЦІЙНОГО
ПІДТРИМУВАННЯ ПОВНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ ТОВАРІВ
БАКАЛІЙНОЇ ГРУПИ**

05.13.06 – інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Я. Рахімі

підпис

Науковий керівник: Підгорний М.В. кандидат технічних наук, доцент.

Черкаси – 2021

АНОТАЦІЯ

Рахімі Я. Нечітка мережева модель та методи інформаційного підтримування повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукового завдання, яке полягає у підвищенні ефективності процесів інформаційного підтримання повних логістичних ланцюгів постачання (ПЛП) продовольчих товарів, насамперед, товарів бакалійної групи (ТБГ). При цьому ефективність функціонування ПЛП досягається за рахунок зниження ризиків виникнення додаткових часових та фінансових витрат при реалізації як окремих ділянок, так і ланцюга постачання в цілому.

У роботі проведено аналіз сучасного стану проблеми інформаційної підтримки сталого розвитку логістичних систем, зокрема повних логістичних ланцюгів постачання, в аспекті забезпечення режиму «just-in-time» та ліквідності готової продукції. Аналіз показав, що для підвищення ефективності функціонування ПЛП необхідна розробка спеціальних методичних засобів, а на цій основі – прикладної інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо формування точно в строк на термінальних ділянках ланцюга ліквідних партій продовольчих товарів бакалійної групи.

На основі результатів проведеного аналізу було сформульовано загальну та часткові завдання дослідження. Формальне подання наведених завдань здійснено на основі математичного апарату, що відомий в рамках теорії нечітких множин й темпоральної логіки. Показано, що оскільки повний логістичний ланцюг постачання продовольчих товарів має ієрархічну структуру, та диверсний характер формування матеріальних потоків, в умовах часових і ресурсних обмежень, забезпечення адекватності розроблюваної моделі може бути досягнуто

шляхом використання математичного апарату вкладених сіток Петрі (ВСП), що розширений шляхом введення часових тверджень та нечіткого представлення змінних. Таким чином, в ході дослідження було створено нечітку мережеву модель ПЛП продовольчих товарів у формі ієрархічної дворівневої ВСП. Верхній рівень цієї моделі подано системною мережею, що відтворює процес функціонування фокусної компанії як центрального елемента ПЛП, а кожен з компонентів нижнього рівню мережевої моделі являє собою елементарну мережу Петрі, що відображає логістичні процеси на термінальних ділянках ПЛП – виробництві сировини та реалізації готової продукції. Така модель, на відміну від відомих, забезпечує зниження рівня невизначеності і, як наслідок, зниження ризиків виникнення додаткових витрат при функціонуванні ПЛП, завдяки реалізації технології збирання, узагальнення та обробки інформації щодо раціонального формування матеріальних потоків в рамках повного логістичного ланцюга, з урахуванням часових та ресурсних обмежень. Практична цінність запропонованої моделі полягає у забезпеченні сталого функціонування ПЛП в аспектах дотримання графіків постачання та раціональної організації матеріальних потоків.

У роботі також подано опис процедури створення нечіткої мережевої моделі представлення інформації про бізнес процеси, які мають місце в процесі функціонування ПЛП, з урахуванням існуючих часових і ресурсних обмежень, у формі ВСП, що розширена шляхом введення нечітких та темпоральних тверджень. Наукова новизна створеної моделі та її відміна від існуючих, полягає у вдосконаленні процесу представлення даних про ситуації, що виникають в процесі функціонування ПЛП внаслідок часових і ресурсних обмежень. Таке вдосконалення стало можливим завдяки використанню прецедентного підходу до побудови відповідних інформаційних структур.

З метою автоматизації процесів формування рішень щодо сталого функціонування ПЛП, у ході дослідження було розроблено спеціальні методи. Перший з цих методів, на відміну від існуючих, надає змогу виявляти відхилення

у функціонуванні ланцюга постачання, та оцінювати критичність цих відхилень для дотримання принципу «just-in-time», завдяки використанню, як методичної основи, низки операцій з маніпулювання елементами моделі ПЛП, що подано у формі розширених часом вкладених сіток Петрі. Другий же метод призначений для формування рішень щодо вибору раціонального маршруту транспортування в рамках повного логістичного ланцюга, з використанням нечіткої математики. Даний метод, на відміну від відомих, надає змогу знизити рівень невизначеності часових та фінансових витрат при функціонуванні ПЛП.

На основі розроблених методичних засобів в роботі описано процес формування та забезпечення сталого функціонування ПЛП типових продовольчих товарів бакалійної групи, а саме сухофруктів, горіхів, прянощів та олій.

Розрахунок ефективності розроблених в дисертації засобів здійснено на основі порівняльного аналізу витрат на реалізацію ПЛП традиційно, при безпосередньому керівництві бізнес процесами менеджерами, та за допомогою розроблених в ході дослідження методичного і програмного забезпечення. При цьому було використано порівняльний аналіз виробничої діяльності типової логістичної компанії за п'ять останніх років, з умовним сценарієм, згідно якого у цій компанії застосовувалась би спеціальна система підтримки прийняття рішень щодо реалізації ПЛП.

Таким чином, в ході дослідження було отримано такі наукові результати:

- вперше розроблено модель повного логістичного ланцюга постачання у формі вкладеної мережі Петрі, що, на відміну від відомих, надає змогу відобразити ієрархічність ланцюга, а саме верхній його рівень (фокусну компанію по переробці вихідної сировини) та нижчі рівні, що відображають діяльність постачальників сировини та реалізаторів готової продукції;

- вперше розроблено метод подання часових залежностей поміж бізнес-процесами у повному логістичному ланцюзі постачання, що засновано на розширених часом вкладених мережах Петрі, та який надає змогу виявляти

відхилення у функціонуванні ланцюга й оцінювати критичність цих відхилень для дотримання принципу «just-in-time»;

– удосконалено метод формування рішення щодо вибору раціонального маршруту транспортування в рамках повного логістичного ланцюга, з використанням нечіткої математики, та який, на відміну від відомих, надає змогу знизити рівень невизначеності часових та фінансових витрат при функціонуванні ланцюга поставок;

– дістали подальший розвиток прикладні інформаційні технології управління процесами транспортної логістики в частині розробки засобів підтримки прийняття раціональних рішень в процесі функціонування повного ланцюга постачання, що дозволило знизити фінансові та часові ризики.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробленні підходу до організації інформаційного забезпечення процесів перевезення вантажів в межах ПЛП.

Розроблено інформаційне, алгоритмічне та програмне забезпечення синтезу нечіткої системи інформаційної підтримки процесів обґрунтування вибору виду транспорту та раціонального маршруту доставки у межах ПЛП.

Практичні результати дисертації апробовано та впроваджено на ТОВ «ASAL», а також використано у навчальному процесі кафедри автомобілів та технології їх експлуатації Черкаського державного технологічного університету при викладанні дисциплін «Управління ланцюгом постачань» та «Логістика на автотранспорті» для здобувачів вищої освіти за спеціальностями 274 «Автомобільний транспорт» та 275 «Транспортні технології»

Ключові слова: повний логістичний ланцюг постачання, фокусна компанія, продовольчі товари, постачальники сировини, реалізатори готової продукції, вкладені мережі Петрі, нечітка математика, система підтримки прийняття рішень.

Список публікацій здобувача за темою дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Рахими Я. Знаниеориентированный подход к организации поддержки принятия решений по формированию полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2017. – Вип. 6(46). – С. 197-201.
2. Рахими Я. Разработка сетевой модели для оптимизации функционирования логистической цепи поставок сухофруктов в режиме «just-in-time» / Я. Рахими // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №1 – С.11-15.
3. Рахими Я. Разработка экспертной системы для выбора рационального маршрута транспортировки сухофруктов в Украину / Я. Рахими, Е.И. Феоктистова // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №2 – С.84-88.
4. Шостак И.В. Моделирование полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину с применением вложенных сетей Петри / И. В. Шостак, Я. Рахими // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №4 – С.45-48.
5. Рахими Я. Нечеткое моделирование транспортной составляющей полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими, И.В. Шостак, Е.И. Феоктистова // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2018. – Вип. 3(49). – С. 83-87.
6. Шостак И.В. Метод расширения модели логистической цепи поставок, представленной в форме двухуровневой вложенной сети Петри / И. В. Шостак, Я. Рахими // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2019. – Вип. 1(89). – С.82-90.

7. Kudhair Abed Thamer. Development of an approach to managing dry fruit supply chains using expert systems / Abed Thamer Kudhair, Yashar Rahimi // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2020. – № 4/3 (106). – С. 16 – 22.

8. Rahimi Y. Organization the information support of full logistic supply chains within the industry 4.0 / Y. Rahimi, I. Matyshenko, R. Kapitan, Y. Pronchakov // International Journal for Quality Research. – 2020. – №14(4), P. 1279–1290.

9. Підгорний М.В. Моделі інформаційної підтримки повних ланцюгів постачань / М.В. Підгорний, О.Ю. Лук'янченко, Я. Рахімі // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. – 2021. – Випуск 3 (50). С. 123-130.

10. Підгорний М. В. Системний підхід до побудови інформаційної технології підвищення ефективності ланцюга постачань товарів / М.В. Підгорний, Я. Рахімі // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2021. – Вип. 2(64). – С. 89-91.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

11. Рахими Я. Подход к организации логистических процессов, связанных с поставками сухофруктов / Я. Рахими // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2017»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2017. – Том 3. – С.149.

12. Рахими Я. Формирование полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину с использованием мультиагентной технологии / Я. Рахими // XXII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – Том 9. – С.164-165.

13. Рахими Я. Модернизация логистической цепи поставок сухофруктов в Украину на основе мультиагентной технологии / Я. Рахими // Сьома міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2018. – С. 5.

14. Рахими Я. Повышение эффективности процессов формирования полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину средствами искусственного интеллекта / Я. Рахими // Шоста міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації». – Харків: ХНУРЕ, 2018. – С. 108.

15. Рахімі Я. Надбання знань для побудови експертної системи підтримки прийняття рішень по організації повного логістичного ланцюга поставок сухофруктів в Україну / Я. Рахімі // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2018»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2018. – Том 3. – С.64.

16. Рахими Я. Информационная технология создания, развертывания и поддержки функционирования полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими // Дев'ята міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2019. – С. 27.

17. Рахімі Я. Застосування вкладених мереж Петрі для створення процесних моделей в задачі розгортання повного логістичного ланцюга / Я. Рахімі // XXIII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – Том 9. – С.107-108.

18. Shostak I. Ensuring the security of the full logistics supply chain based on the blockchain technology / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova, O. Feoktystova, O. Melnyk // 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, ICTERI. CEUR Workshop Proceedings, 2019. – Volume 2393. – P. 655-663.

19. Shostak I. Application of IoT technology to ensure the security of full logistic supply chains / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova // Десята міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2020. – С. 53.

20. Підгорний М.В. Моделі інформаційної підтримки повних ланцюгів постачань / М.В. Підгорний, О.Ю. Лук'янченко, Я. Рахімі // Міжнародна науково-технічна конференція «Поліпшення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин». – К.: НТУ, 2021. – С.10.

21. Підгорний М.В. Системна ефективність логіко-динамічних комплексів транспортування небезпечних вантажів / М.В. Підгорний, В.П. Мельник, Я. Рахімі // Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні технології: матеріали Дванадцятій Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів. (Одеса, 03-04 червня 2021 р.) / ред. М. О. Манзарук. Одеса: ДУІТЗ, 2021. – С.104-106.

ABSTRACT

Rakhimi Ya. Fuzzy network model and information support methods for complete supply chains of grocery group goods. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.13.06 - information technologies. - Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 2021.

The dissertation is devoted to solving a scientific problem, which is to increase the efficiency of information support of complete supply chains (PLP) of food products, primarily groceries (TBG). The efficiency of PLP is achieved by reducing the risk of additional time and financial costs in the implementation of both individual sites and the supply chain as a whole.

logistics supply chains, in terms of "just-in-time" and liquidity of finished products. The analysis showed that to increase the efficiency of PLP, it is necessary to develop special methodological tools, and on this basis - applied information technology to support decision-making on the formation of just in time on the terminal sections of the chain of liquid batches of groceries grocery.

the analysis was formulated general and partial objectives of the study. The formal representation of the above problems is based on the mathematical apparatus known in the framework of fuzzy set theory and temporal logic. It is shown that since the complete logistics chain of food supply has a hierarchical structure and the diversified nature of the formation of material flows, in terms of time and resource constraints, ensuring the adequacy of the developed model can be achieved by using the mathematical apparatus of nested Petri nets (VSP). temporal statements and fuzzy representation of variables. Thus, in the course of the study, a fuzzy network model of PLP of food products in the form of a hierarchical two-level GSP was created. The upper level of this model is represented by a system network that reproduces the process of functioning of the focus company as a central element of PLP, and each of the

components of the lower level of the network model is an elementary Petri net that reflects logistics processes in terminal areas of PLP - production of raw materials and finished products. This model, in contrast to the known, reduces uncertainty and, consequently, reduces the risk of additional costs in the operation of PLP, through the implementation of technology for collecting, summarizing and processing information on the rational formation of material flows within the complete logistics chain, taking into account time and resource constraints. The practical value of the proposed model is to ensure the sustainable operation of PLP in terms of compliance with supply schedules and rational organization of material flows.

The paper also describes the procedure for creating a fuzzy network model for presenting information about business processes that take place in the process of PLP operation, taking into account the existing time and resource constraints, in the form of GSP, which is expanded by introducing fuzzy and temporal statements. The scientific novelty of the created model and its difference from the existing ones is to improve the process of presenting data on situations that arise in the process of PLP operation due to time and resource constraints. This improvement was made possible by the use of a precedent approach to the construction of appropriate information structures.

In order to automate decision-making processes for the sustainable operation of PLPs, special methods were developed during the study. The first of these methods, in contrast to existing ones, makes it possible to detect deviations in the functioning of the supply chain, and assess the criticality of these deviations to comply with the principle of "just-in-time", using as a methodological basis a number of operations to manipulate PLP model elements. which is presented in the form of time-extended nested Petri nets. The second method is designed to form decisions on the choice of a rational route of transportation within the complete logistics chain, using fuzzy mathematics. This method, in contrast to the known ones, makes it possible to reduce the level of uncertainty of time and financial costs in the operation of PLP.

Based on the developed methodological tools, the process of forming and ensuring the sustainable functioning of PLP typical food products of the grocery group, namely dried fruits, nuts, spices and oils, is described.

The calculation of the effectiveness of the tools developed in the dissertation is based on a comparative analysis of the costs of PLP implementation traditionally, with the direct management of business processes by managers, and with the help of methodological and software developed during the study. A comparative analysis of the production activities of a typical logistics company over the last five years was used, with a conditional scenario, according to which this company would use a special decision support system for the implementation of PLP.

Thus, the following scientific results were obtained during the study:

- for the first time a model of a complete logistics supply chain in the form of a nested Petri net was developed, which, unlike the known ones, allows to reflect the chain hierarchy, namely its upper level (focus company on raw material processing) and lower levels, reflecting the activities of suppliers of raw materials and sellers of finished products; Petri, which makes it possible to detect deviations in the functioning of the chain and assess the criticality of these deviations to comply with the principle of "just-in-time";

- improved the method of forming a decision on the choice of a rational route of transportation within the complete logistics chain, using fuzzy mathematics, and which, unlike the known, allows to reduce the level of uncertainty of time and financial costs in the supply chain;

- applied information technologies for transport logistics management processes were further developed in terms of developing tools to support rational decision-making in the process of functioning of the full supply chain, which reduced financial and time risks.

The practical significance of the results developing an approach to the organization of information support of cargo transportation processes within the PLP.

Information, algorithmic and software for synthesis of fuzzy system of information support of processes of substantiation of choice of mode of transport and rational route of delivery within PLP.

Practical results of dissertation are tested and implemented at ASAL LLC, in the educational process of the Department of Automobiles and Technologies of Their Operation of Cherkasy State Technological University in teaching the disciplines "Supply Chain Management" and "Logistics in Motor Transport" for higher education students majoring in 274 "Road Transport" and 275 "Transport Technologies"

Key words: complete supply chain, focus company, food products, suppliers of raw materials, sellers of finished products, nested Petri nets, fuzzy mathematics, decision support system.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень та скорочень.....	17
Вступ.....	18
РОЗДІЛ 1. Аналіз поточного стану проблеми організації інформаційного підтримування повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи.	
Постановка задач дослідження	25
1.1. Аналіз особливостей бізнес-процесів, що пов'язані із поставками товарів бакалійної групи від виробників сировини до реалізаторів готової продукції	25
1.1.1. Види транспорту, що використовуються у межах ПЛП.....	28
1.1.2. Види і марки вантажних автомобілів для перевезень у межах ПЛП.....	30
1.1.2. Класифікація вантажів, що переміщуються у межах ПЛП	35
1.1.3. Роль транспортних експедицій у організації бізнес-процесів у ПЛП.....	36
1.1.3. Нормативно-правова база дослідження.....	37
1.2. Концепція життєвого циклу ПЛП продовольчих товарів, зокрема, бакалійної групи	38
1.3. Критичний огляд існуючих інформаційних засобів щодо підтримки процесів функціонування повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи.....	40
1.4. Шляхи підвищення ефективності функціонування повних логістичних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи за рахунок створення нових засобів інформаційного підтримування бізнес-процесів.....	49
1.5. Перспективи застосування мереж Петрі, засобів імітаційного моделювання та апарату нечіткої математики для створення методичних засобів та прикладної інформаційної технології реалізації повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи.....	50

1.5.1. Мережі Петрі.....	51
1.5.2. Нечітка математика.....	53
1.5.3. Any Logic.....	55
1.6. Постановка задач і структурно-логічна схема дисертаційного дослідження	57
1.7. Висновки по розділу 1.....	59
1.8. Література до розділу 1.....	59
РОЗДІЛ 2. Розробка інформаційної моделі повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи.....	65
2.1. Формальний опис бізнес процесів, що мають місце при функціонування повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи.....	65
2.2. Побудова моделі функціонування повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи у формі мережі Петрі.....	75
2.3. Метод розширення часом мережевої моделі повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи.....	80
2.4. Висновки по розділу 2.....	88
2.5. Література до розділу 2.....	89
РОЗДІЛ 3. Створення методу реалізації нечіткого виведення на знаннях при формуванні рішень щодо організації матеріальних потоків у межах ПЛП ТБГ.....	93
3.1. Дослідження особливостей застосування нечіткої логіки в задачах інформаційної підтримки ЖЦ ПЛП ТБГ на прикладі оцінювання якості дорожнього покриття на маршрутах перевезення товарів.....	93
3.2. Удосконалення методу формування рішення щодо вибору виду транспорту для перевезень у межах ПЛП ТБГ, з використанням нечіткої математики.....	102

3.3. Ілюстративний приклад формування рішення щодо вибору виду транспорту при організації поставок сухофруктів у межах ПЛП, із застосуванням нечіткої логіки.....	107
3.4. Висновки по розділу 3.....	112
3.5. Література до розділу 3.....	112
РОЗДІЛ 4. Застосування теоретичних результатів дослідження для організації інформаційної підтримки процесів організації перевезень у межах повного ланцюга постачання товарів бакалійної групи на типовому логістичному підприємстві.....	115
4.1. Удосконалення засобів імітаційного моделювання бізнес-процесів в ПЛП ТБГ на основі технології мультиагентних систем.....	115
4.2. Розробка нечіткої експертної системи підтримки прийняття рішень щодо організації повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи.....	122
4.3. Технологія інтеграції сукупності нечітких ЕСППР в єдиний інформаційний простір у межах ПЛП ТБГ.....	131
4.4. Заходи щодо підвищення ефективності комунікацій поміж учасниками ПЛП ТБГ з використанням технологій IoT та Blockchain.....	143
4.5. Опис прикладної інформаційної технології підтримки процесів транспортування в межах ПЛП товарів бакалійної групи.....	151
4.6. Оцінка ефективності інформаційної підтримки процесів перевезень вантажів у межах повного ланцюга постачання товарів бакалійної групи.....	155
4.7. Висновки по розділу 4.....	159
4.8. Література до розділу 4.....	160
ВИСНОВКИ.....	162
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	164
ДОДАТОК А. Список публікацій здобувача.....	175
ДОДАТОК Б. Акти впровадження.....	179

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

БЗ – база знань;

БППР – блок підтримки прийняття рішень;

ВМП – вкладені мережі Петрі;

ВНЗ – виведення на знаннях;

ЕС – експертна система;

ЕСППР – експертна система підтримки прийняття рішень;

ЖЦ – життєвий цикл;

МАС – мультиагентна система;

МП – мережі Петрі;

ОПР – особа, що приймає рішення;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЛП – повний ланцюг постачання;

ТБГ – товари бакалійної групи;

ТЛ – транспортна логістика;

ІDoT - ідентифікація об'єктів інтернету речей;

ІoT – інтернет речей;

MATLAB - пакет прикладних програм для вирішення задач технічних обчислень;

SCM – supply chain management (управління ланцюгами поставок);

WF – мережа потоків робіт, або потокова мережа Петрі.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. В сучасному світі ефективність бізнес процесів на регіональному, національному та, загалом, на світовому рівнях, великою мірою залежить від якості організації логістичних систем. Одним з об'єктів такого типу є повний ланцюг постачання (ПЛП) товарів бакалійної групи (ТБГ), що являє собою складну соціо-економічну систему, яка складається із великої кількості постачальників сировини, фокусної компанії (переробка та пакування), складських терміналів, дистриб'юторів, митних брокерів, 3PL та 4PL-провайдерів, рітейлерів. Взаємодія між учасниками ПЛП являє собою множину неперервних матеріальних, фінансових та інформаційних потоків і послуг, від джерел вихідної сировини до кінцевого споживача. Різноманіття регіонів світу, з яких проводиться постачання ТБГ, широка номенклатура продукції, врожайність сільськогосподарських культур, з яких отримують сировину, коливання курсів валют, митні тарифи, сезонність, обумовлюють високий рівень невизначеності у процесах формування та прийняття рішень учасниками ПЛП. За своєю природою, ПЛП є складною стохастичною системою, для функціонування якої характерні такі особливості: порівняно велика кількість незалежних учасників бізнес процесів; складний характер взаємодії (такий, що важко формалізується) між учасниками ПЛП, які часто є конкурентами; висока динаміка змін у середині системи; нестационарність більшості процесів, що мають місце при функціонуванні ПЛП.

Зазначені обставини визначають недостатню ефективність існуючих засобів інформаційної підтримки ПЛП, та обумовлюють необхідність їх модернізації за рахунок розширення концепції SCM (управління ланцюгами постачання), шляхом доповнення знання орієнтованими методами, для досягнення кон'юнктивного консенсусу між учасниками ПЛП.

Значний внесок у розвиток питань, пов'язаних із використанням інформаційних технологій та систем для управління життєвим циклом ПЛП,

внесли такі вітчизняні і зарубіжні вчені: М.М. Полторацький, А.М. Кублій, Н.В. Ващенко, А.К. Покровський, О.М. Котлубай, В.О. Зубенко, М. Крістофер, Дж. Сток, Д. Ламберт, Д. Уотерс, Дж. Клосс, Д. Бауерсокс, Дж. Менцер, К. Олівер, В. Сергєєв, О. Щепов та ін. Визначні результати в цьому напрямку отримані науково-дослідними центрами таких розробників як Dassault Systemes (Франція), Siemens PLM Software (Німеччина), Unigraphics (США) та ін. Поряд із цим, специфіка функціонування ПЛП не дозволяє безпосередньо задіяти відповідні стандартні засоби автоматизації процесів взаємодії учасників ланцюга, оскільки ці розробки не забезпечують ефективного вирішення всього комплексу задач інформаційної підтримки процесів в межах повного ланцюга. До того ж, наявність теоретичного базису у вигляді елементів теорії сіток Петрі, теорії часових тверджень та нечіткої математики надає змогу, шляхом теоретичного узагальнення, створити методичну основу для організації перевезень між елементами ПЛП в режимі «just-in-time». Тому існує нагальна потреба в подальшому дослідженні методів та засобів інформаційної підтримки процесів управління ПЛП, в частині забезпечення перевезень, з метою розробки спеціальної прикладної інформаційної технології. Таким чином, дисертаційна робота спрямована на розв'язання важливої науково-прикладної задачі, суть якої полягає у підвищенні ефективності функціонування ПЛП за рахунок забезпечення своєчасності поставок в межах ланцюга, шляхом розробки і впровадження технології інформаційної підтримки процесів перевезення вантажів в аспекті забезпечення режиму «just-in-time».

Наведене вище свідчить про актуальність обраного напрямку дисертаційного дослідження та визначає тему роботи, її мету та задачі.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування повних ланцюгів постачання продовольчих товарів за рахунок створення технології інформаційної підтримки процесів управління матеріальними потоками в середині ланцюга на основі запропонованих моделей

та методів обробки даних та знань про номенклатуру товарів, їх ліквідність та своєчасність доставки роздрібним реалізаторам.

Поставлена мета досягається вирішенням таких взаємопов'язаних завдань дослідження:

1. Провести аналіз існуючих систем управління повними ланцюгами постачання та інформаційних технологій, на яких вони базуються, виявити проблемні задачі реалізації процесів інформаційної підтримки життєвого циклу повних ланцюгів постачання та обґрунтувати задачі дослідження.

2. Розробити сітьову модель повного ланцюга постачання, яка б адекватно відображала ієрархічність ланцюга, а саме верхній його рівень (фокусну компанію по переробці вихідної сировини) та нижчі рівні, що відображають діяльність постачальників сировини та реалізаторів готової продукції.

3. Розробити метод подання часових залежностей поміж бізнес-процесами у повному логістичному ланцюзі постачання, який надавав би змогу виявляти відхилення у функціонуванні ланцюга й оцінювати критичність цих відхилень для дотримання принципу «just-in-time».

4. Синтезувати метод формування рішень щодо вибору раціонального маршруту транспортування в рамках повного логістичного ланцюга, який надав би змогу знизити рівень невизначеності щодо часових та фінансових витрат при функціонуванні ланцюга поставок ТБГ.

5. Створити технологію інформаційної підтримки процесів функціонування повного логістичного ланцюга щодо вибору раціональних маршрутів доставки з урахуванням сукупності найбільш значущих факторів.

6. Провести промислову апробацію запропонованих моделей та методів, а також забезпечити їх впровадження у навчальний процес закладів вищої освіти.

Об'єкт дослідження – процеси інформаційної підтримки життєвого циклу повних ланцюгів постачання.

Предмет дослідження – моделі, методи та інформаційні технології підтримки функціонування повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи.

Методи дослідження: системний аналіз – для формалізації процесу функціонування повного логістичного ланцюга постачання; теорія мереж Петрі – для створення сітьової моделі повного логістичного ланцюга постачання; теорія часових тверджень - для адекватного представлення часових залежностей, що мають місце при функціонуванні повного логістичного ланцюга; нечітка математика – для наближення процесів обробки інформації про комплекс чинників, що впливають на функціонування повного логістичного ланцюга, до розмірковувань експертів; інженерія знань – розробки спеціалізованої оболонки експертної системи для обґрунтування раціональних маршрутів доставки товарів.

Наукова новизна отриманих результатів:

– вперше розроблено модель повного логістичного ланцюга постачання у формі вкладеної мережі Петрі, що надає змогу відобразити ієрархічність ланцюга, а саме верхній його рівень (фокусну компанію по переробці вихідної сировини) та нижчі рівні, що відображають діяльність постачальників сировини та реалізаторів готової продукції;

– вперше розроблено метод подання часових залежностей поміж бізнес-процесами у повному логістичному ланцюзі постачання, що заснований на розширених часом вкладених мережах Петрі, та який надає змогу виявляти відхилення у функціонуванні ланцюга й оцінювати критичність цих відхилень для дотримання принципу «just-in-time»;

– удосконалено метод формування рішення щодо вибору раціонального маршруту транспортування в рамках повного логістичного ланцюга, з використанням нечіткої математики, та який, на відміну від відомих, надає змогу знизити рівень невизначеності часових та фінансових витрат при функціонуванні ланцюга поставок;

– дістали подальший розвиток прикладні інформаційні технології управління процесами транспортної логістики в частині розробки засобів підтримки прийняття раціональних рішень в процесі функціонування повного ланцюга постачання, що дозволило знизити фінансові та часові ризики.

Особистий внесок здобувача полягає в самостійному виконанні теоретичної, практичної частин та формуванні на цій основі висновків і рекомендацій. В дисертаційній роботі узагальнено результати поточних досліджень автора. Всі основні наукові та практичні результати роботи, викладені в дисертації, отримані автором особисто. В роботах, виконаних у співавторстві, особисто авторів належать такі наукові результати: [3] – метод обґрунтування вибору виду транспорту для перевезення вантажів у межах повного логістичного ланцюга постачання, на основі нечіткої математики; [4] – використання двох альтернативних нечітких моделей, для дотримання принципу багатомодельності, при виборі раціонального виду транспорту для перевезення вантажів у межах повного логістичного ланцюга; [5] – модель повного логістичного ланцюга у формі вкладеної мережі Петрі; [6] – метод розширення часом мережевої моделі повного ланцюга постачання; [7] – концепція застосування технології експертних систем для вибору раціонального маршруту доставки у межах повного ланцюга постачання; [8] – підхід до інформатизації процесів управління життєвим циклом повних логістичних ланцюгів постачання, в рамках концепції «Industry 4.0».

Роботи [1, 2] виконано без співавторів.

Апробація результатів дисертації. Апробацію результатів дисертаційного дослідження проведено на науково-технічних семінарах кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії та кафедри автомобілів та технології їх експлуатації Черкаського державного технологічного університету. Окремі положення та результати досліджень доповідались на всеукраїнських і міжнародних конференціях та конгресах, а саме: Всеукраїнській науково-технічній конференції «Інтегровані компютерні технології в машинобудуванні» (Харків, 2017); 22-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (Харків, 2018); Восьмій міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (Полтава – Баку – Харків –

Жиліна, 2018); Шостій міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатизації» (Черкаси – Баку – Бельсько-Бяла – Харків, 2018); Всеукраїнській науково-технічній конференції «Інтегровані компютерні технології в машинобудуванні» (Харків, 2018); Дев'ятій міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (Баку – Харків – Жиліна, 2019); 23-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (Харків, 2019); 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, ICTERI (Херсон, 2019); Десятій міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (Баку – Харків – Жиліна, 2020); Міжнародній науково-технічній конференції «Поліпшення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин» (Київ, 2021); Дванадцятій Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів (Одеса, 2021).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація пов'язана із держбюджетними темами, що виконувалися на кафедрі інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» в період з 2015 по 2020 роки згідно з планом науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України, а саме: «Створення методологічних основ інтеграції виробничих систем підтримки прийняття рішень в єдиний простір знань на підприємствах аерокосмічного профілю» (№ ДР 0115U000997), та «Розробка теоретичних основ розподіленого інтелектуального керування інвестиційними проектами і програмами реформування і розвитку машинобудівного комплексу України» (№ ДР 0115U003328) в яких здобувач брав безпосередню участь.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено підхід до організації інформаційного забезпечення процесів перевезення вантажів в межах ПЛП.

Розроблено інформаційне, алгоритмічне та програмне забезпечення синтезу нечіткої системи інформаційної підтримки процесів обґрунтування вибору виду транспорту та раціонального маршруту доставки у межах ПЛП.

Практичні результати дисертації апробовано та впроваджено на ТОВ «ASAL», а також використано у навчальному процесі кафедри автомобілів та технології їх експлуатації Черкаського державного технологічного університету при викладанні дисциплін «Управління ланцюгом постачань» та «Логістика на автотранспорті» для здобувачів вищої освіти за спеціальностями 274 «Автомобільний транспорт» та 275 «Транспортні технології».

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 21 друкована праця, серед них: 10 статей у наукових фахових виданнях (9 – у фахових виданнях України та 1 у закордонному фаховому періодичному виданні), з яких 5 – у виданнях, що індексуються міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних, у тому числі 2 – у виданнях, що індексуються базою SCOPUS; 11 тез доповідей за матеріалами конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 181 сторінку, з яких основний текст на 154 сторінках, список використаних джерел із 106 найменувань на 11 сторінках, 2 додатки на 7 сторінках. Робота містить 13 таблиць та 25 рисунків, з яких 4 рисунки на 2 окремих сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПІДТРИМУВАННЯ ПОВНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ ТОВАРІВ БАКАЛІЙНОЇ ГРУПИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз особливостей бізнес-процесів, що пов'язані із поставками товарів бакалійної групи від виробників сировини до реалізаторів готової продукції

Ланцюг поставок (supply chain) - взаємопов'язаний набір ресурсів і процесів, що починається з отримання сировини і тягнеться через доставку продукції або послуг кінцевому користувачеві за допомогою транспортних систем. Ланцюг поставок може включати в себе продавців сировини, промислові підприємства, логістичні центри, внутрішні центри розподілу, дистриб'юторів, оптових продавців та інших юридичних осіб, які задіяні у процесах доставки товарів до кінцевого користувача [1-3].

Управління ланцюгами поставок (supply chain management, SCM) - управлінська концепція і організаційна стратегія, яка полягає в інтегрованому підході до планування та управління всім потоком інформації про сировину, матеріали, продукти, послуги, що виникають і перетворюються в логістичних і виробничих процесах підприємства, націлені на вимірний сукупний економічний ефект (зниження витрат, задоволення попиту на кінцеву продукцію) [4].

Транспортна логістика (ТЛ) - це система по організації доставки, а саме по переміщенню будь-яких матеріальних предметів, речовин тощо. З однієї точки в іншу за раціональним маршрутом [5].

ТЛ охоплює такі види діяльності: прогноз і організацію доставки вантажів; оформлення супутніх документів; юридичний супровід перевезення; розрахунок за послуги перевезення; навантаження й розвантаження; упаковку і складування;

оптимізацію бізнес процесів; інформаційний супровід; додаткові послуги (митні послуги, страхування). Прийнято поділяти ТЛ на внутрішню (переміщення вантажу всередині компанії і між її філіями) і зовнішню (наприклад, доставка товару від виробника споживачеві).

Транспортування - переміщення вантажу транспортним засобом за певною технологією в ланцюзі постачань.

Транспортні перевезення поділяються на:

- унімодальні (одновидові), що здійснюються одним транспортом;
- мультимодальні (багатовидові), коли використовується декілька видів транспорту, з одним відповідальним організатором. Офіційно перевізником виступає один транспорт, інші при цьому мають статус клієнтів;
- інтермодальні, при яких доставка вантажів здійснюється на декількох видах транспорту, але ж один оператор організовує весь процес переміщення від першої точки, через проміжні пункти, і до одержувача. Відповідальність розподіляється між усіма перевізниками, які є рівними у своєму статусі, для них встановлені єдині тарифи;
- змішані, що передбачають використання двох видів транспорту, з яких перший виконує доставку до місця навантаження на другий (без проміжних пунктів і складування). Наприклад - залізнично-автомобільна доставка;
- комбіновані. На відміну від змішаних перевезень, тут у ланцюзі використовується більше двох видів транспортних засобів.

Бізнес процеси, що мають місце у ТЛ, організуються по одному з двох підходів – логістичному та традиційному [6-7].

При традиційному підході відсутній оператор мультимодального перевезення, який керує всім процесом переміщення вантажу. Учасники взаємодіють послідовно. Інформація та фінансові потоки передаються виключно між суміжними ланками ланцюжка. У подібному ланцюжку не встановлені єдині тарифи.

Логістичний підхід передбачає, що всіма бізнес процесами керує єдиний оператор перевезення, завдяки чому схема повідомлень про поточний стан перевезень є за своєю природою послідовно-центральною. В цьому випадку повинні діяти загальні тарифи на перевезення.

Загальна мета ТЛ - організація своєчасного транспортування вантажу з мінімальними витратами. Досягнення цієї мети необхідно виконати ряд завдань: провести аналіз пунктів доставки; проаналізувати властивості вантажу; вибрати відповідний транспорт; вибрати перевізника і при необхідності інших логістичних партнерів; побудувати маршрут; здійснювати контроль вантажу під час перевезення; забезпечити технологічну єдність транспортно-складського процесу; оптимізувати параметри (збільшити швидкість перевезення, зменшити обсяг споживаного палива).

На етапі аналізу пунктів доставки менеджер з транспортної логістики прокладає приблизний маршрут з урахуванням географії місцевості і типу вантажу. Іноді вже при вирішенні цього завдання стає ясно, що доведеться використовувати кілька видів транспорту або необхідно опрацювати проміжні пункти [8].

Необхідність реалізації етапу аналізу властивостей вантажу обумовлена тим фактом, що особливості вантажу багато в чому впливають на подальший вибір транспорту і на розробку маршруту. Наприклад, то, наскільки товар об'ємний, важкий або крихкий, багато в чому вплине на вибір транспортного засобу. Тільки після визначень властивостей вантажу варто приступати до вибору транспорту.

Найважливішими критеріями для ТЛ є швидкість доставки, її вартість і час, тому наступний етап – вибір транспорту, має суттєве значення. Транспортний засіб вибирають виходячи з: характеру та цінності вантажу; кількості партій і частоти відправлень; відстані і особливостей місцезнаходження пункту призначення.

Перевезення можуть проводитися як самою компанією, так і сторонньою організацією: перевізником або експедитором. Створити власний автопарк або

скористатися послугами перевізника компанія вирішує виходячи з витрат в обох варіантах, надійності перевізників тощо. У процесах перевезень задіяні перевізники та експедитори.

Перевізники - здійснюють тільки фізичне переміщення вантажу в просторі, транспортування.

Експедитори - крім самого перевезення, надають ряд додаткових послуг, таких як: оформлення документів на вантаж, виконання митних формальностей, навантаження/розвантаження, зберігання, комплектацію та контроль за станом вантажу, страхування та ін.

Крім того, в процесі перевезень важливу роль відіграють і допоміжні логістичні партнери - митні брокери, страхові, охоронні та інформаційні компанії, підприємства з вантажопереробки та упаковки, вантажні термінали [9-11].

1.1.1 Види транспорту, що використовуються у межах ПЛП

Наземний транспорт ділиться на ряд підвидів [12, 13]:

а) залізничний транспорт - здійснює перевезення пасажирів і вантажів колісними транспортними засобами по рейкових шляхах. До переваг залізничного транспорту відносять: високу провізну і пропускну здатність; незалежність від кліматичних умов, пори року і доби; високу регулярність перевезень та їх безпеку; високу швидкість доставки вантажів на далекі відстані (понад 1500 км).

Недоліками залізничного транспорту є: обмежене число перевізників (природна монополія); великі капітальні вкладення у виробничо-технічну базу; висока енергоємність і матеріаломісткість перевезень; недоступність в кінцевих точках продажів; не надто високе збереження вантажу;

б) автомобільний транспорт - здійснює перевезення вантажів і пасажирів по безрейковим дорожнім шляхах, моторними транспортними засобами, що мають як мінімум 3 колеса (вантажівки, легкові автомобілі, , але не мотоцикли або трактори). Перевагами автомобільного транспорту є: висока доступність;

можливість доставки вантажу «від дверей до дверей»; висока гнучкість і маневреність; висока швидкість доставки; можливість використовувати різні маршрути; можливість відправки вантажу невеликими партіями; широкі можливості вибору підходящого перевізника.

Недоліки автомобільного транспорту полягають у: низькій ефективності; залежності від погодних та дорожніх умов; високій собівартості перевезень на великі відстані; неможливості тривалого очікування розвантаження; небезпеці розкрадання вантажу і викраденні транспортного засобу;

в) трубопровідний транспорт - споруда, що призначена для транспортування по трубі рідких і газоподібних речовин, а також твердого палива у вигляді розчину під впливом різниці тисків в її поперечних перетинах. У логістичних системах харчової промисловості таким чином можуть транспортуватися різні види олії.

Характерною ознакою трубопровідного транспорту є відсутність окремих транспортних засобів, такими засобами виступає сама інфраструктура (труби, насосні станції і т.п.).

Переваги трубопровідного транспорту: низька собівартість; висока продуктивність; високе збереження вантажу; низька капіталомісткість; дешевизна транспортування; порівняно невелика кількість обслуговуючого персоналу.

Недоліки трубопровідного транспорту – у можливості транспортування тільки особливих видів вантажів та у значних обсягах.

Повітряний транспорт - включає в себе як повітряні судна (літаки, гвинтокрили), так і обслуговуючу їх інфраструктуру: аеропорти, диспетчерські служби, ангари та ін.

Переваги повітряного транспорту: найвища швидкість доставки вантажу; висока надійність; найкраще збереження вантажу; найбільш короткі маршрути перевезень.

Недоліки повітряного транспорту полягають у: високій собівартості і тарифах; високій капіталомісткості, енергоємності і матеріалоємності перевезень; залежності від погодних умов; обмеженій географічній доступності.

Водний транспорт - здійснює перевезення пасажирів і вантажів по водних шляхах сполучення, як природним (ріки, озера, моря, океани), так і штучним (водосховища, канали).

Водний транспорт ділиться на річковий (внутрішній водний), що здійснює перевезення внутрішніми водними шляхами (річках, каналах, озерах), та на морський, що здійснює перевезення вантажів по поверхні морів, океанів і прилеглих акваторій.

Переваги річкового транспорту: високі провізні можливості на глибоководних ріках і водоймах; низька собівартість перевезень; низька капіталомісткість. Недоліками ж річкового транспорту є: обмеженість географії перевезень; низька швидкість доставки (залежить від нерівномірності глибини річки, навігаційних умов та ін.); сезонність; недостатня надійність перевезень і збереження вантажу.

Переваги морського транспорту полягають у можливості міжконтинентальних перевезень та низькій собівартості перевезень на далекі відстані.

До недоліків морського транспорту відносять: обмежену географію перевезень; низьку швидкість доставки (оскільки вона залежить від географічних, кліматичних і навігаційних умов); малу частоту відправлень; існування жорстких вимог до кріплення і упаковки вантажів; необхідність створення складної портової інфраструктури.

1.1.2 Види і марки вантажних автомобілів для перевезень у межах ПЛП

При організації ПЛП найчастіше використовують такі види і марки вантажних автомобілів: бортові вантажівки; автомобілі - вантажні фургони;

вантажівки-шасі; ізотермічні фургони; контейнеровози; мультиліфти; рефрижератори; тентовані вантажівки; шторні вантажівки; цистерни харчові [1, 5].

Популярними марками вантажних автомобілів є: КАМАЗ; MAN; МАЗ; DAF; VOLVO; RENAULT; SCANIA; HYUNDAI; MERCEDES BENZ; FOTON.

Від технічних характеристик автомобіля залежить вид вантажу, який вона буде надалі перевозити.

Вантажівки відрізняються будовою кузова: він може бути відкритим і закритим.

До вантажівок з відкритою формою кузова відносять бортові вантажівки та контейнеровози. До вантажівок з закритим кузовом відносять: рефрижератори; ізотермічні фургони; тентова ні та шторні вантажівки.

Завдяки своїм унікальним технічним характеристикам кожен вид вантажного автомобіля виконує певні функції і використовується в різних сферах вантажоперевезень.

Бортові, тентовані та шторні вантажівки за функціями дуже схожі одна на одну і є найпростішими видами вантажних автомобілів.

Бортова вантажівка являє собою відкриту платформу з бортами. Бортові вантажівки можуть використовуватися для перевезення різних видів вантажу. З огляду на те, що найчастіше кузов відкритий, для транспортування підійдуть вантажі, які не вибагливі до впливу погодних умов (дощу, граду, снігу). Навантаження може здійснюватися як ззаду, так і з боків (борта легко демонтуються). Це забезпечує вільний доступ до платформи.

Шторні вантажівки відрізняються лише способом завантаження. Тент на шторній вантажівці швидко зсувається в бік, чим прискорює процес підготовки до навантаження, зате тентований, хоч і більш незручний під час завантаження/розвантаження, підходить для міжнародних вантажоперевезень.

Різні види тентованих вантажівок підійдуть для перевезень будь-якого вантажу, що не потребує дотримань температурного режиму, але "примхливого"

до погодних умов. Кузов тентованої вантажівки обтягнутий водонепроникним прогумованим тентом з матеріалу ПВХ. Це страхує вантаж, від бруду, пилу, дощу і снігу. Пів кузова тентованої вантажівки представляє собою платформу з бортами або без них. Металевий каркас кузова при бажанні легко демонтується і відкриває доступ до вільного навантаження або розвантаження автомобіля. До того ж напівпричіп вантажний автомобіль підходить для здійснення міжнародних вантажоперевезень: на митниці кузов такої вантажівки легко пломбується і не доставляє зайвих клопотів під час перетину кордонів.

Колісна формула у тентованих вантажівок найчастіше 4x2 або 6x2, але можна зустріти вантажівки і з колісною формулою 4x4, 6x4 і навіть 8x2. Осей або дві, або три. Двигуни в різних видах тентованих вантажівок зазвичай дизельні з потужністю до 620 кінських сил.

Зазначені вище автомобілі призначені для перевезення невибагливих товарів, які не потребують певних умов транспортування, а для бортового автомобіля підійдуть вантажі, що невибагливі і до погодних умов.

Рефрижератори та ізоітермічні фургони перевозять продукти харчування, які потребують суворо підтримуваної температури зберігання. Кузови таких вантажівок виконані зі спеціальних теплоізоляційних матеріалів - сендвіч-панелей.

Рефрижератори оснащені холодильним обладнанням і підходять для міжнародних вантажоперевезень, ізоітермічні фургони можуть лише підтримувати задану температуру, але не здатні регулювати її. Тому ізоітермічні вантажівки використовують для міжрегіональних і міських перевезень.

Також в цьому сегменті функціонують промтоварні фургони. Вони підходять для перевезення продуктів харчування, які не потребують певного температурного режиму, таких як олія, консерви, крупи та інше.

Вантажівки-шасі служать як універсальні напівфабрикати для компаній-перевізників. На шасі за бажанням встановлюється будь-який кузов, який потрібний для транспортування.

Вантажний фургон призначений для перевезення промислових вантажів, яким не потрібен особливий режим температури та вологості, і може випускатися в різних комплектаціях і з різними технічними характеристиками. Фургон може бути встановлений на базу будь-якого шасі, причому як заводом-виробником, так і самостійно.

Оскільки техніка даного типу використовується для найпростіших вантажоперевезень, вантажні фури більшості марок не мають складних конструктивних особливостей і не оснащуються спеціальним обладнанням. Розрізняють такі види вантажних фуронів: каркасні, клеєні каркасні і клеєні безкаркасні.

Автомобілі - вантажні фури можуть мати вантажопідйомність від 2 до 15 тон - відповідно, шасі може мати дві або три осі. Вони користуються популярністю, тому що окупаються швидко.

Ізотермічний фургон зазвичай використовується при перевезенні продуктів харчування. Стандартний вид ізотермічного фурона кріпиться до рами шасі і має довжину близько чотирьох метрів.

Кузов ізотермічного фурона може мати різний коефіцієнт теплопровідності. Від цього коефіцієнта безпосередньо залежить функціональність ізотермічного фурона - здатність зберігати необхідну температуру.

Чим нижче коефіцієнт теплопровідності, тим вище вартість машини.

Ізотермічний фургон відрізняється від рефрижератора відсутністю холодильного обладнання. Встановити потрібний рівень температури в ізотермічному фуроні важко, швидко підвищити або знизити температуру також не вийде.

Розрізняють такі види ізотермічних фуронів в залежності від коефіцієнта теплопровідності:

1. З коефіцієнтом менше 0,4 (від -20 до +12 градусів). Ці машини добре зберігають низьку температуру в будь-яких кліматичних умовах, підходять для

транспортування продуктів глибокої заморозки (що вимагають постійної температури не вище -18 градусів). Найчастіше їх додатково оснащують холодильним обладнанням.

2. З коефіцієнтом менше або дорівнює $0,7$ (від -10 до $+12$ градусів). У фургоних даного типу можна перевозити продукти, що вимагають особливого кліматичного контролю (заморожене м'ясо, риба, деякі ліки), крім продуктів глибокого заморожування. Такі автомобілі також додатково оснащуються холодильним обладнанням.

3. З коефіцієнтом теплопровідності до $0,9$ (від 0 до $+12$ градусів). Дані ізотермічні фургони служать для перевезення вантажів, які не потребують заморозки (сири, консерви).

4. З коефіцієнтом теплопровідності вище $1,3$. Такий тип кузова використовується для перевезень вантажів, які не потребують особливої температури (будівельні матеріали та інше).

Існують види рефрижераторів з вантажопідйомністю до 3 тонн (транспортування по місту), від 3 до 5 тонн (транспортування по місту і області) та більше 5 тонн (для міжнародних перевезень).

Види рефрижераторів, призначені для міжнародних перевезень, проходять обов'язкову сертифікацію. Для перевезення швидкопсувного товару в Європі фургон повинен мати коефіцієнт теплопровідності не вище $0,4$.

Контейнеровози беруть участь в мультимодальних вантажоперевезеннях і призначені для транспортування стандартних вантажних контейнерів. Контейнери бувають двадцятифутові та сорокафутові. Найчастіше такі вантажні автомобілі пересуваються в зчепленні з причепами, створюючи автопоїзд, для збільшення кількості перевезених контейнерів. Контейнери розрізняються по величині. Бувають двадцяти- ($6,09$ метрів в довжину) та сорокафутові ($12,19$ метрів в довжину) контейнери. Вони мають стаціонарну жорстку конструкцію. Різні види контейнеровозів дозволяють перевозити або один сорокафутовий контейнер, або

один-два двадцятифутових. Також стандартний контейнеровоз може бути доповнений причепом-контейнеровозом для пересування в складі автопоїзда.

Для того щоб контейнеровоз справлявся з великою масою контейнерів, його обладнують потужним двигуном - від трьохсот шістдесяти до шестисот десяти кінських сил. У контейнеровозах перевозять все розмаїття вантажів, так як контейнери виготовляють з різних матеріалів і можна підібрати контейнер залежно від потреб. Це може бути і рефрижераторний контейнер, і ізотермічний, і найпростіший контейнер, зроблений з жерстяних листів. Рефрижератор - незамінний вантажний автомобіль для ланцюгів поставок вантажів, що вимагає певного температурного режиму.

1.1.3 Класифікація вантажів, що переміщуються у межах ПЛП

Класифікація вантажів - це поділ їх на групи за загальними ознаками, що визначають цільове призначення і клас, вантажно-розвантажувальні технології, особливості перевезення і її тариф [5, 14]. Основні критерії класифікації:

- спосіб завантаження/розвантаження. Всі вантажі підрозділяються на три групи - штучні (тарні і безтарні), навалочні (насіпні) і наливні;
- умови перевезення. Залежно від особливостей процесу можна виділити дві основні групи - звичайні вантажі (які не потребують особливих умов) і специфічні (які потребують дотримання правил безпеки, дотримання температурних/вологісних режимів);
- коефіцієнт використання вантажопідйомності транспорту. Існує чотири класи вантажів, підрозділ на які залежить від обсягу і способу упаковки;
- умови зберігання. Залежно від типу вантажу зберігання може проводитися на критих складах, критих і відкритих майданчиках;
- клас небезпеки. Відповідно до класифікатора виділяють 9 класів небезпечних вантажів.

Класифікація вантажів визначається видом використовуваного транспорту.

Генеральні вантажі - розсипні або упаковані товари, а також продукція, що вимагає укрупнених вантажних місцях. Перевозяться будь-яким видом транспорту - автомобільним, морським, повітряним, залізничним.

Збірні вантажі - товари/продукція різних відправників, сформовані в єдину партію, що перевозяться одним транспортним засобом і в одному напрямку, призначені для різних одержувачів.

Рефрижераторні перевезення - транспортування швидкопсувних груп товарів, які потребують підтримки заданого температурного режиму. Доставка виконується за допомогою напівпричепів рефрижераторів різного класу, оснащених холодильними установками, або ізотермічних фургонів зі спеціальною теплоізоляцією кузова. До рефрижераторних вантажів належать, зокрема, продукти харчування, свіжозрізані рослини.

Наливні вантажі - безтарні рідини різного характеру, що перевозяться цистернами, танк-контейнерами, флексі-танками контейнерного типу або бункерними піввагонами. Умови перевезення наливних вантажів визначаються їх класом, який у даному випадку, є безпечним (харчові продукти).

1.1.4 Роль транспортних експедицій у організації бізнес-процесів у ПЛП

Транспортна експедиція - діяльність, пов'язана з наданням послуг вантажовідправників та вантажоодержувачів (клієнтам) і організацією доставки вантажів будь-яким видом транспорту. Наданням послуг транспортної експедиції (експедиторських послуг) займаються спеціальні експедиторські організації – експедитор [15-19].

При наданні експедиторських послуг в повному обсязі, транспортна експедиція має на увазі організацію перевезення вантажів від дверей складу вантажовідправника до дверей складу вантажоодержувача (використовується термін «від дверей - до дверей»). В цьому випадку повний комплекс послуг з доставки вантажу включає: доставку від складу відправника вантажу на вантажну

залізничну станцію, в порт, в аеропорт; навантаження в транспортний засіб (автомобіль, вагон, корабель, літак); оплату тарифу на перевезення вантажів; вивантаження з транспортного засобу, наприклад, вагона на станції призначення; доставку вантажу автомобільним транспортом до складу вантажоодержувача.

У перелік транспортно-експедиторських послуг входить [20-23]: розробка за дорученням клієнта маршруту перевезення вантажу при перевезеннях декількома видами транспорту (змішані або так звані мультимодальні та інтермодальні перевезення); укладання договорів з іншими експедиторами і учасниками перевізного процесу для фрахтування морських і річкових суден, літаків, вагонів та автомобілів; оформлення транспортних документів: транспортних накладних, коносаментів та інших документів, необхідних для доставки вантажів за призначенням; оплата тарифів на перевезення та інших платежів і зборів; страхування вантажів, участь в оформленні документів при пошкодженні, псуванні або недостачі вантажів (так звані несхоронні перевезення); виконання обов'язків митного брокера при перевезеннях експортно-імпорتنих вантажів; інформування вантажовідправників про просування вантажів, розшук вантажів в разі їх втрати; організація при необхідності переадресування вантажів на шляху прямування; отримання дозволів та оформлення документів на перевезення небезпечних, великогабаритних та великовагових вантажів; інші послуги за дорученням клієнтів.

Основною метою при наданні експедиторських послуг є зниження витрат, що виникають під час оформлення доставки/відправки товарів, а також скорочення обсягу операцій, потрібних в даному випадку від замовника [24-27].

1.1.5 Нормативно-правова база дослідження

Правовідносини, що виникають з перевезення та транспортного експедирування, є досить складними і регулюються цілим рядом нормативно-правових актів, основними з яких є Цивільний кодекс України, Господарський

кодекс України, Закон України «Про транспортно-експедиторську діяльність» [28-31].

Різниця між поняттями «Перевезення» і «Транспортна експедиція» полягає у тому, що у першому випадку охоплюється тільки доставка вантажу з точки А в точку Б, а при експедируванні - також і організація перевезення, в тому числі надання додаткових послуг, необхідних для доставки вантажу.

Законодавчо поняття «організація перевезення» не визначено, але, виходячи з аналізу ст. 316 Господарського кодексу України, можна прийти до висновку, що під організацією перевезення мається на увазі:

- організація перевезення вантажу транспортом і за маршрутом, вибраним експедитором або клієнтом;
- висновок від імені експедитора або від імені клієнта договір перевезення вантажу;
- забезпечення відправки і отримання вантажу;
- надання додаткових послуг, необхідних для доставки вантажу (перевірка кількості та стану вантажу, його завантаження та вивантаження, сплата мита, зборів і витрат, покладених на клієнта, зберігання вантажу до його одержання у пункті призначення, одержання необхідних для експорту та імпорту документів, виконання митних формальностей і т.п.).

Транспортна експедиція є допоміжним видом діяльності з перевезення вантажів, з обмеженим обсягом відповідальності, але більш комфортним для клієнта, особливо під час перевезення вантажу декількома видами транспорту.

1.2 Концепція життєвого циклу ПЛП продовольчих товарів, зокрема, бакалійної групи

ПЛП продовольчих товарів, зокрема, бакалійної групи являє собою складну соціо-економічну систему [32-35], що складається з множини постачальників сировини, підприємств-виробників кінцевої продукції (сушіння,

упакування, сублімування), складських терміналів, дистриб'юторів, 3PL і 4PL-провайдерів, які мають певні ресурси. Взаємодія учасників бізнес-процесів у ПЛП відбивається множиною матеріальних, фінансових та інформаційних потоків, а також потоків послуг від джерел вихідної сировини до кінцевого споживача. Різноманіття регіонів світу, з яких здійснюються поставки в Україну сировини, напівфабрикатів та готових товарів бакалійної групи, широка номенклатура продукції, що поставляється, врожайність сільськогосподарських культур, що є джерелом сировини, коливання курсів валют, сезонність є причинами виникнення високого рівня невизначеності в процесах формування та прийняття рішень щодо управління життєвим циклом (ЖЦ) ПЛП.

За своєю природою, ПЛП є складною стохастичною системою [33], для функціонування якої характерні такі особливості: порівняно велика кількість юридично незалежних учасників бізнес процесів (включаючи митних брокерів); важко формалізується характер взаємодії між учасниками ПЛП, які часто конкурують між собою; наявність власної цільової функції у кожного учасника, що суперечить інтересам інших; висока динаміка зміни зв'язків усередині системи; нестационарність більшості процесів, що мають місце при функціонуванні ПЛП.

Зазначені обставини визначають недостатню ефективність існуючої ПЛП і диктують необхідність її модернізації за рахунок розширення концепції SCM (управління ланцюгами поставок) [34] шляхом доповнення її знанняорієнтованими засобами підтримки прийняття рішень, що дасть можливість досягнення кон'юнктивний консенсусу між усіма елементами ПЛП [35].

Для обслуговування ПЛП до теперішнього часу розроблено велику кількість різних схем, способів і методів, вибір яких залежить від факторів, що описують динамічність функціонування конкретного варіанту реалізації ланцюга [36].

Необхідною умовою ефективного управління ПЛП є координація спільної діяльності учасників ПЛП і синхронізація їх бізнес-процесів, що, в кінцевому

рахунку, досягається підвищенням ефективності: формулювання цілей і завдань ПЛП, розробки стратегії дій на основі глибокого і всебічного аналізу ринку поставок (включаючи вимоги конкретного замовника) і поточного стану ланцюга поставок товарів бакалійної групи в Україну [37-39].

1.3 Критичний огляд існуючих інформаційних засобів щодо підтримки процесів функціонування повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи

Найпоширеніші серед корпоративних інформаційних систем, що підтримують процеси транспортної логістики, розглянуто нижче [7].

Галузеве рішення «1С: Підприємство 8. TMS Логістика. Управління перевезеннями» розроблене ІТ підприємством «Фірма 1С» (Росія, Москва) і призначено для компаній, яким у процесі здійснення своєї діяльності необхідно вирішення завдань транспортної логістики. Такі завдання включають в себе, крім іншого, інтеграцію учасників транспортного логістичного процесу в наступних областях:

- технічна спряженість - шляхом узгодженості параметрів різних типів транспортних засобів у ланцюзі перевезення;
- технологічна спряженість – за основі застосування єдиної технології транспортування, адаптованої для всіх видів транспорту, що задіяно у ланцюзі перевезення;
- економічна спряженість – за допомогою єдиної тарифної системи у межах ланцюга перевезення.

Система «1С: Підприємство 8. TMS Логістика. Управління перевезеннями» орієнтована на вирішення таких завдань:

- створення ланцюгів перевезень, які можуть складатися із сегментів, що обслуговуються різними видами транспорту (приклад: доставка вантажів з Ірану в Україну - морський транспорт, залізничний транспорт, автомобільний транспорт);

- планування ланцюга логістичних процесів спільно з різними підрозділами транспортної компанії;
- вибір виконавця перевезення по кожній ланці перевезення;
- вибір виду перевезення: окремою партією або у складі збірною вантажу;
- автоматичне планування регіональної / місцевої доставки для великої кількості заявок.

Функціональність конфігурації "1С: TMS Логістика. Управління перевезеннями" визначається набором підсистем, що входять до її складу:

- управління нормативно-довідковою інформацією;
- управління потребами у перевезенні вантажів;
- управління завданнями на перевезення вантажів;
- автоматичне і ручне планування маршрутів доставки;
- формування рейсів;
- управління ресурсами для забезпечення рейсів;
- контроль за виконанням рейсів;
- управління тарифною політикою компанії;
- управління взаємодіями;
- управління доступом;
- отримання аналітичної звітності;
- візуалізація інформації на електронних картах.

Залежно від структури ПЛП, в конфігурації можуть бути налаштовані функціональні робочі місця:

- менеджера відділу продажів;
- менеджера відділу закупівель;
- співробітника відділу логістики;
- співробітника транспортного підрозділу.

Управління нормативно-довідковою інформацією

Підсистема забезпечує роботу всіх інших функціональних підсистем. В рамках даної створюється, обробляється і зберігається наступна інформація:

- валюти і курси валют;
- організації (власним юридичним особам або індивідуальним підприємцям);
- ділові партнери компанії (агенти, перевізники, замовники і т.д.);
- контактні особи, адреси;
- правила тарифікації, що залежать від параметрів перевезення;
- правила класифікації вантажів;
- номенклатура;
- користувачі;
- групи тарифів;
- маршрути.

Аналіз можливостей системи "1С: TMS Логістика. Управління перевезеннями" показав, що в ній відсутні засоби інформаційної підтримки осіб, що приймають рішення (ОПР) щодо визначення низки найбільш значущих параметрів, які визначають ефективність управління життєвим циклом ПЛП.

«АСТОР: WMS» -спеціалізована програмна платформа, розроблена для автоматизації різних типів складів, в тому числі територіально розділених.

Система «АСТОР: WMS» надає розвинені засоби для керування топологією складу, параметрами товарної номенклатури, планування складських операцій, управління ресурсами, застосування різних методик зберігання і обробки вантажів.

Дана система надає змогу ефективно управляти складською логістикою в рамках різних технологічних процесів (прийом і відвантаження товару, внутрішні переміщення тощо) в реальному часі.

Платформа «АСТОР: WMS» є функціонально масштабуємою - для будь-якого виду обраного технологічного процесу є можливість використовувати (або реалізувати) тільки ті функції і можливості, які необхідні в даний момент - і перейти до використання більш просунутих функцій у міру необхідності. Більшість параметрів системи WMS може бути налаштоване фахівцем з логістики

або програмістом, що дозволяє швидко адаптувати вже працюючу систему до змін в технологічних процесах складу.

При виконанні будь-яких операцій з обробки та зберігання вантажів, платформа «АСТОР: WMS» підтримує можливість вказівки адреси місця зберігання, на якому проводиться той чи інший крок операції.

Адреса місця зберігання може бути багатокomпонентним і відображати особливості архітектурної або технологічної організації місць зберігання на складі. Структура і глибина адреси задаються користувачем самостійно і можуть змінюватися в ході експлуатації системи - наприклад, в зв'язку з переплануванням складу або введення нових ділянок технологічної обробки. В межах одного складу можна мати зони з різною структурою адресації всередині них. Правила унікальності адреси місця зберігання також визначаються користувачем.

Для кожного місця зберігання є можливість завдання довільного набору додаткових властивостей, які характеризують дане місце зберігання, наприклад, таких як - габаритні розміри, «швидкість» доступу до осередку, її призначення і.т.п.

Система підтримує роботу з «тимчасовими» місцями зберігання - тобто місцями зберігання, які автоматично будуть знищені з бази даних системи після досягнення на них нульового залишку. Даний механізм використовується при плануванні багатокрокових складських операцій.

Платформа «АСТОР: WMS», не зважаючи на її досконалість в аспекті вирішення завдань складської логістики, не може бути застосована для організації ПЛП, оскільки в ній відсутні засоби інформатизації транспортної логістики.

RS-Balance 3 являє собою сучасну систему управління бізнес-процесами, яка призначена для інформаційної підтримки процесів ведення бізнесу на підприємствах різних галузей і масштабів. У неї входить повний набір функціональних можливостей для ведення управлінського і фінансового обліку, обліку руху товарів і грошових коштів, управління процесами продажу та закупівель, автоматизації складської і транспортної логістики, формування

аналітичної звітності в різних розрізах - як по підприємству в цілому, так і для окремих підрозділів. Практика впровадження і використання RS-Balance 3 показала, що функціонально ця система знаходиться на сучасному рівні розвитку ERP-систем.

Програмний комплекс RS-Balance 3 має наступні переваги:

1. RS-Balance 3 враховує сучасні вимоги до інформаційних систем в бізнесі, робить інформацію доступною для учасників бізнес-процесів відповідно до їх рольовим участю, забезпечує надійний захист даних.

2. Продукт має властивість швидко і без істотних витрат налаштовуватися під вимоги конкретного бізнесу, сприяючи його рентабельності і динамічності розвитку.

3. RS-Balance 3 дозволяє підвищити ефективність управління взаємовідносинами з постачальниками, організацію складського, бухгалтерського, фінансового обліку.

RS-Balance 3 створений на основі новітніх технологічних платформних рішень: об'єктно-орієнтованої методології проектування; триланкової клієнт-серверній архітектурі; однією з найсучасніших, надійних і продуктивних систем управління базами даних MS SQL, що забезпечує стабільну одночасну роботу великої кількості користувачів.

Функціональні можливості системи RS-Balance 3 дозволяють здійснити інтеграцію завдань управління торговим бізнесом і дають можливість управляти ключовими бізнес-процесами підприємства, забезпечуючи прозорість усіх етапів взаємодії з клієнтом і постачальником: замовлення, закупівлі, рух товару, продажу, запаси, а також роботу із більшістю стандартних алгоритмів ціноутворення і обліку витрат.

Система RS-Balance 3 надає топ-менеджменту підприємства інформаційну підтримку у сферах: документообігу; ведення фінансового, бухгалтерського, податкового управлінського і складського обліку; формування аналітичної звітності.

Система RS-Balance 3 підтримує сучасні методи і технології торгівлі і сумісна з різними типами устаткування, в тому числі: термінали збору даних, контрольно-касові апарати, фіскальні реєстратори, принтери етикеток, сканери штрих-кодів, електронні ваги та іншим обладнанням.

Разом з тим, система RS-Balance 3 відноситься класу ERP-систем, вона орієнтована, головним чином, на інформатизацію бізнес процесів у межах підприємства. Ця обставина обумовлює недостатню функціональність RS-Balance 3 при організації ПЛП.

Фінансово-управлінська система "КОНКОРД" класу MRP II призначена для автоматизації невеликих і середніх підприємств. За допомогою системи "КОНКОРД" є можливість формування типових рішень для різних галузей господарювання на базі доволі досконалих бізнес-моделей.

Система реалізує управлінські процедури, відповідні до загальноприйнятої бізнес-практиці, дозволяє автоматизувати управлінський, в тому числі виробничий облік, містить засоби планування діяльності підприємства, дозволяє готувати звітність за міжнародними стандартами GAAP і МСФЗ. Реалізоване в продукті рішення по автоматизації виробництва базується на стандарті MRP II - сучасних концепціях управління виробничими ресурсами та оптимізації їх використання.

Як і у попередньому випадку, при розгляді можливості безпосереднього застосування системи RS-Balance 3 для створення й управління ПЛП, можна констатувати, що фінансово-управлінська система "КОНКОРД" не призначена для реалізації таких завдань.

Фахівцями ІТ- компанії Sellora Management System розроблено програмну оболонку інформаційної системи, що забезпечує будь-яку модульну сумісність за рахунок спеціальної архітектури INTERCOM (багатофункціональне ядро, адаптується до різних модулів різних платформ). Sellora Management System - це система управління класу ERP, що підходить для інформатизації широкого класу виробничих підприємств, але ж, знов таки, ця система не взмозі адекватно

відображати територіальну розподіленість, що притаманна бізнес процесам у ПЛП.

Log360 є універсальним програмним рішенням виробничих завдань в області управління журналами і мережевої безпеки. Дане рішення, будучи надійно інтегрованим, об'єднує в собі можливості ADAudit Plus, EventLog Analyzer, O365 Manager Plus, Exchange Reporter Plus і Cloud Security Plus. Завдяки такій різноманітності може бути забезпечено повний контроль над корпоративною мережею: аудит змін Active Directory, журналів мережевих пристроїв, серверів Microsoft Exchange, Microsoft Exchange Online, Azure Active Directory, а також хмарної інфраструктури з однієї консолі управління.

При цьому аудит критичних змін Active Directory здійснюється в режимі реального часу.

У середовищі Log360 документообіг відповідає вимогам нормативних документів, наприклад PCI DSS, FISMA, HIPAA, SOX, GLBA, GPG 13 і GDPR, шляхом використання стандартних форм звітів. Тому менеджерам надається вичерпна інформація у вигляді звітів про аудити в зв'язку з критичними подіями в Azure Active Directory і Exchange Online. Готові звіти по журналам, збираються з пристроїв Windows і Linux / Unix, веб-серверів IIS і Apache, баз даних SQL і Oracle і пристроїв безпеки периметрів, наприклад маршрутизаторів, перемикачів, брандмауерів, систем виявлення і запобігання вторгнень.

Застосування системи Log360 забезпечує:

- наочне уявлення ваших хмарних інфраструктур AWS і Azure;
- оповіщення в режимі реального часу при виявленні у вашій мережі IP-адрес, внесених до чорного списку в усьому світі, і URL-адрес, які розпізнаються за допомогою каналів на основі STIX / TAXII;
- забезпечення належного рівня безпеки та цілісності корпоративних даних.

Застосування системи Log360 для реалізації комплексу завдань, пов'язаних із організацією ПЛП неможливе, внаслідок відсутності відповідних функціональних модулів у складі даної системи.

TransTechSystem являє собою логістичний онлайн-майданчик, який створюється для пошуку, вибору і початку співпраці експедиторів, вантажовласників і перевізників. Цей онлайн-майданчик буде містити дані про вантажні транспортні засоби, які перевозять вантажі (тентові машини, фури, авторефрижератори і т.ін.), контакти потрібних логістичних підприємств або фізичних осіб-підприємців та прейскуранти на послуги транспортних компаній.

Кожна зацікавлена особа може відвідати даний онлайн-майданчик і запропонувати свої послуги в сфері транспортних перевезень. Зробити це можливо, пройшовши реєстрацію і ввівши персональні дані. Пропозиції на сайті регулярно оновлюються і завжди актуальні.

Даний інтернет-майданчик дає можливість дізнатися найцікавіші новини в сфері перевезень України і світу. Безумовними перевагами TransTechSystem є зручна навігація та безкоштовна реєстрація.

Аналіз можливостей онлайн-майданчику TransTechSystem показав, що у його складі відсутній аналітичний компонент, тому цей інструмент не можна у первісному вигляді застосувати для організації ПЛП. Таблиця 1.1 містить результати критичного аналізу найбільш поширених на ринку програмного забезпечення (ПЗ) засобів інформатизації логістичних бізнес процесів, в аспекті їх придатності для підтримки ЖЦ ПЛП ТБГ.

Таблиця 1.1 – Придатність найбільш поширених засобів інформатизації логістичних бізнес процесів, в аспекті їх придатності для підтримки ЖЦ ПЛП ТБГ

Назва системи	Розробник	Функціональність щодо реалізації комплексу завдань транспортної логістики	Особливості застосування	Ступінь придатності для підтримки ЖЦ ПЛП
1С	Фірма 1С	Підтримує лише набір типових задач транспортної логістики, що недостатньо для управління ЖЦ ПЛП	Неможливість розширення функціональності системи шляхом розробки проблемно-орієнтованих програмних застосунків	Придатна частково
АСТОР: WMS	Софт Клуб	Орієнтована, переважно, на задачі складської логістики	Є можливість експорту й імпорту даних, що представлені у різних форматах	Не придатна
RS-Balance3	www.softlab.ru	Для реалізації транспортної логістичної підсистеми RS Balance TMS необхідно реалізувати й всі інші функціональні підсистеми	Закритість програмного коду	Придатна частково
Concord XAL	Columbus IT Partner	Аналіз замовлень, автоматизація закупівель	Ядро системи може бути модифіковано лише фірмою-розробником	Не придатна
Sellora Management System	Sellora TM	Формування комплексних рішень, транспортний компонент не може бути виокремлений	Система класу ERP	Не придатна
Log 360	Bearing Point	Стеження у реальному часі за поточним станом логістичної системи	Значні витрати на пропрієтарне ПЗ від Microsoft	Придатна частково
Trans Tech System	TRANSTECH	On line майданчик для комунікацій замовників із перевізниками	Являє собою інформаційно-довідкову систему	Не придатна

1.4 Шляхи підвищення ефективності функціонування повних логістичних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи за рахунок створення нових засобів інформаційного підтримування бізнес-процесів

У сучасних умовах економіка України орієнтована, переважно, на збільшення обсягу імпорту і розвиток роздрібною торгівлі. Ця обставина визначає необхідність вдосконалення логістичних методів управління, в тому числі моделювання і аналізу ланцюгів поставок в системах SCM поставок продуктів харчування, зокрема, ТБГ.

На відміну від інших систем класу SCM, створення ПЛП ТБГ породжує ряд специфічних проблем, оскільки такі ланцюги являють собою складні соціо-техніко-економічні системи, що складаються з множини постачальників сировини, підприємств-виробників кінцевої продукції (сушіння, сублимування, подрібнення, пакування), що виконують роль фокусних компаній, складських терміналів, дистриб'юторів, 3PL і 4PL-провайдерів, ритейлерів (роздрібних торговців). Ефективне управління ПЛП неможливо без проведення їх аналізу на різних рівнях - стратегічному, тактичному і оперативному.

Існуючи у значній кількості методичні й програмні засоби для моделювання та аналізу функціонування повних логістичних ланцюгів постачання мають доволі універсальний характер, що утруднює при їх застосуванні адекватне відображення особливостей, що притаманні ПЛП ТБГ [10].

Концепція SCM [22] спрямована на комплексне представлення процесів, починаючи від виробництва сировини, які охоплюють всіх постачальників товарів, послуг і інформації, що додають цінність для споживачів та інших зацікавлених осіб. Таким чином, ефективне функціонування ПЛП передбачає інтеграцію ключових бізнес-процесів: управління взаємовідносинами з споживачами; обслуговування споживачів; аналізу попиту; управління виконанням замовлень; забезпечення виробничих процесів; управління

постачанням. При цьому основним механізмом підвищення ефективності функціонування ПЛП є мінімізація сукупних логістичних витрат, досягнення максимального прибутку або мінімальних витрат окремих ланок при дотриманні принципу «just-in-time».

Зазначені вище обставини обумовлюють необхідність розробки комплексної інформаційної моделі, в формі мережі, повного логістичного ланцюга поставок товарів бакалійної групи в Україну, для вирішення на її основі завдань оптимізації функціонування ПЛП в режимі «just-in-time». Застосування такої моделі при створенні прикладної інформаційної технології підтримки функціонування ПЛП дасть можливість підвищити ефективність бізнес процесів в ланцюзі за рахунок зниження фінансових і часових витрат, зокрема, забезпечення своєчасної доставки товарів бакалійної групи для реалізації українським споживачам.

1.5 Перспективи застосування мереж Петрі, засобів імітаційного моделювання та апарату нечіткої математики для створення методичних засобів та прикладної інформаційної технології реалізації повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи

Дослідження природи ПЛП надає змогу виділити характерні ознаки цих об'єктів, що повинні бути адекватним чином відображені у методичних засобах, насамперед, у моделях та у відповідних програмних рішеннях щодо інформатизації процесів підтримки ЖЦ ПЛП. До таких ознак відносяться: дискретність та послідовно-паралельна реалізація бізнес процесів; визначальна роль просторово-часових залежностей поміж процесами; порівняно висока динаміка функціонування; наявність альтернативних варіантів реалізації; значний рівень нечіткості інформації, що впливає на невизначеність у процесі формування рішень.

Наведене вище свідчить про те, що серед доволі різноманітного й потужного сучасного математичного та програмного забезпечення процесів інформатизації логістики доцільно розглянути ті, які базуються на подієвому підході, спроможні відображати паралельність, асинхронність процесів та явищ, їх нечітку природу та багатоальтернативність.

1.5.1. Мережі Петрі

Мережі Петрі (МП) — математичний апарат для моделювання динамічних дискретних систем, що був вперше описаний Карлом Петрі у 1962 році [40, 41].

МП використовуються для моделювання асинхронних систем, що функціонують як сукупність паралельних взаємодіючих процесів. Аналіз МП дозволяє отримати інформацію про структуру та динамічну поведінку модельованої системи.

Причинно-наслідковий зв'язок подій в асинхронних системах задається множиною відношень у вигляді «умови-події». У МП умови - це позиції, а події - переходи. Відповідно до цього граф МП є двочастковим орієнтованим мультиграфом. Орієнтовані дуги можуть сполучати лише позиції і переходи в прямому і зворотному напрямі. МП є мультиграфом, оскільки допускається кратність дуг між позиціями і переходами.

В графах МП кількісні характеристики умов (числа натурального ряду) прийнято задавати числом маркерів у відповідних позиціях.

Послідовності подій відображуються спрацьовуваннями переходів. Виконання якої-небудь умови пов'язане з появою однієї або декількох маркерів у відповідній цій умові позиції. Угоди про правила спрацьовування переходів є способом представлення причинно-наслідкових зв'язків між умовами і подіями в системі.

МП задається у вигляді маркованого двочасткового орієнтованого графу. Розрізняють два типи вершин: позиції (позначаються колами) і переходи (позначаються смужками). Кожна позиція може бути маркована, тобто містити певну кількість маркерів.

При моделюванні процесів прийняття рішень за допомогою МП її позиції інтерпретують собою деякі умови, стани, значення змінних тощо. Переходи ж віддзеркалюють логічні пропозиції (прийняття рішень), відповідні виконанню дій, при цьому вхідні позиції - умови виконання дій, а вихідні позиції - результат виконання дій. Дія (перехід) пов'язана з прийняттям будь-якого рішення, яке ініційоване певними умовами і результатом якого є новий стан (умова).

Види мереж Петрі [41]:

1. Часова МП - мережа характеризується введенням затримок при переміщенні маркера, затримка може бути зв'язана як з переходом так і з позицією.

2. Стохастична МП - затримки при переміщенні маркера є випадковими параметрами.

3. Функціональна МП - затримки при переміщенні маркера визначаються як функції деяких аргументів, наприклад, кількості маркерів в яких-небудь позиціях, стани деяких переходів.

4. Кольорова МП - маркери можуть бути різних типів, що позначаються кольорами, тип мітки може бути використаний як аргумент у функціональних мережах.

5. Інгібіторна МП - допускає використання інгібіторних дуг, що забороняють спрацьовування переходу, якщо у вхідній позиції, пов'язаній із переходом інгібіторною дугою, знаходиться маркер.

6. Ієрархічна МП - містить переходи, в які вкладені інші, можливо, також ієрархічні, мережі. Спрацьовування такого переходу характеризує виконання повного ЖЦ вкладеної мережі.

7. Потокова МП називається мережею потоків робіт (WF-мережею), її використовують для моделювання потоків робіт в Workflow системах.

8. Мережі з пріоритетами - додають до дозволених переходів пріоритети і тим самим дозволяють понизити недетермінованість спрацьовувань, обмежуючи потужність множини дозволених до спрацьовування переходів групою з найвищим пріоритетом.

9. Нечітка МП. В процесі моделювання за допомогою МП інколи виникає потреба в описі стану, настання якого не прогнозоване. У класичних МП спрацьовування переходу залежить від того, чи вірна умова чи ні, але існує різновид «нечітких МП», котрий здатен маніпулювати невизначеними величинами («малий», «великий», ...).

1.5.2. Нечітка математика

Нечітка логіка (англ. fuzzy logic) - розділ математики, який є узагальненням класичної логіки і теорії множин. Уперше введений Лотфі Заде в 1965 році [42, 43] як розділ, що вивчає об'єкти з функцією належності елемента до множини, яка приймає значення у інтервалі $[0, 1]$, а не тільки 0 або 1. На основі цього поняття вводяться логічні операції над нечіткими множинами, і формулюється поняття лінгвістичної змінної, якою виступають нечіткі множини.

Предметом нечіткої логіки вважається дослідження суджень в умовах нечіткості, які схожі з судженнями у звичайному сенсі, та їх застосування у обчислювальних системах.

Fuzzy logic toolbox - вбудована у середовище Matlab сукупність функцій, що містить набір засобів, які дозволяють [44-47]:

- створювати і редагувати нечіткі системи всередині середовища Matlab;
- вбудовувати нечітку підсистему в SimuLink (поставляється з Matlab) при моделюванні загальної системи;

– побудувати нечітку систему в Matlab у вигляді процедури, що викликається з програми, яка написана на мові Сі.

Даний набір інструментів забезпечує три категорії інструментальних засобів програмування нечітких систем:

- функції командного рядка (command line functions);
- графічний інтерактивний інтерфейс;
- використання вбудованих блоків SimuLink.

Перша категорія - готові функції, які можна викликати відразу з командного рядка Matlab. Практично усі вони являють собою м-файли, що містять послідовність виразів, що виконують спеціалізований нечіткий алгоритм. Для перегляду вихідного коду функцій необхідно набрати в командному рядку: `type ім'я_функції`

Крім того, Matlab дозволяє їх модифікувати шляхом копіювання і перейменування відповідного файлу та наступного його редагування. Таким чином, нечіткий набір інструментів є розширеним власними функціями.

Друга категорія дозволяє отримати доступ до тих самих функцій через графічний користувальницький інтерфейс, за допомогою якого набагато зручніше конструювати й аналізувати нечіткі системи.

Третя категорія - моделювання в середовищі SimuLink. Тут підсистеми представляються у виді блоків - можна з'єднати будь-яким чином і відразу отримати результати.

У Matlab є багато вбудованих функцій приналежності, зокрема:

- сигмоїдальна;
- двостороння сигмоїдальна;
- гаусова;
- дзвоноподібна;
- S-функція приналежності;
- Z-функція приналежності;

- трапецієподібна;
- трикутна й ін.

Усі дії над нечіткими числами задаються мінімальним набором функцій і відбуваються всередині програми. Таким чином, користувачеві необов'язково вивчати усі тонкощі теорії нечітких множин, достатньо лише визначити усі вхідні і вихідні змінні і задати таблицю правил, а решту роботи робить Matlab. Дефазифікація виконується в один з п'ятих методів, зазначених програмістом. Крім того, можна вивести на екран відповідно до введених правил результуючі поверхні керування в залежності від комбінації входів, схему отриманої нечіткої програми, і це лише мала частина всіх можливостей даного набору інструментів.

Переваги fuzzy-систем у порівнянні з іншими є такі: можливість оперувати вхідними даними, заданими нечітко: наприклад, що безупинно змінюються в часі значення (динамічні задачі), значення, що неможливо задати однозначно; можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки і порівняння: оперування критеріями «більшість», «можливе», «переважно» тощо; можливість проведення якісних оцінок як вхідних даних, так і виведених результатів: ви оперуєте не тільки власне значеннями даних, але їхнім ступенем вірогідності і її розподілом; можливість проведення швидкого моделювання складних динамічних систем і їхній порівняльний аналіз із заданим ступенем точності: оперуючи принципами поведінки системи, описаними fuzzy-методами, з'являється можливість не з'ясовувати точних значень змінних і складати відповідні рівняння, а ще оцінити різні варіанти вихідних значень.

1.5.3. Any Logic

AnyLogic - програмне забезпечення для імітаційного моделювання бізнес-процесів, розроблене російською компанією The AnyLogic Company. Інструмент

забезпечено сучасним графічним інтерфейсом та дозволяє використовувати мову програмування Java для розробки моделей.

Моделі AnyLogic можуть базуватися на будь-якій із основних парадигм імітаційного моделювання: дискретно-подійне моделювання, системна динаміка, і агентне моделювання.

Системна динаміка та дискретно-подійне (процесне) моделювання відносять до традиційних підходів [44], тоді як агентне моделювання - підхід відносно новий [45]. При цьому, якщо системна динаміка оперує здебільшого із неперервними в часі процесами, дискретно-подійне та агентне моделювання - із процесами, що мають дискретну природу.

Агентне моделювання в останній час доволі часто використовується у поєднанні із традиційними підходами, з метою отримання повнішої картини взаємодії складних процесів різної природи. Тому має місце попит на програмні платформи, що дозволяють інтегрувати різні підходи [44].

Розглядаючи підходи до представлення сукупності бізнес процесів у ПЛП різного типу, можна стверджувати, що імітаційне моделювання знаходиться на найвищому рівні абстракції; дискретно-подійне моделювання ефективно в низькому та середньому діапазоні; агентне ж моделювання може застосовуватися практично на будь-якому рівні та в будь-яких масштабах.

Агенти можуть представляти співробітників фокусної компанії, автомобілі, водіїв та експедиторів у фізичному просторі, на найнижчому рівні, клієнта чи продавця на середньому рівні, або конкуруючі компанії - на високому.

При розробці моделей в AnyLogic можна застосовувати концепції та засоби з різних підходів моделювання, наприклад, в агентній моделі можна використовувати методи системної динаміки для представлення змін станів середовища, в неперервній моделі динамічної системи врахувати дискретні події. Наприклад, управління ланцюгами поставок за допомогою імітаційного моделювання вимагає опису учасників ланцюгу поставок агентами: виробники,

продавці, споживачі, мережа складів. При цьому виробництво описується в рамках дискретно-подійного (процесного) моделювання, продукт чи його частини - заявки, автомобілі, поїзди - ресурси. Самі поставки представляються дискретними подіями, але при цьому попит на товари може описуватися неперервною системно-динамічною діаграмою. Можливість змішувати підходи дозволяє описувати процеси реального життя, а не адаптувати процес під доступний математичний апарат.

1.6 Постановка задач і структурно-логічна схема дисертаційного дослідження

Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи за рахунок створення технології інформаційної підтримки процесів управління матеріальними потоками в середині ланцюга на основі запропонованих моделей та методів обробки даних та знань про номенклатуру товарів, їх ліквідність та своєчасність доставки роздрібним реалізаторам.

Поставлена мета досягається вирішенням таких взаємопов'язаних завдань дослідження:

1. Провести аналіз існуючих систем управління повними ланцюгами постачання, та інформаційних технологій, на яких вони базуються, виявити проблемні задачі реалізації процесів інформаційної підтримки життєвого циклу повних ланцюгів постачання та обґрунтувати задачі дослідження.

2. Розробити мережеву модель повного ланцюга постачання, яка б адекватно відображала ієрархічність ланцюга, а саме верхній його рівень (фокусну компанію по переробці вихідної сировини) та нижчі рівні, що відображають діяльність постачальників сировини та реалізаторів готової продукції.

3. Розробити метод подання часових залежностей поміж бізнес-процесами у повному логістичному ланцюзі постачання, який надавав би змогу виявляти відхилення у функціонуванні ланцюга й оцінювати критичність цих відхилень для дотримання принципу «just-in-time».

4. Синтезувати метод формування рішень щодо вибору раціонального маршруту транспортування в рамках повного логістичного ланцюга, який надав би змогу знизити рівень невизначеності щодо часових та фінансових витрат при функціонуванні ланцюга поставок.

5. Створити технологію інформаційної підтримки процесів функціонування повного логістичного ланцюга щодо вибору раціональних маршрутів доставки з урахуванням сукупності найбільш значущих факторів.

6. Провести промислову апробацію запропонованих моделей, методів та методик, а також їх впровадження у навчальний процес вишів.

На рисунку 1.1 схематично представлені загальна та часткові завдання дослідження.

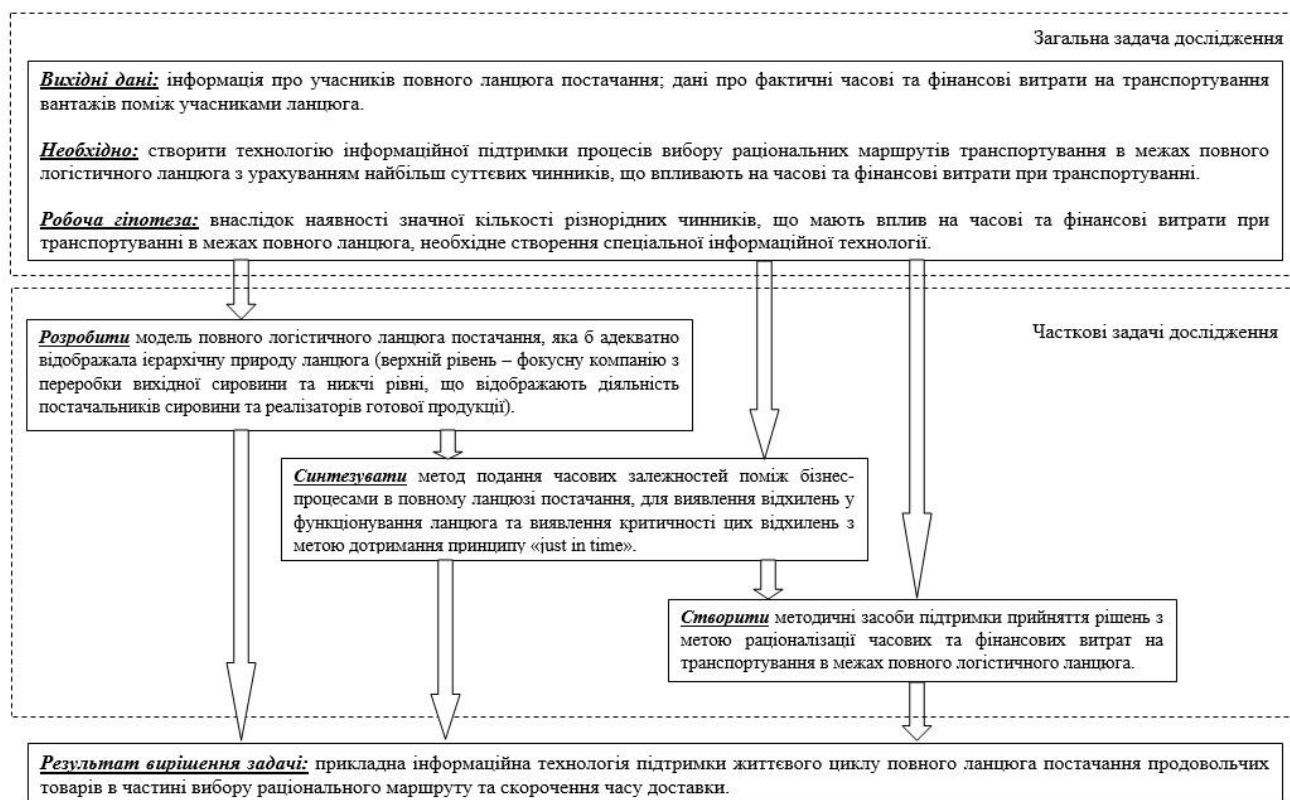


Рисунок 1.1 - Змістовні постановки задач дослідження

1.7 Висновки по розділу 1

1. Проведено аналіз особливостей бізнес-процесів, що пов'язані із поставками товарів бакалійної групи від виробників сировини до реалізаторів готової продукції, який показав необхідність створення спеціальних засобів інформаційної підтримки для підвищення ефективності таких процесів.

2. Розглянута концепція життєвого циклу повного логістичного ланцюга постачання продовольчих товарів, зокрема, бакалійної групи, в аспекті його інформатизації.

3. Проаналізовані шляхи підвищення ефективності функціонування повних логістичних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи за рахунок створення нових засобів інформаційного підтримування бізнес-процесів.

4. Визначені перспективи застосування мереж Петрі, засобів імітаційного моделювання та апарату нечіткої математики для створення методичних засобів та прикладної інформаційної технології реалізації повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи.

5. Представлені постановка задач і структурно-логічна схема дисертаційного дослідження.

Результати опубліковано у [48-51].

1.8 Література до розділу 1

1. Ларіна Р. Р. Логістика: Навч. посіб. / Донецький держ. ун-т управління. — Донецьк: ДонДУУ, 2006. — 277 с.
2. Родников А.Н. Логистика: Терминологический словарь. 2-е изд. М.: ИНФРА-М, 2000. – 384 с.
3. Шеховцов Р.В. Сервисная логистика / Р.В. Шеховцов. Ростов-на-Дону: Изд-во АПСН СКНВ ВШ, 2003. – 240 с.

4. http://www.ukrexport.gov.ua/ukr/zakon_v_sferi_zed/ukr/4876.html
5. Крикавський Є. В. Логістика. Основи теорії: Підручник — Львів: «Інтелект–Захід», 2004. — 416 с.
6. Семенов А. И., Сергеев В. И. Логистика. Основы теории: учебник для вузов. — СПб.: «Союз», 2001. — 544 с.
7. Рындин А.А., Хаустович А.В., Долгих Д.В. Проектирование корпоративных информационных систем. / под ред. А. А. Рындина. Воронеж: Издательство "Кварта", 2003. - 448 с.
8. Неруш Ю.М. Логистика. Учебное пособие для ВУЗов. —М.: ЮНИТИ, 2000. -389с.
9. Линдерс М.Р., Фирон Х.Е. Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. — СПб.:ООО «Издательство Полигон», 1999. — 768 с.
10. Румянцев Н.В. Моделирование гибких производственно-логистических систем. — Донецк: ДонНУ, 2004. — 235 с.
11. Хэндфилд Р.Б., Николс-мл. Э.Л. Реорганизация цепей поставок: Пер. с англ. — М.: ИД «Вильямс», 2003. — 416 с.
12. Костюк О.С. Логістичний аудит в оптимізації ланцюга поставок // Соціально-економічні дослідження в перехідний період. Механізм управління ефективністю інновацій у регіоні. (Зб. наук. праць) НАН України, ІРД. — 2005. — Вип. 1. — С.276-285.
13. Мартиненко С.М. Економічна оцінка логістичної діяльності підприємств // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Логістика». — 2005. - №526. — С.112-121.
14. Мате Э., Тискье Д. Логистика / Пер. с франц. под ред. Н.В. Куприенко. — СПб.: Издательский дом «Нева», М.: «ЛОМА-ПРЕСС Инвест», 2003. — 128 с.
15. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії. — Львів: Національний університет «Львівська політехніка» (Інформаційно-видавничий центр «ІНТЕЛЕКТ+» Інституту післядипломної освіти), «Інтелект-Захід», 2004, - 416 с.

16. Современная логистика: пер.с англ./[Джонсон Джеймс С., Вуд Доналд Ф., Вордлоу Дэниел Л. и др.] .– М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. – 624с.
17. Алесинская Т.В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления. Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 305 с.
18. Димарчук С. М. Логістична система управління та її взаємозв'язок з стратегією підприємства // Вісник ДУ «Львівська політехніка», 2000.— № 390.— С. 20–22.
19. Окландер М.А. Логістична система підприємства: Монографія. – О.: «Астропринт», 2004. – 312 с.
20. Беспалов Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. – М.: Вершина, 2007. – 384с.
21. Черкашин П.А. Готовы ли Вы к войне за клиента? Стратегия управления взаимоотношениями с клиентами (CRM). – М.: ООО «ИНТУИТ.ру», 2004. – 384 с.
22. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика. Интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок: Учебник для МВА / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2014. – 944 с.
23. Корпоративная логистика в вопросах и ответах. / Под ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017.
24. Сток, Дж. Р. Стратегическое управление логистикой / Джеймс Р. Сток, Дуглас М. Ламберт. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 831 с.
25. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. – 640 с.
26. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска. – М.: Вершина, 2006. – 376с.
27. Вагнер М. Штефан. Управление поставщиками / Пер. с нем. Под ред. А.Г. Ахметзянова. – М.: КИА центр, 2006. 128с. (Библиотека логиста).

28. Закон України «Про транспортно-експедиторську діяльність», затверджений Постановою ВРУ № 1955 від 01.07.2004р. (Редакція станом на 03.08.2012) //ВВР. – 2004. - №52. – Ст.562.

29. Закон України “Про господарські товариства”, затверджений Постановою ВРУ №1577-12 від 19.09.91 р. (із змінами №2409-III від 17.05.2001 р.) // ВВР. – 2001. — №31. – Ст. 146.

30. Закон України “Про підприємства в Україні”, затверджений Постановою ВРУ №888-12 від 27.03.91 р. (із змінами №2470-III від 29.05.2001 р.) // ВВР. – 2001. — №32. – Ст. 172.

31. <https://zakon.rada.gov.ua/>

32. Андрейчиков А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – Финансы и статистика, 2000. – 368 с.

33. Кузин Б. И. Методы и модели управления фирмой / Б.И. Кузин, В.Н. Юрьев, Г.М. Шахдинаров. – СПб.: Питер, 2001. – 432 с.

34. Корпоративная логистика в вопросах и ответах. / Под ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017.

35. Мельник И. О. Интегрированные торговые интернет-системы электронной коммерции: принципы и технологии / И.О. Мельник, Л.И. Воронова // Обозрение прикладной и промышленной математики, 2007, т.14, вып. №3, С. 549–551.

36. Петров Ю. А. Комплексная автоматизация управления предприятием: Информационные технологии – теория и практика / Ю. А. Петров, Е. Л. Шлимович, Ю. В. Ирюпин. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 160 с.

37. Ахромов Я.В. Системы электронной коммерции. – М.: Оникс, 2007. – 416 с.

38. Гаврилов Л.П. Основы электронной коммерции и бизнеса. – М.: Солон-Пресс, 2009. – 592 с.

39. Колпаков В.И. Интернет-технологии и их роль в повышении функционирования малых предпринимательских организаций. // Сборник статей студентов, аспирантов, преподавателей экономического факультета. – М: МГОУ, 2006. – С.33-36.

40. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Москва: Мир, 1984. — 264 с.

41. Agha G.A., De Cindino F., Rozenberg G. (Eds) Concurrent objects oriented programming and Petri nets: Advances in Petri nets. Lecture Notes in Computer Science. – 2001. Vol. 2001. – P. 145-171.

42. Новак В., Перфильева И., Мочкорж И. Математические принципы нечеткой логики: Пер. с англ. под ред. А.Н. Аверкина. – М.: Физматлит, 2006. – 352 с.

43. Пытьев Ю.П. Возможность как альтернатива вероятности: Математические и эмпирические основы, применение. – М.: Физматлит, 2007. – 464 с.

44. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. – СПб.: «Питер», 2002. – 448 с.

45. <http://www.mathworks.com/products>

46. Кельтон Д. Имитационное моделирование. Классика CS. [Текст] / Д. Кельтон, А. Лоу; [Пер. с англ.]. – СПб.: Питер, 2004. – 487 с.

47. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю. Карпов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 400 с.

48. Рахими Я. Знаниеориентированный подход к организации поддержки принятия решений по формированию полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2017. – Вип. 6(46). – С. 197-201.

49. Рахими Я. Разработка сетевой модели для оптимизации функционирования логистической цепи поставок сухофруктов в режиме «just-in-

time» / Я. Рахими // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №1 – С.11-15.

50. Рахими Я. Подход к организации логистических процессов, связанных с поставками сухофруктов / Я. Рахими // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2017»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2017. – Том 3. – С.149.

51. Рахими Я. Повышение эффективности процессов формирования полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину средствами искусственного интеллекта / Я. Рахими // Шоста міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації». – Харків: ХНУРЕ, 2018. – С. 108.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПОВНОГО ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ ТОВАРІВ БАКАЛІЙНОЇ ГРУПИ

2.1 Формальний опис бізнес процесів, що мають місце при функціонування повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи

Управління ланцюгами поставок товарів бакалійної групи неможливе без проведення їх аналізу на різних рівнях - стратегічному, тактичному і оперативному [1-3].

На стратегічному рівні вирішуються завдання проектування ПЛП і визначення масштабів об'єктів обслуговування з урахуванням міжнародних, національних і регіональних особливостей розвитку транспортних систем. У складі ПЛП визначаються основні термінали, розподільні центри, консолідаційні склади, між якими здійснюються регулярні перевезення сировини і готової продукції (головні маршрути). Інші об'єкти в ПЛП обслуговуються за допомогою різних, підпорядкованих головним, маршрутів перевезень.

На основі прогнозування попиту вирішуються завдання придбання і розподілу на мережі обслуговування з урахуванням терміновості поставок, номенклатури сировини, що поставляється і розподілу готової продукції, сезонності виробництва і збуту товарів харчової бакалійної групи, рівня транспортних витрат в ланцюгах поставок. На основі останніх вирішується завдання визначення тарифів на транспортні послуги з урахуванням співвідношення «ціна / якість» і динаміки використання рухомого складу.

На тактичному рівні транспортно-логістичного обслуговування здійснюється коригування планів перевезень вантажів з урахуванням Bullwhip-ефекту [4], нерівномірності попиту, наявності рухомого складу в вузлах ланцюгів поставок. На даному етапі на основі обраної стратегії розподілу продукції по

каналах збуту проводиться календарне планування доставки товарів бакалійної групи основними і підпорядкованими маршрутами з урахуванням періодичності обслуговування, місткості складів і терміналів, сумісності продукції, що транспортується.

Додатково визначається політика термінального та складського обслуговування, яка повинна бути спрямована на підвищення ефективності відповідних бізнес процесів, а саме скорочення часу зберігання на складі і вантаження на транспорт (розвантаження з транспорту), використання крос-докінгу, поєднання транспортно-складських операцій. На цьому ж рівні вирішується комплекс завдань, пов'язаних з прогнозуванням можливої зміни попиту, розширення ринку збуту і т.п.

На оперативному рівні вирішуються завдання на поточну добу, пов'язані з призначенням екіпажів водіїв для виконання перевезень вантажів з урахуванням тривалості рейсу, використанням транспортних засобів різної вантажопідйомності з метою доставки сировини виготовлених з неї товарів бакалійної групи різної маси, форми з максимальним збереженням якості, оперативністю і мінімальною вартістю перевезень.

На основі обраної структури рухомого складу, для організації перевезень вантажів в рамках ПЛП, розробляються маршрути і графіки роботи транспортних засобів, що враховують обмеження в проїзді в міських умовах та виходячи із поточного стану дорожнього покриття, необхідний час доставки, терміновість і періодичність поставок, необхідність доставки сировини та готової продукції від декількох постачальників і т.ін.

На завершальному етапі формування ПЛП проводиться вибір способів взаємодії транспортних засобів в вузлах ланцюга, динамічний розподіл ресурсів, коригування маршрутів, графіків, способів взаємодії в режимі реального часу з урахуванням змін зовнішнього середовища, динаміки обробки даних, вибору пріоритетів обслуговування та інтересів учасників ПЛП.

При побудові моделей ланцюгів поставок доцільно використовувати методи мережевого управління [4].

На рисунку 2.1 представлена структура типової ПЛП. У ній центральним елементом є так звана фокусна компанія.

У наведеному гіпотетичному ланцюзі фокусна компанія (вузол №8) отримує матеріальні ресурси від трьох постачальників (вузли №№ 1, 3, 7). При цьому перший постачальник працює через посередників, третій постачальник працює через посередників і напряду, сьомий постачальник здійснює прямі поставки. Для збуту товарів фокусна компанія (вузол № 8) використовує як прямий, так і непрямі канали. Вузли №№ 9, 10, 11 і 14 відображають збутових посередників, а вузли №№ 12, 13 і 15 - роздрібних продавців.

При аналізі функціонування ланцюгів поставок за допомогою мережевих моделей базовими є поняття «центральна ланка» мережі і «підмережа». Центральна ланка мережі - це фокусна компанія. Підмережа - частина мережі, що являє собою сукупність пов'язаних ланок. Виділимо в мережі ліву і праву підмережі. Ліва підмережа містить центральну ланку і всі ланки, які беруть участь в поставках сировини (наприклад, свіжих фруктів) фокусній компанії. До складу правої підмережі входить центральна ланка, збутові посередники і роздрібні продавці.

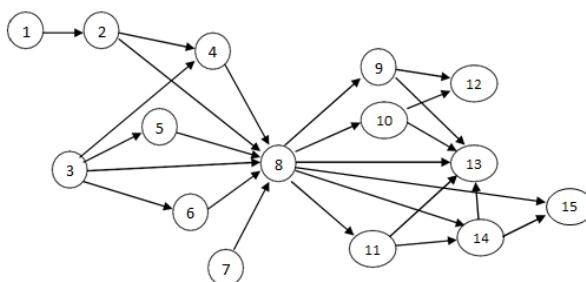


Рисунок 2.1 - Мережева модель типової ПЛП

На відміну від класичної мережевої моделі управління, мережева модель ПЛП має ряд особливостей:

- основними елементами ланцюга поставок є ланки і матеріальні потоки;
- цілі підмереж в складі ПЛП розрізняються;
- в мережевий моделі ПЛП завжди присутні центральна ланка і підмережі;
- для мережевої моделі ПЛП відсутнє поняття «критичний шлях»;
- поставки однієї підмережі рамках однієї ПЛП відносно незалежні від поставок іншої підмережі.

Створення ефективної ПЛП передбачає вирішення комплексу задач, пов'язаних з мінімізацією логістичних витрат як для фокусної компанії, так і для інших учасників логістичного ланцюга. Для формалізації даного завдання окремо розглянемо планові показники закупівель, продажів, витрат для лівої і для правої підмереж ланцюга поставок. Величину виробничої програми фокусної компанії прирівняємо до плану реалізації готової продукції роздрібними продавцями. Припустимо, що сировина для виготовлення ТБГ закуповується, а самі товари продаються за стабільними цінами.

Планова потреба фокусної компанії в закупівлях сировини:

$$M_l = \sum_{i=1}^m R_{li} \times Q_i,$$

де R_{li} – норма витрат l -го виду сировини на виробництво i -го вида ТБГ; m – номенклатура продукції фокусної компанії, що переміщується в рамках логістичного ланцюга;

Q_i – обсяг продукції, необхідний для виконання фокусною компанією виробничої програми.

Плановий обсяг продукції, виробленої фокусною компанією, визначається на основі плану виробництва (продажів) з урахуванням комплексу факторів, що визначають поточний і перспективний попит на ТБГ:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n P_j \times k_{ij},$$

де P_j – план виробництва (продажів) j -го виробу; k_{ij} – застосовність i -й деталі в j -му виробі; n – кількість номенклатурних позицій товарів.

Транспортні витрати, пов'язані із закупівлями сировини (витрати лівої підмережі ланцюга поставок):

$$Z_1 = \sum_{p=1}^u \sum_{l=1}^t Z_{lp},$$

де Z_{lp} – витрати доставки l -го виду сировини від p -го постачальника; u – число постачальників; t – номенклатура сировини, що поставляється.

План продажів визначається на основі маркетингових досліджень цільових ринкових сегментів:

$$P_j = \sum_{k=1}^s P_{jk},$$

де P_{jk} – план продажів j -го виробу k -му сегменту; s – кількість сегментів.

Транспортні витрати, пов'язані з реалізацією ТБГ (витрати в правій підмережі):

$$Z_2 = \sum_{k=1}^s \sum_{j=1}^n Z_{jk},$$

де Z_{jk} – затрати доставки j -го товару k -му сегменту.

Цільова функція, що припускає мінімізацію загальних логістичних витрат фокусної компанії, пов'язаних із закупівлями і збутом:

$$Z = Z_1 + Z_2 \rightarrow \min.$$

Рішенням цього завдання є вибір постачальників сировини і обсягів цих поставок, а також вибір ланок збутової мережі і розподіл між ними партій ТБГ.

Концепція SCM передбачає комплексне представлення бізнес процесів, а саме виробництва сировини, виробництва та упаковки готової продукції, доставки і дистрибуції. Таким чином, ефективне функціонування ПЛП передбачає інтеграцію ключових бізнес-процесів: управління взаємовідносинами зі споживачами; обслуговування споживачів; аналізу попиту; управління виконанням замовлень; забезпечення виробничих процесів; управління постачанням. При цьому основним механізмом підвищення ефективності функціонування ПЛП є мінімізація сукупних логістичних витрат, досягнення максимального прибутку або мінімальних витрат окремих ланок при дотриманні принципу «just-in-time» [4].

Зазначене вище обумовлює доцільність подання повного логістичного ланцюга поставок товарів бакалійної групи в Україну в формі мережевої моделі, яка давала б можливість аналізу ефективності бізнес процесів в ланцюзі за рахунок зниження фінансових і часових витрат, зокрема, забезпечення своєчасної доставки товарів бакалійної групи для реалізації українським споживачам.

На відміну від класичної мережевої моделі управління, мережева модель ПЛП має ряд особливостей:

- основними елементами ланцюга поставок є ланки і матеріальні потоки;
- цілі підмереж в складі ПЛП розрізняються;
- в мережевий моделі ПЛП завжди присутня центральна ланка і підмережі;
- для мережевої моделі ПЛП відсутнє поняття «критичний шлях»;
- поставки однієї підмережі рамках однієї ПЛП відносно незалежні від поставок інший підмережі;

- ПЛП має чітко виражену ієрархічну структуру, на найвищому рівні якої знаходиться фокусна компанія.

Остання із зазначених особливостей функціонування ПЛП обумовлює доцільність застосувати підхід до представлення процесів управління життєвим циклом ПЛП ТБГ на основі декомпозиції загальної задачі управління повного ланцюга поставок на ряд підзадач, відповідно до рівнів прийняття рішень. Такий підхід передбачає два етапи:

Етап 1 - декомпозиція загальної задачі управління бізнес процесами в ПЛП ТБГ на ряд взаємопов'язаних функціональних підзадач, вирішення яких аналогічно досягненню загальної мети управління ПЛП ТБГ;

Етап 2 – розробка процедури синтезу типового блоку підтримки прийняття рішень учасниками ПЛП в формі ЕС.

В рамках реалізації першого етапу розглядаємого підходу представимо структуру будь-якого з центрів прийняття рішень, що входять до складу ПЛП, у вигляді ієрархії шарів.

Ієрархія шарів прийняття рішень виникає в зв'язку з трьома основними аспектами проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності, а саме:

- 1) вибором стратегії, використовуваної в процесі формування та прийняття рішення;
- 2) зменшенням впливу невизначеності на результати одержуваного рішення;
- 3) пошуком конкретного способу дії в заданих умовах [3].

Виходячи з цього, ієрархію шарів прийняття рішень доцільно представити у вигляді трьох шарів: вибору, адаптації та самоорганізації. Завдання цих шарів полягають, відповідно, у виборі способу дії M , конкретизації безлічі невизначеностей U (які існують в шарі вибору). Також вибирають структури і стратегії нижчих шарів, максимально наближають всю систему до спільної мети. Ця загальна мета зазвичай важко формалізується, але з неї можливе виділення обмежень (у вигляді структури і стратегій) для нижчих шарів, в яких цілі

формується більш конкретно. Завданнями шару самоорганізації є вибір структури і стратегії дії для нижчих шарів. Вирішення цих завдань повинно дозволити максимально наблизити весь ПЛП до досягнення глобальної мети управління ним. Розглянутий шар охоплює керуючі структури фокусної компанії [4]. Завдання синтезу структури нижчих шарів і визначення їх функцій вирішуються при створенні ПЛП. Вони можуть коригуватися під час його функціонування при зміні зовнішнього середовища і під впливом параметричних збурень, тобто інформації зворотного зв'язку від інших шарів. Таким чином, на верхньому рівні ієрархії прийняття рішень відбувається не стільки формування структури повного ПЛП, скільки визначення стратегії реалізації поставок ТБГ в цілому.

Шар адаптації в контексті процесу створення і підтримки повного ПЛП ТБГ представлений 3PL- і 4PL- провайдерами [1]. Завданнями цього шару є конкретизація і зниження рівня невизначеностей, які можуть виникати на нижньому рівні прийняття рішень - рівні вибору.

Завдання, які відбуваються на рівні шару вибору, пов'язані з визначенням конкретного способу дії, тобто завдання такого класу вже можна вважати оперативними і досить чітко формулюємою. Даний шар є нижнім в ієрархії шарів прийняття рішень. На цьому шарі вирішуються завдання вибору способу дії, тобто здійснюється безпосереднє формування завдань для логістів нижньої ланки ПЛП ТБГ. Цей шар представлений учасниками ПЛП ТБГ з числа менеджерів підприємств-постачальників. Завдання підтримки прийняття рішень на цьому шарі є предметом окремих наукових досліджень, і це завдання було частково висвітлене у роботі [2]. Шар вибору в ієрархії завдань управління ПЛП безпосередньо наближений до виробничих потужностей і комерційних можливостей підприємств-постачальників сировини.

Таким чином, застосування на практиці обговорюваного підходу дає можливість в повній мірі реалізувати принцип поділу спільного завдання управління складною системою, в даному випадку, ПЛП ТБГ, на більш дрібні за

масштабом підзадачі. Рішення зазначених завдань окремо дають в сукупності рішення загальної задачі управління. При цьому рішення складної проблеми прийняття рішення в цілому замінюється рішенням сімейства послідовно впорядкованих простіших проблем, тому показана вище структура отримала назву багат шарової системи прийняття рішень [4].

Формально, багат шарова ієрархія прийняття рішень у повному ПЛП ТБГ може бути подана в наступному вигляді:

$$S_1 : W_1 \times C_1 \times U \rightarrow M,$$

$$S_2 : W_2 \times C_2 \rightarrow U,$$

$$S_3 : W_3 \rightarrow C_1 \times C_2,$$

де W_1 – множина сигналів зворотного зв'язку від бізнес процесів всередині ПЛП ТБГ;

C_1 – множина вхідних сигналів від третього шару (самоорганізації), що визначають структуру шару вибору і стратегію функціонування ПЛП ТБГ в цілому (керуючі впливу від топ менеджерів фокусної компанії у вигляді директив і планів);

U – множина сигналів від другого шару (адаптації), які конкретизують невизначеності для першого шару (результати формування ланцюгів поставок конкретних партій товарів);

W_2 – сигнали від зовнішнього середовища (в тому числі такими сигналами може вважатися і інформація від нижнього шару вибору, тому що цей шар не може безпосередньо впливати на прийняття рішень у шарі адаптації);

C_2 – множина сигналів (параметрів), за допомогою яких верхній шар (самоорганізації) визначає структуру рівня адаптації, за аналогією з сигналами C_1 у шарі вибору;

U – множина сигналів, які конкретизують невизначеності у шарі вибору;

W_3 – інформація зворотного зв'язку, що надходить з нижчих шарів у шар самоорганізації; ця інформація також включає в себе інформацію від навколишнього середовища; впливає на формування структури нижчих шарів, а також на використовувану ними в процесі функціонування ПЛП ТБГ стратегію.

Можна стверджувати, що множина $C \supseteq C_1 \cup C_2$, по суті, визначає структуру повного ПЛП ТБГ. Тому реалізація підзадач в кожному шарі прийняття рішень може бути здійснена у відповідних блоках, тип кожного з яких відповідає шару прийняття рішень.

На рисунку 2.2 представлена структура ПЛП ТБГ у формі багатoshарової ієрархії.

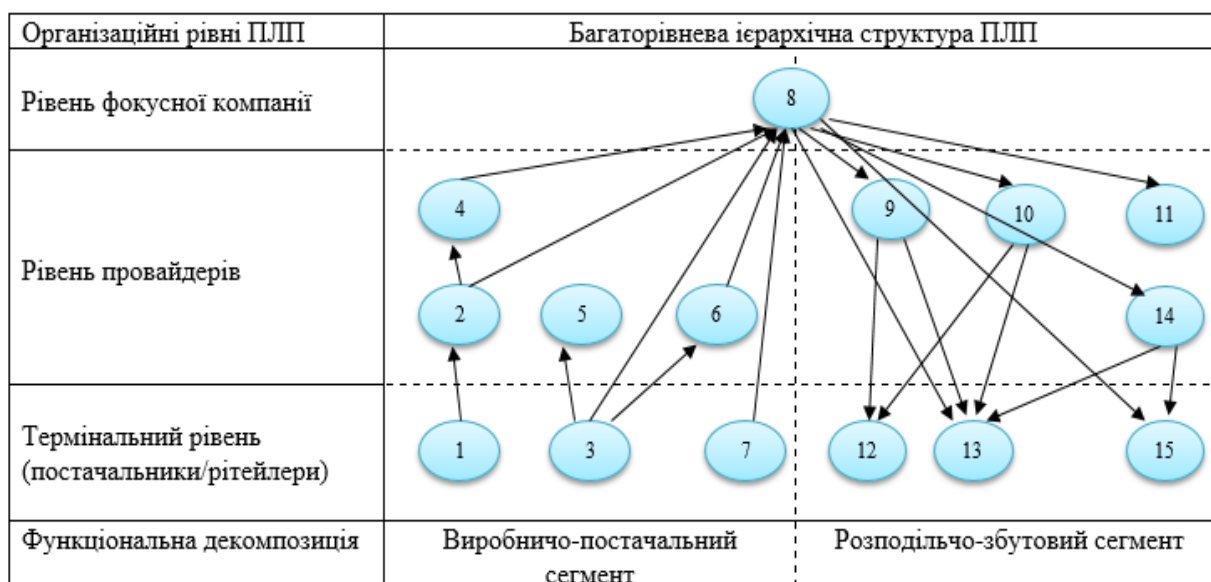


Рисунок 2.2 - ПЛП ТБГ у формі багатoshарової структури.

Багатoshарова модель ПЛП ТБГ є за своєю суттю дескриптивною, виходячи з цього, представляється доцільним застосування для аналізу функціонування ПЛП її опис з використанням математичного апарату мереж Петрі.

При моделюванні мережею Петрі процесу функціонування ПЛП ТБГ, з дотриманням принципу «just-in-time», принциповим моментом є відображення часових залежностей поміж окремими бізнес-процесами. Розглянута задача може бути вирішена із застосуванням мережевої моделі ПЛП, представленої у формі

розширеної часом МП, яка б до того ж, адекватно б відображала ієрархічну структуру ПЛП ТБГ.

2.2 Побудова моделі функціонування повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи у формі мережі Петрі

У загальному випадку мережа Петрі (МП) [5] є двочастковим орієнтованим мультиграфом

$$S=(P, T, M_0, A^i, A^o),$$

де P – множина вершин типу «Позиція»;

T – множина вершин типу «Перехід»;

M_0 – вектор початкового маркування;

A^i, A^o – матриці інцидентності, що задають, відповідно, входи і виходи дуг з вершин МП.

Найбільш часто при розробці моделей реальних об'єктів у формі МП, вершини типу «Позиція» інтерпретуються як умови початку або закінчення будь-якого бізнес-процесу, про наявність таких умов свідчить маркер в позиції; позиції ж типу «Перехід» інтерпретуються як ті чи інші бізнес-процеси. Динаміка функціонування ланцюга поставок відбивається переміщенням маркерів по МП. На рисунках 2.3 та 2.4 представлені результати моделювання процесу формування лівого сегменту ПЛП ТБГ «Поставки сировини на переробку» у вигляді однієї і тієї ж МП, що відбиває готовність до постачання сировини на переробку, в першому випадку (1а), першим і четвертим постачальниками, про що свідчить наявність маркерів в позиціях $P1$ та $P4$, а в другому випадку (1б) - третім і четвертим постачальниками. При цьому переходи $T1 - T4$ інтерпретуються як процеси перевезення сировини на склад одного з двох переробних підприємств, а переходи $T5$ і $T6$ відображають процеси складування. Таким чином, за допомогою

початкової маркування МП є можливість моделювати процеси формування маршрутів доставки і інших бізнес-процесів ПЛП ТБГ.

Головним недоліком апарату МП як моделі формування ланцюгів поставок є низька потужність уявлення класичних, «безпечних» МП (Safety Petri Nets) при максимальній потужності дозволу. Під потужністю уявлення тут розуміється наявність засобів відображення базових (простір, час і причинність) і похідних від них категорій навколишнього світу. Потужність дозволу свідчить про можливість аналізу МП як графових структур на наявність в них активності, досяжності, покриваємості, а також тупиків і зациклення (dead locks) [6-8].

На практиці, підвищення потужності представлення МП шляхом так званого розширення (часові, розфарбовані, стохастичні МП) неминуче призводить до зниження їх потужності дозволу, а отже, і до обмеження можливостей по оцінці якості бізнес-процесів в ПЛП ТБГ на предмет їх повноти та несуперечності.

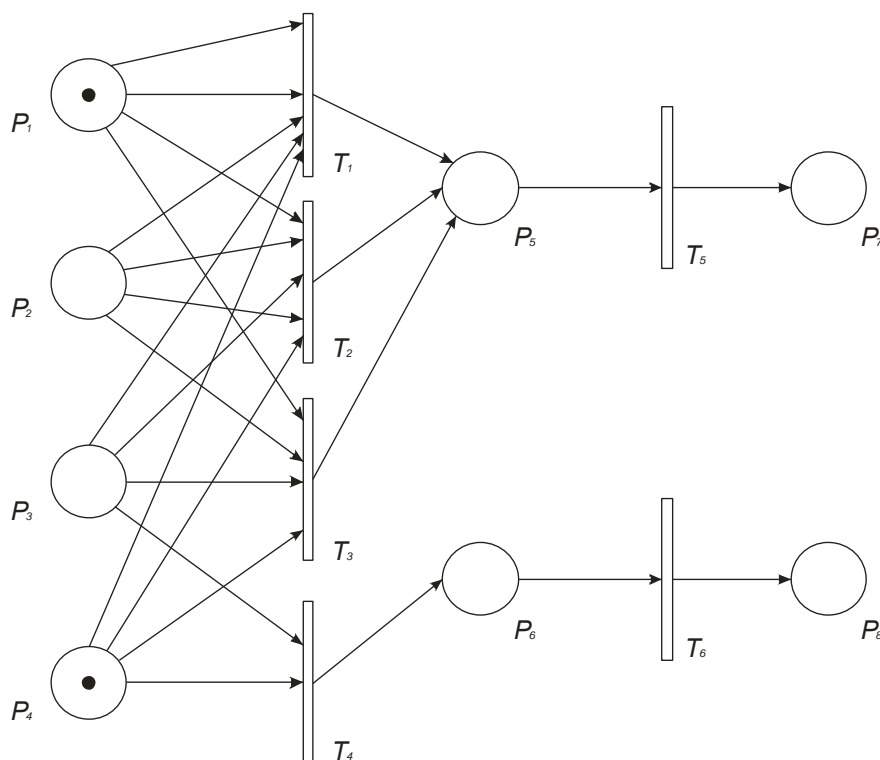


Рисунок 2.3 - МП, що моделює процес функціонування лівого сегменту ПЛП ТБГ «Поставки сировини на переробку у фокусну компанію» (1а)

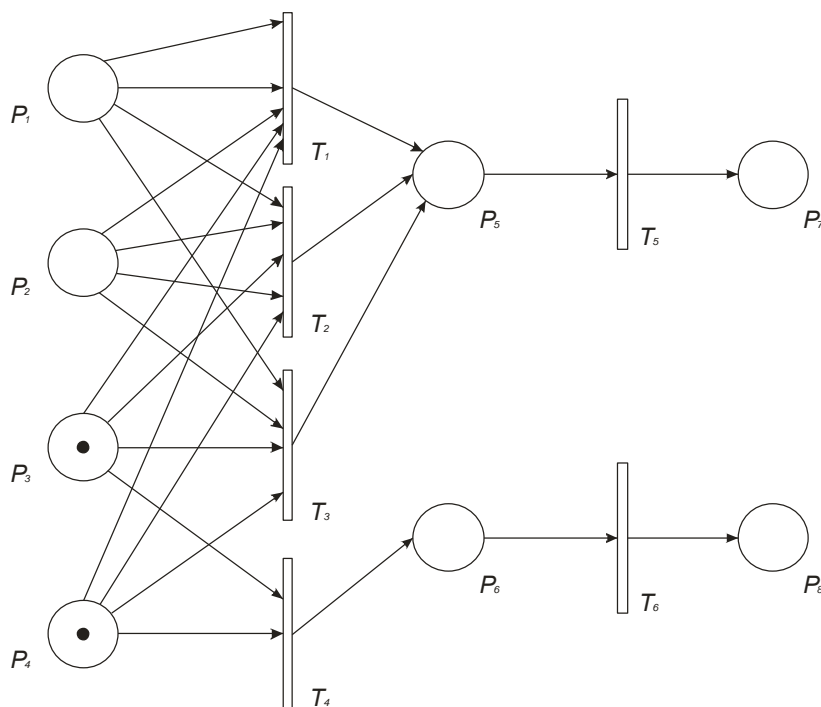


Рисунок 2.4 - МП, що моделює процес функціонування правого сегменту ПЛП ТБГ «Поставки ТБГ споживачам» (16)

Процес створення, розгортання та підтримки функціонування ПЛП ТБГ може бути адекватно представлений у вигляді ієрархічної дворівневої вкладеної мережі Петрі (ВМП) [5]:

$$IPN = \langle SN^{(1)}, EN_1^{(2)}, \dots, EN_m^{(2)} \rangle,$$

де $SN^{(1)}$ – системна мережа, що моделює процес; $EN_1^{(2)}, \dots, EN_m^{(2)}$ – множина елементарних мереж Петрі, кожна з яких моделює процеси підготовки сировини, виробництва і упаковки готової продукції.

Мережева модель ПЛП ТБГ у такому випадку являє собою кортеж:

$$IPN = \langle N, C, W, G, \Omega, M_0 \rangle,$$

де $N = (P, T, F)$ – кінцева мережа з множиною позицій P , множиною переходів T відношенням інцидентності F ; $C: P \rightarrow \Omega$ – функція розмальовки позицій, що ставить

у відповідність кожній позиції $p \in P$ її колір $C(p)$; W – функція, яка приписує дуг мережі N висловлювання на кшталт

$$((p, t), (t', p')) \in F : (\text{Type}(W(p, t)) = M(C(p))) \vee \\ \vee (\text{Type}(W(t', p')) = M(C(p')));$$

де $G: T \rightarrow L$ - функція, яка кожному переходу $t \in T$ ставить у відповідність деякі логічні вирази, що відображають відповідну подію; M_0 – функція, яка кожній позиції $p \in P$ ставить у відповідність такий вираз:

$$\forall p \in P : (\text{Type}(M_0(p)) = M(C(p))).$$

Функція M_0 визначає початкову розмітку ВМП. Початкова розмітка ВМП, включаючи визначення кольору маркерів, відображає конкретну виробничу ситуацію, зумовлену, наприклад, фактом наявності на складі фокусної компанії готової продукції. Таблиці 2.1 та 2.2 містять інформацію про відповідність подій у ході функціонування ПЛП ТБГ переходам ВМП і відповідність умов настання цих подій позиціям ВМП.

Вагомим аргументом щодо застосування як засобу моделювання ПЛП ТБГ є і те, що дворівневі ВМП за своєю природою мають ієрархічну структуру, з такими моделями виробничих ситуацій в процесі моделювання ПЛП можуть бути однозначно зіставлені онтологічні структури [9-13], на основі яких доцільно у перспективі побудувати базу прецедентів при вирішенні завдань, що виникають при управлінні ЖЦ ПЛП ТБГ.

На рисунку 2.5 представлена структура мережевої моделі ПЛП ТБГ в формі дворівневої ВМП.

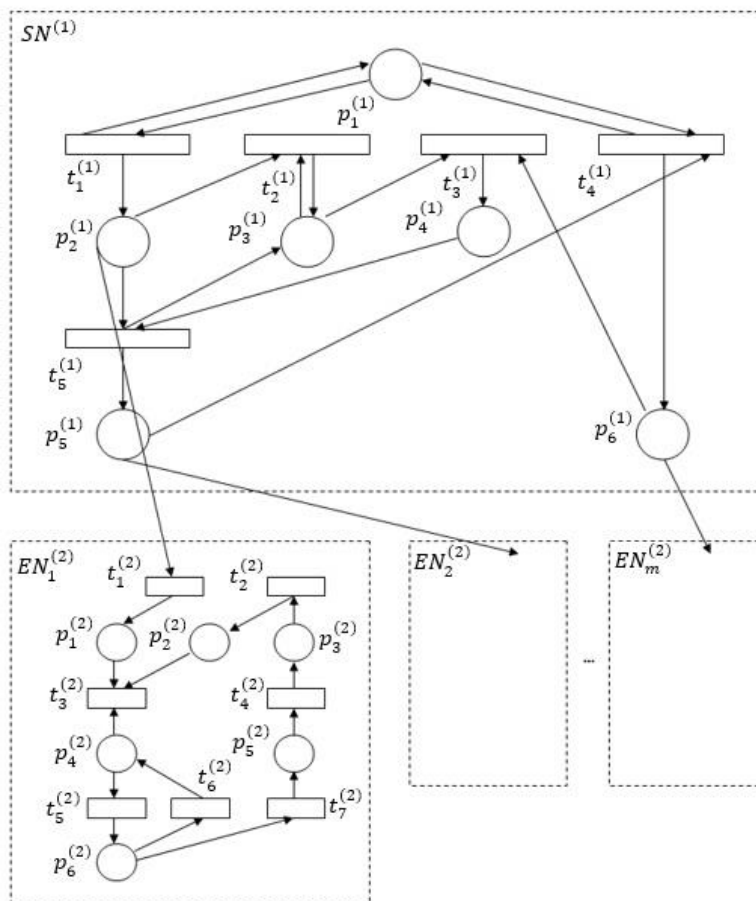


Рисунок 2.5 - Структура мережевої моделі ПЛП ТБГ в формі дворівневої ВМП

Таблиця 2.1 - Інтерпретація подій при функціонуванні ПЛП переходами дворівневої ВМП

Умови	Зміст умов
$p_1^{(1)}$	Наявність у постачальників виробничої бази встановлено
$p_2^{(1)}$	Наявність на складі постачальника достатньої кількості даного виду продукції встановлено
$p_3^{(1)}$	Відсутність варіанти заміни постачальника встановлено
$p_4^{(1)}$	Необхідний обсяг продукції на складі постачальника встановлено
$p_5^{(1)}$	Повідомлення про необхідність замовлення певного виду продукції відправлено
$p_6^{(1)}$	Замовлення для m-го виду продукції оформлено
$p_1^{(2)}-p_6^{(2)}$	Умови укладання договорів на постачання конкретних видів продукції

Таблиця 2.2 - Інтерпретація умов в мережевий моделі в формі дворівневої ВМП, які призвели до настання подій при функціонуванні ПЛП ТБГ

Події	Суть подій
$t_1^{(1)}$	Прибуття партії продукції від зовнішнього постачальника на склад фокусної компанії
$t_2^{(1)}$	Аналіз причин зриву поставок продукції в минулому
$t_3^{(1)}$	Визначення необхідного обсягу продукції на складі фокусної компанії
$t_4^{(1)}$	Замовлення партії продукції у зовнішніх постачальників
$t_5^{(1)}$	Повідомлення менеджменту фокусної компанії про відсутність на складі необхідної кількості конкретного виду продукції
$t_1^{(2)} - t_7^{(2)}$	Перелік дій, передбачених митним законодавством при організації поставок імпортової продукції

2.3 Метод розширення часом мережевої моделі повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи

Характерною рисою сучасних логістичних систем, зокрема ПЛП, є порівняно висока динаміка їх функціонування, яка проявляється у швидкій зміні даних і знань про об'єкти логістичного ланцюга, необхідних для прийняття адекватних управлінських рішень. Кожна така зміна відбувається в часі, будь то процес збору свіжої сировини, виконання заготівельних операцій, упаковки, транспортування готової продукції і т.д. Для моніторингу та управління процесом функціонування ПЛП необхідно чітко відстежувати і представляти в часі процеси і події, а також прогнозувати розвиток процесів, які суттєво впливають на ефективність ланцюга [1].

Для подання часових залежностей, що мають місце при функціонуванні ПЛП, можлива побудова спеціальної логіки часових тверджень, що буде включати набір вихідних аксіом, оснований на необхідних для опису предметної області властивостях часу. Аналіз напрямків в галузі інженерії знань, надав змогу виділити ряд завдань, для яких використання фактора часу є ключовим [14, 15].

До таких завдань відносяться:

1. Діагностика. Ідентифікація поточного стану об'єкта управління на основі ознак, що впливають на дії особи, яка приймає рішення (ОПР).

2. Моніторинг. Спостереження за станом об'єкта управління в масштабі часу, близькому до реального, з оповіщенням ОПР про виникнення критичних ситуацій.

3. Допомога. Опис стану об'єкта управління в певний наступив момент часу, який є причиною поточного стану об'єкта управління.

4. Прогнозування. Визначення стану об'єкта управління в майбутньому, в заданий ОПР момент часу.

5. Правила варіації. Побудова безлічі правил, що регламентують зміни в темпоральних закономірності розглянутої предметної області.

При організації ПЛП ТБГ важливим завданням є прогнозування стану як сировини, процесів її переробки та упаковки, так і якості готової продукції [2]. Для опису взаємовідносин між причинами і їх наслідками необхідно подати відповідні часові залежності в явному вигляді. Виходячи з цього, слід виділити наступні складові знань про предметну область:

- причинно-наслідкові залежності про події і значеннях параметрів в аналізованій предметній області;

- часові залежності, що описують взаємне положення причин, їх наслідків і тривалості процесів, що відбуваються при функціонуванні ПЛП, або властивостей, які притаманні кожному з елементів логістичного ланцюга.

Для прогнозу наслідків поточної (або деякої заданої) ситуації і для відповідей на запити про майбутній стан елементів ПЛП ТБГ, може бути використана прогнозна модель, яка явно враховує часові залежності. При цьому запити можуть бути як про час появи деяких подій, так і про факт наявності деяких обставин в певний момент часу. Таким чином, актуальною є розробка темпорального компонента в складі мережевої моделі ПЛП ТБГ у формі дворівневої ВМП, тобто такого, який би адекватно відображав у часі протікання

логістичних процесів. Для реалізації такого завдання необхідна розробка спеціального методу відображення часових залежностей між елементами повної логістичного ланцюга поставок ТБГ в Україну, шляхом доповнення мережевої моделі ПЛП ТБГ, представленій у формі дворівневої ВМП. Таке розширення моделі ПЛП ТБГ забезпечить підвищення ефективності бізнес процесів в ланцюзі, за рахунок дотримання принципу «just-in-time».

Для побудови моделі явного представлення часу про процеси функціонування ПЛП ТБГ необхідно виконати наступні етапи [16-20]:

1. Вибрати базові примітиви часу і задати базові відносини між ними.
2. Ввести необхідні елементарні функції перетворення примітивів і відносин.
3. Визначити властивості структури часу за допомогою аксіом, що описують основні властивості часу і властивості базових відносин.
4. Описати спосіб представлення часових залежностей.
5. Вибрати метод зв'язування логічних тверджень з часом.
6. Синтезувати теорію часових тверджень.

Інформація про поточний стан завдань, запланованих до виконання, актуалізується в моделі $SN^{(1)}$ на підставі даних, що надходять від моделей нижнього рівня $EN_1^{(2)}, \dots, EN_m^{(2)}$. Згідно з регламентом функціонування ПЛП ТБГ, виконується перевірка виконання завдань з метою визначення фактів відхилень і величин запізнень завдань.

Множину всіх планових завдань позначимо Z . При цьому має місце відображення $ZP: Z \rightarrow P$, що задає відповідність стану виробничих завдань позиціях мережі $SN^{(1)}$. Поточний стан завдання $z_i \in Z$ має ознаку *Статус*, який визначає належність z_i до множин, що почалися Φ^N , що знаходяться в процесі виконання Φ^W або завершених Φ^T завдань.

Своєчасність реалізації завдань характеризується ознакою *Своєчасність*, який визначає приналежність завдання z_i до \bar{W} або \tilde{W} , де \bar{W} - множина виданих або

виконаних завдань без відхилення від графіка поставок, а \tilde{W} - множина завдань, час виконання або видачі яких було затримано через вплив різного роду зовнішніх або параметричних збурень, причому $\bar{W} \cap \tilde{W} = \emptyset$ і існує відображення, таке, що $zW: Z \rightarrow (\bar{W} \cup \tilde{W})$. Завдання поділяються на заготівельні Z^k (заготівля сировини, виробництво і упаковка) і транспортні Z^a , $Z = \{Z^k \cup Z^a\}$, при цьому $Z^k \cap Z^a = \emptyset$, мають місце бієктивні відображення $Z^k \rightarrow B$ та $Z^a \rightarrow ((P \setminus B) \setminus R)$.

Для активізації моделі $SN^{(1)}$ множина подій, що є наслідком виконання завдань в процесі функціонування ПЛП ТБГ, відображається елементами множини $E^a = \{E^{p^f} \cup E^d\}$ всіх подій, де E^{p^f} - події фактичного або планового початку / завершення виконання завдання, при цьому $E^{p^f} \rightarrow E, E^d$ - події перевірки стану завдання на початку кожного циклу моніторингу. Події з множини E^a змінюють ознаки завдань в моменти часу з множини $T = \{T^p \cup T^f\}$, $T^p \cap T^f = \emptyset$, де T^p - множина моментів часу перевірок на початку кожного циклу моніторингу, які мали місце з початку запуску ПЛП ТБГ, T^f - множина моментів часу перевірок на початку кожного циклу моніторингу поточного стану ПЛП.

Метою описаного нижче методу є виявлення відхилень від графіка при виконанні завдань в ході функціонування ПЛП ТБГ і формування вказівок щодо стабілізації поточного стану ПЛП ТБГ.

Перший етап методу (кроки 1-4) здійснюється паралельно, асинхронно і циклічно під час кожного циклу моніторингу ланок логістичного ланцюга, це дає можливість в процесі підтримки прийняття рішень по реалізації ПЛП ТБГ враховувати поточний стан окремих його ланок.

Другий етап методу (кроки 5-8), в разі виявлення часових затримок, дає можливість сформулювати рішення щодо стабілізації функціонування ПЛП ТБГ.

Початкова ситуація (запуск ПЛП ТБГ) задається наступним чином:

$$\forall z_i \in \bar{W} \wedge \forall z_i \in \Phi^n, \exists Z^p: Z^k \rightarrow Z^a.$$

1. Відображення в системі управління ПЛП ТБГ фактів виникнення подій. У

разі виникнення подій $e_j^\Phi \in E^{P\Phi}$ фактичних змін стану завдання, де $j \in \{\text{поч, закінч}\}$, поч – початок виконання завдання, закінч – закінчення виконання завдання:

– якщо $e_{\text{поч}z_i}^\Phi$ – відбувається зміна складу множин Φ^n та Φ^w шляхом:

$$\Phi_k^n = \Phi_{k-1}^n - \varphi_{z_i}^{\Phi^n} \wedge \Phi_k^w = \Phi_{k-1}^w + \varphi_{z_i}^{\Phi^n}, \text{ де } k \text{ – черговий цикл моніторингу поточного стану}$$

ПЛП;

– якщо $e_{\text{закінч}z_i}^\Phi$ – відбувається зміна складу множин Φ^w та Φ^r шляхом:

$$\Phi_k^w = \Phi_{k-1}^w - \varphi_{z_i}^{\Phi^w} \wedge \Phi_k^r = \Phi_{k-1}^r + \varphi_{z_i}^{\Phi^w}, \text{ де } k \text{ – черговий цикл моніторингу поточного стану}$$

ПЛП;

– якщо для будь-якого завдання не виникає жодного з цих подій - перехід до кроку 2.

2. Відстеження стану процесу виконання планових завдань в ПЛП ТБГ. У разі виникнення подій $e_j^{pl} \in E^{P\Phi}$ планових змін стану завдання, де $j \in \{\text{поч, закінч}\}$, поч – початок виконання завдання, закінч – закінчення виконання:

– якщо $e_{\text{нач}z_i}^{pl}$ для $\forall z_i | z_i \in \bar{W} \wedge z_i \in \Phi^n \wedge \wedge t_{\text{нач}z_i}^{pl} \in T^P \wedge t_{\text{нач}z_i}^\Phi \in T^f$ – відбувається зміна

складу множин \bar{W} та \tilde{W} шляхом: $\bar{W}_k = \bar{W}_{k-1} - \omega_{z_i}^{\bar{W}} \wedge \tilde{W}_k = \tilde{W}_{k-1} + \omega_{z_i}^{\bar{W}}$;

– якщо $e_{\text{оконч}z_i}^{pl}$ для $\forall z_i | z_i \in \bar{W} \wedge \forall z_i \in \Phi^w \wedge \wedge t_{\text{оконч}z_i}^{pl} \in T^P \wedge t_{\text{оконч}z_i}^\Phi \in T^f$ відбувається

зміна складу множин \bar{W} та \tilde{W} шляхом: $\bar{W}_k = \bar{W}_{k-1} - \omega_{z_i}^{\bar{W}} \wedge \tilde{W}_k = \tilde{W}_{k-1} + \omega_{z_i}^{\bar{W}}$;

– якщо $e_{\text{оконч}z_i}^{pl}$ для $\forall z_i | z_i \in \tilde{W} \wedge z_i \in \Phi^r \wedge \wedge (t_{\text{оконч}z_i}^\Phi \leq t_{\text{оконч}z_i}^{pl})$ відбувається зміна

складу множин \bar{W} та \tilde{W} шляхом: $\tilde{W}_k = \tilde{W}_{k-1} - \omega_{z_i}^{\tilde{W}} \wedge$

$$\wedge \bar{W}_k = \bar{W}_{k-1} + \omega_{z_i}^{\tilde{W}};$$

– якщо для будь-якого завдання не виникає ні одне з цих подій - перехід до кроку 3.

3. Контроль своєчасності виконання планових завдань в ПЛП ТБГ. У разі ініціювання подій $e_{K_j}^{ch} \in E^d$ перевірки виконання завдання, де K - множина індексів, $K = \{\phi\phi, \omega\omega, bb\}$, $\phi\phi$ - перевірка стану завдання, $\omega\omega$ - перевірка своєчасності виконання завдання, bb - перевірка запізнювання з видачею завдання:

- якщо $e_{\phi\phi z_i}^{ch}$ для $\forall z_i | z_i \in \Phi^w \wedge t_{оконч z_i}^{pl} \in T^f \wedge \wedge t_{оконч z_i}^{\phi} \in T^f \wedge t_{проверки z_i}$ - обчислення поточної тривалості виконання завдання $dur_{z_i}^w = t_{проверки z_i} - t_{нач z_i}^{\phi}$;

- якщо $e_{\omega\omega z_i}^{ch}$ для $\forall z_i | z_i \in \Phi^w \wedge \wedge z_i \in \tilde{W} \wedge t_{проверки z_i}$ - обчислення поточної тривалості запізнювання завдання $dur_{z_i}^r = t_{проверки z_i} - t_{оконч z_i}^{pl}$;

- якщо $e_{bb z_i}^{ch}$ для $\forall z_i | z_i \in \Phi^r \wedge \wedge z_i \in \tilde{W} \wedge (t_{оконч z_i}^{pl} \leq t_{оконч z_i}^{\phi})$ - відбувається зміна складу множин \bar{W} та \tilde{W} шляхом: $\tilde{W}_k = \tilde{W}_{k-1} - \omega_{z_i}^{\tilde{W}} \wedge \bar{W}_k = \bar{W}_{k-1} + \omega_{z_i}^{\tilde{W}}$;

- якщо для будь-якого завдання не має місце жодне з цих подій - перехід до кроку 4.

4. Контроль запізнювання виконання планових завдань в ПЛП ТБГ. Для кожного завдання $z_i \in Z^a$, яке повинно бути виконано при функціонуванні ПЛП ТБГ, здійснюється перевірка запізнювання виконання $dur_{z_i}^r$ завдань, що входять в нього, визначення величини запізнювання $dur_{max} = \max_i(dur_{z_i}^r)$ і встановлення факту, що dur_{max} і буде запізненням в рамках всієї ПЛП ТБГ.

5. Визначення споживача для завдання $z_i \in Z$ шляхом аналізу маршруту доставки і передача інформації про відхилення в ході функціонування ПЛП ТБГ особі, що приймає рішення.

6. Визначення наявності критичної ситуації шляхом порівняння тривалості запізнювання dur_{max} завдання $z_i \in Z$ з критичними значеннями запізнювання завдань.

7. Активація правил вирішальною позиції в мережевий моделі $SN^{(1)}$ та формування рішень щодо стабілізації стану ПЛП ТБГ.

8. Виконання процедур завершиться за умов, якщо поточний стан всіх завдань буде мати статус "Виконано", тобто функціонування ПЛП ТБГ досягне всіх поставлених цілей.

Для реалізації компонента представлення часових залежностей у складі мережевої моделі формування рішень з управління ПЛП ТБГ, були розроблені правила, за якими реалізуються перші чотири етапи методу, тобто виявлення фактів відставання виконання завдань від графіка. Залежно від початку події (ініційованого ОПР або автоматично системою управління ПЛП ТБГ) активізується відповідне правило.

Події, що формуються в ПЛП ТБГ і активуються мережевою моделлю $SN^{(1)}$:

- ПнМІ(Початок_виконання(завдання), t) – по факту видачі завдання;
- ПнМІ(Кінець_виконання(завдання), t) – по факту завершення завдання;

Події, що формуються і активуються в ПЛП ТБГ:

- ПнМІ(Плановий_початок_виконання(завдання), t) – за графіком;
- ПнМІ(Планове_закінчення_виконання (завдання), t) – за графіком;
- ПнМІ(Перевірка_запізнення (z), t) – щодня;
- ПнМІ(Перевірка_статуса(z), t) – щодня.

Нижче описаний фрагмент часової моделі функціонування ПЛП ТБГ у вигляді набору з восьми правил, представлених у формі темпорально-логічних висловлювань.

1. В момент настання події «Початок_виконання(завдання)» параметр завдання *Статус* змінюється на «у_роботі»

$\forall z_i \in \text{завдання}, \exists i, j \in \text{Interval}, \exists t \in \text{Time}$

$\text{ПнМІ}(\text{Початок_виконання}(z_i), t) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z_i, \text{не_видано}), i) \wedge \text{end}(i)=t \Rightarrow \text{ВнІ}(\text{Статус}(z_i, \text{у_роботі}), j) \wedge \text{meets}(i, j).$

2. В момент настання події «Кінець_виконання(завдання)» параметр завдання *Статус* змінюється на «завершено»

$\forall z_i \in \text{завдання}, \exists i, j \in \text{Interval}, \exists t \in \text{Time}$

$\text{ПнМІ}(\text{Кінець_виконання}(z_i), t) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z_i, \text{в_роботі}), i) \wedge \text{end}(i)=t \Rightarrow \text{ВнІ}(\text{Статус}(z_i, \text{виконане}), j) \wedge \text{meets}(i, j).$

3. В момент настання події «Плановий_початок_виконання(завдання)» та параметр *Статус* «не_видано», параметр завдання *Своєчасність* змінюється на «запізнюється»

$\forall z_i \in \text{завдання}, \exists i, j, k \in \text{Interval}, \exists t \in \text{Time}$

$\text{ПнМІ}(\text{Плановий_початок_виконання}(z_i), t) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z_i, \text{не_видано}), i) \wedge \text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z_i, \text{своєчасно}), j) \wedge \text{end}(j)=t \Rightarrow \text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z_i, \text{запізнюється}), k) \wedge \text{meets}(j, k).$

4. В момент настання події «Плановий_кінець_виконання(завдання)» параметр завдання *Своєчасність* змінюється на «запізнюється»

$\forall z_i \in \text{завдання}, \exists i, j, k \in \text{Interval}, \exists t \in \text{Time}$

$\text{ПнМІ}(\text{Плановий_кінець_виконання}(z_i), t) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z_i, \text{в_роботі}), i) \wedge \text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z_i, \text{своєчасно}), j) \wedge \text{end}(j)=t \Rightarrow \text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z_i, \text{запізнюється}), k) \wedge \text{meets}(j, k).$

5. В момент настання події «Плановий_кінець_виконання(завдання)», параметр завдання *Статус* «завершено» і раніше визначеному запізненні, параметр завдання *Своєчасність* змінюється на «своєчасно»

$\forall z_i \in \text{завдання}, \exists i, j, k \in \text{Interval}, \exists t \in \text{Time}$

$\text{ПнМІ}(\text{Плановий_кінець_виконання}(z_i), t) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z_i, \text{завершено}), i) \wedge \text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z_i, \text{запізнюється}), j) \wedge (\text{begin}(i)=t \vee \text{begin}(i)<t) \wedge \text{end}(j)=t \Rightarrow \text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z_i, \text{своєчасно}), k) \wedge \text{meets}(j, k).$

6. Формування події «прострочена видача»

$\forall z \in \text{завдання}, \exists i, j, k \in \text{Interval}$

$\text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z, \text{запізнюється}), i) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z, \text{не_видано}), j) \Rightarrow \text{ПнМІ}(\text{Прострочена_видача}(z), k) \wedge \text{equal}(i, k).$

7. Підрахунок тривалості затримки завершення завдання

$\forall z \in \text{завдання}, \exists i, j, k \in \text{Interval}, \exists t \in \text{Time}$

$\text{ПнМІ}(\text{Перевірка_запізнення}(z), t) \wedge \text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z, \text{запізнюється}), i) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z, \text{в_роботі}), j) \wedge t = \text{end}(i) \Rightarrow \text{ВнІ}(\text{Своєчасність}(z, \text{запізнюється}), k) \wedge \text{Запізнення}(z, d) \wedge d = \text{duration}(k) \wedge \text{start}(k, i).$

8. Перевірка статусу завдання

$\forall z \in \text{завдання}, \exists i, j, k \in \text{Interval}, \exists t \in \text{Time}$

$\text{ПнМІ}(\text{Перевірка_статуса}(z), t) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z, \text{в_роботі}), i) \wedge t = \text{end}(i) \Rightarrow \text{start}(j, i) \wedge \text{ВнІ}(\text{Статус}(z), j).$

Правило, яке формує факти про передбачуване запізнення завдання

$\exists P1, P2 \in z, \exists \text{dur}_{\max} \in \text{Duration}$

$\text{Містить}(P1, P2) \wedge \text{Запізнення}(P2, \text{dur}_{\max}) \Rightarrow \text{Передбачуване_запізнення}(P1, \text{dur}_{\max})$

Правило, яке формує факти про критичне запізнення завдання

$\forall P \in z, \exists d \in \text{Duration}$

$\text{Запізнення}(P, d) \wedge \text{Критичне_запізнення}(P, l) \wedge (d = l \vee d < l) \Rightarrow \text{Критична_ситуація}(P, d).$

Таким чином, аналіз особливостей реалізації дворівневої вкладеної мережі Петрі в якості моделі управління повної логістичної ланцюгом поставок ТБГ в Україну дав можливість обґрунтувати необхідність доповнення такої моделі спеціальним компонентом для моделювання часових залежностей між бізнес процесами в рамках ПЛП ТБГ.

2.4. Висновки по розділу 2

1. Представлено на формальному рівні задачу мінімізації логістичних витрат для центрального елемента повного логістичного ланцюга постачання – фокусної компанії. Розроблено структуру ПЛП ТБГ у формі ієрархічної багаторівневої системи, яка має у своєму складі, окрім фокусної компанії, два сегменти – виробничо-постачальний та розподільчо-збутовий.

2. Розроблено варіант мережевої моделі ПЛП ТБГ у формі дворівневої вкладеної мережі Петрі, що адекватно відображає ієрархічність структури ПЛП ТБГ.

3. Обґрунтована необхідність розширення потужності представлення мережевої моделі ПЛП ТБГ шляхом введення засобів представлення часових залежностей поміж подіями у поєднанні функціонування ПЛП ТБГ.

4. Описано метод виявлення відхилень від графіку при функціонуванні ПЛП ТБГ та оцінюванні критичності цих відхилень для дотримання принципу «just-in-time».

Результати опубліковано у [2, 21-27].

2.5. Література до розділу 2

1. Сток, Дж. Р. Стратегическое управление логистикой / Джеймс Р. Сток, Дуглас М. Ламберт. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 831 с.

2. Рахими Яшар. Знаниеориентированный подход к организации поддержки принятия решений по формированию полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2017. – Вип. 6 (46). – С. 197-201.

3. Crainic, T.G., Frangioni, A., Gendron, B. Bundle-Based Relaxation Methods for Multicommodity Capacitated Network Design. // Discrete Applied Mathematics. – 2001. – 112. – P. 73-99.

4. Crainic, T.G., Roy, J. O.R. Tools for Tactical Freight Transportation Planning. // European Journal of Oper. Res. – 1988. – 33(3). – P. 290-297.

5. Ломазова И.А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой. – М.: Научный мир, 2004. – 208 с.

6. Ломазова И.А. Моделирование мультиагентных динамических систем вложенными сетями Петри // Программные системы: Теоретические основы и

приложения. – М.: Наука, Физматлит, 1999. – С. 143-156.

7. Зазовская Т.А., Ломазова И.А. О сравнительной выразительности вложенных сетей Петри и алгебр процессов // Седьмая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ 2000). Труды конференции. Том 1. – М.: Физматлит, 2000. – С. 305-314.

8. Araki T., Kasami T. Some decision problems related to the reachability problem for Petri nets // *Theoretical Computer Science*. – 1977/ Vol. 3(1). – P. 85-104.

9. Holvoet T. Agents and Petri Nets // *Petri Nets Newsletter*. – 1995. Vol. 49/ - P. 3-8.

10. Lakos C.A. From Coloured Petri Nets to Object Petri Nets // *Proc. Int. Conf. on Appl. And Theory of Petri Nets. Lecture Notes in Computer Science*. – 1997. Vol. 1248. P. 278-297.

11. Lakos C.A. Composing Abstractions of Coloured Petri Nets // *Application and Theory of Petri Nets*. – Aarhus, Denmark, 2000. – P. 323-345.

12. Lomazova I.A. Modeling dynamic objects in distributed systems with Nested Petri nets // *Fundamenta Informaticae*. – 2002. Vol. 51, № 1-2. – P. 121-133.

13. Lomazova I.A. Nested Petri nets: multi level and recursive systems // *Fundamenta Informaticae*. – 2001. Vol. 47, № 3-4. – P. 283-293.

14. Manna Z., Pnueli A. *The Temporal Logic of Reactive and Concurrent Systems*. – Springer-Verlag, 1992. – 384 p.

15. Marti-Oliet N., Meseguer J. From Petri nets to Linear Logic. Technical report, SRI International, Computer Science Laboratory, Stanford, 1989. – 452p.

16. Manna Z., Pnueli A.: Verifying hybrid systems. Hybrid systems, LNCS 736, 1993. – Pp. 4-35 (<http://cs.nyu.edu/faculty/pnueli/c-and-j.html>)

17. McManis J., Varajya P.: Suspension Automata: A Decidable Class of Hybrid Automata. 6th International Conference CAV'94. Lecture Notes in Comp. Sci. 818, 1994. – Pp. 105 - 117.

18. Oded Maler, Amir Pnueli: Hybrid Systems: Computation and Control, 6th International Workshop, HSCC 2003 Prague, Proceedings Springer, 2003.

19. Yonit Kesten, Zohar Manna, Amir Pnueli: Verification of Clocked and Hybrid Systems. Acta Informatica 36(11), Springer Berlin / Heidelberg, 2000. – Pp. 837 - 912 (<http://citeseer.ist.psu.edu/212104.html>)

20. Maler O., Manna Z., Pnueli A.: From Timed to Hybrid systems. Real-Time: Theory in Practice, Lecture Notes in Comp.Sc 600, Springer-Verlag, 1992. – Pp. 447 - 484 (<http://citeseer.ist.psu.edu/maler92from.html>)

21. Підгорний М.В. Моделі інформаційної підтримки повних ланцюгів постачань / М.В. Підгорний, О.Ю. Лук'янченко, Я. Рахімі // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. – 2021. – Випуск 3 (50). С. 123-130.

22. Підгорний М. В. Системний підхід до побудови інформаційної технології підвищення ефективності ланцюга постачань товарів / М.В. Підгорний, Я. Рахімі // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2021. – Вип. 2(64). – С. 89-91.

23. Рахими Я. Подход к организации логистических процессов, связанных с поставками сухофруктов / Я. Рахими // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2017»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2017. – Том 3. – С.149.

24. Рахімі Я. Застосування вкладених мереж Петрі для створення процесних моделей в задачі розгортання повного логістичного ланцюга / Я. Рахімі // XXIII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – Том 9. – С.107-108.

25. Рахімі Я. Застосування вкладених мереж Петрі для створення процесних моделей в задачі розгортання повного логістичного ланцюга / Я. Рахімі // XXIII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – Том 9. – С.107-108.

26. Шостак И.В. Моделирование полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину с применением вложенных сетей Петри / И. В. Шостак, Я.

Рахими // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №4 – С.45-48.

27. Шостак И.В. Метод расширения модели логистической цепи поставок, представленной в форме двухуровневой вложенной сети Петри / И. В. Шостак, Я. Рахими // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2019. – Вип. 1(89). – С.82-90.

РОЗДІЛ 3

СТВОРЕННЯ МЕТОДУ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ НА ЗНАННЯХ
ПРИ ФОРМУВАННІ РІШЕНЬ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ МАТЕРІАЛЬНИХ
ПОТОКІВ У МЕЖАХ ПЛП ТБГ

3.1 Дослідження особливостей застосування нечіткої логіки в задачах інформаційної підтримки ЖЦ ПЛП ТБГ на прикладі оцінювання якості дорожнього покриття на маршрутах перевезення товарів

Введемо наступне припущення: структура нечіткої моделі інваріантна стосовно способу визначення якості дорожнього покриття, зміни підлягають лише значення оціночних коефіцієнтів.

З урахуванням прийнятого допущення, на змістовному рівні завдання оцінювання якості дорожнього покриття на маршруті перевезення товарів в ПЛП ТБГ формулюється так: дано результати оцінки поточного стану дорожнього покриття; необхідно, на основі аналізу параметрів дорожнього покриття, сформулювати відповідне рішення (наприклад, про недоцільність перевезення даним маршрутом) [1-9].

Розглянемо формальне подання нечіткої моделі порівняння якості дорожнього покриття на двох можливих маршрутах. У якості вимірюваних вихідних даних для визначення оцінки стану дорожнього покриття приймаються два узагальнені параметри [10-12]:

X_1 – стан дорожнього покриття на першому маршруті; X_2 – стан дорожнього покриття на другому маршруті. При цьому $X_j \in [X_{jmin}, X_{jmax}]$, $j = \overline{1,2}$, X_{1min} , X_{1max} – мінімально і максимально можливі значення оцінки для першого маршруту відповідно, X_{2min} , X_{2max} – мінімально і максимально можливі значення оцінки для другого маршруту відповідно.

Представимо параметри X_1 та X_2 у формі нечітких множин, які формують лінгвістичні змінні:

$$X_j^0 = \{ \langle x_j^i, U_{X_j}, \overline{X_j} \rangle \}, X_j^i \in T_j^*(u), j=1,2; i=\overline{0,10}, \quad (3.1)$$

де $T_j^*(u)$ – розширена терм-множина лінгвістичної змінної "Оцінка дорожнього покриття j "; X_j – нечітка множина, що описується функцією приналежності виду

$$\mu_{\tilde{X}_j} : U_{X_j} \rightarrow [0,1],$$

де U_{X_j} – універсуми виду $U_{X_j} = \{0,1,\dots,10\}$.

Значення лінгвістичної змінної "Оцінка дорожнього покриття j " задані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення нечітких оцінок стану дорожнього покриття

Значення лінгвістичної змінної "Оцінка дорожнього покриття j "	$u_{ij} \in U_X$
Гранично низька	0
Близька до низької	1
Низька	2
Трохи вище, ніж низька	3
Майже середня	4
Трохи краще, ніж середня	5
Середня	6
Майже висока	7
Висока	8
Трохи вище, ніж висока	9
Найвища	10

Для відображення $q : X_j \rightarrow U_{X_j}, j = \overline{1,2}$ введемо наступне співвідношення:

$$U_i = \text{ent} \left[\left(\text{surf}(U_{X_j}) - 1 \right) \cdot \left(\frac{X_j - X_{j \min}}{X_{j \max} - X_{j \min}} \right)^\alpha \right], \quad j = \overline{1,2}, \quad i = \overline{0,10}, \quad (3.2)$$

де $\text{surf}(U_{X_j})$ – потужність універсуму $U_{X_j} = \{0,1,\dots,10\}$, тобто $(\text{surf}(U_{X_j}) - 1) = 10$;

X_j – поточне вимірне значення j -го параметра; α – поправочний коефіцієнт ($\alpha \geq 1$).

нечіткі множини \tilde{X}_j , $j = \overline{1,2}$ мають вигляд:

$$X_j = \int_{U_{X_j}} \mu_{X_j}(u)/u, \quad j = \overline{1,2}. \quad (3.3)$$

Для обчислення оцінок функції приналежності виду $\mu_{X_j}(u_i)/u_i$, $i = \overline{0,10}$ введемо наступну процедуру:

$$\mu(u_i) = 1 - \frac{1}{\text{surf}(U_{X_j} - 1)} \left| u_i - \text{ent} \left[\left(\text{surf}(U_{X_j}) - 1 \right) \cdot \left(\frac{X_j - X_{j \min}}{X_{j \max} - X_{j \min}} \right)^\alpha \right] \right|. \quad (3.4)$$

Для $\text{surf}(U_{X_j}) - 1 = 10$, тобто для випадку $i = \overline{0,10}$, $\alpha = 1$, $\forall j = \overline{1,2}$ будемо використовувати співвідношення спрощеного виду:

$$\mu(u_i) = 1 - \frac{1}{10} \left| u_i - \text{ent} \left(\frac{X_j - X_{j \min}}{X_{j \max} - X_{j \min}} \right) \right|, \quad u_i \in U_{X_j}, \quad j = \overline{1,10}. \quad (3.5)$$

Представимо результат рішення задачі, тобто параметр Y після оцінки співвідношення стану дорожнього покриття на розглянутих маршрутах у вигляді нечіткої множини, що формує лінгвістичну змінну такого вигляду:

$$Y^0 = \{ \langle y_i, V_Y, \tilde{Y} \rangle, y_i \in T^*(u) \}, \quad (3.6)$$

де $T^*(u)$ – розширена терм-множина лінгвістичної змінної "Якість дорожнього покриття"; \tilde{Y} – нечітка множина, що описується функцією приналежності $\mu_{\tilde{Y}} : V_Y \rightarrow [0,1]$; V_Y – універсум виду $V_Y = \{0,1,\dots,10\}$.

Значення лінгвістичної змінної "Співвідношення якості дорожнього покриття на альтернативних маршрутах транспортування" задані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Опис значень лінгвістичної змінної "Співвідношення якості дорожнього покриття на альтернативних маршрутах транспортування "

Значення лінгвістичної змінної "Співвідношення якості дорожнього покриття на альтернативних маршрутах транспортування"	$v_{y_i} \in V_y$
Неспівставне	0
Суттєво відрізняється	1
Відрізняється	2
Трохи відрізняється	3
Несуттєво відрізняється	4
Майже не відрізняється	5
Доволі близьке	6
Близьке	7
Дуже близьке	8
Майже однакове	9
Однакове	10

Для формування рішення про допустимість транспортування ТБГ на основі оцінки якості дорожнього покриття сформуємо правило виду:

$$R(A_1(x), A_2(y)) = \int_{U_{X_j} \times V_Y} \left(\mu(u) \xrightarrow{I} \mu(v) \right) \wedge \left[(I - \mu(u)) \xrightarrow{I} (I - \mu(v)) \right] / (u, v) =$$

$$= \begin{cases} I - \mu(v), \mu(u) < \mu(v); \\ I, \mu(u) = \mu(v); \\ \mu(v), \mu(u) > \mu(v). \end{cases} \quad (3.7)$$

Сформулюємо в формі силогізмів набір критеріїв, яким має задовольнити правило нечіткого логічного висновку (3.7):

Критерій I. Засновок 1: Якщо $x \in A$, то $y \in B$.

Засновок 2: $y \in B$.

Висновок: $y \in B$.

Критерій II-1. Засновок 1: Якщо $x \in A$, то $y \in B$.

Засновок 2: $x \in$ точно A .

Висновок: $y \in$ точно B .

Критерій II-2. Засновок 1: Якщо $x \in A$, то $y \in B$.

Засновок 2: $x \in$ точно A .

Висновок: $y \in B$.

Критерій III. Засновок 1: Якщо $x \in A$, то $y \in B$.

Засновок 2: $x \in$ більш-менш A .

Висновок: $y \in$ більш-менш B .

Критерій IV-1. Засновок 1: Якщо $x \in A$, то $y \in B$.

Засновок 2: $x \in$ не A .

Висновок: y - не визначений.

Критерій IV-2. Засновок 1: Якщо $x \in A$, то $y \in B$.

Засновок 2: $x \in$ не A .

Висновок: y не B .

Доведемо ряд тверджень про форму правила нечіткого логічного висновку в аспекті задоволення сформульованим вище критеріям.

Твердження. Якщо F - множини A з U та B з V визначаються так само, як у (3.6) та (3.7), то бінарне відношення $R_{11}(A_1(x), A_2(y))$ в логічній багатозначній мірі 1 має вигляд:

$$\begin{aligned} R_{11}(A_1(x), A_2(y)) &= (AXV \xrightarrow{1} UXB) \wedge \\ &\wedge (\tilde{A}AXV \xrightarrow{1} UX\tilde{A}\hat{A}) = \int_{UXV} (\mu_A(u) \xrightarrow{1} \mu_B(v)) \wedge \\ &\wedge \left[(1 - \mu_A(u)) \xrightarrow{1} (1 - \mu_B(v)) \right] \end{aligned}$$

де

$$(\mu_A(u) \xrightarrow{1} \mu_B(v)) \wedge \left[(1 - \mu_A(u)) \xrightarrow{1} (1 - \mu_B(v)) \right] =$$

$$= \begin{cases} -\mu_B(v), & \mu_A(u) < \mu_B(v); \\ 1, & \mu_A(u) = \mu_B(v); \\ \mu_B(v), & \mu_A(u) > \mu_B(v), \end{cases}$$

І задовольняє критеріям I-IV.

Доведення. Нехай $R(A_1(x)) = A^2 (a > 0)$. Тоді

$$\begin{aligned} R(A_2(y)) &= R(A_1(x)) \text{OR}_{11}(A_1(x); A_2(y)) = \int_U \mu_A^a(u) / u \text{O} \\ &\int_{U \times V} (\mu_A(u) \xrightarrow{1} \mu_B(v)) \wedge \left[(1 - \mu_A(u)) \xrightarrow{1} \mu_B(v) \right] / (u, v) = \\ &= \int_{u \in U}^V \left[\mu_A^a(u) \wedge \left[(\mu_A(u) \xrightarrow{1} \mu_B(v)) \right] \wedge \left[(1 - \mu_A(u)) \xrightarrow{1} (1 - \mu_B(v)) \right] / v \right] \end{aligned}$$

Припустимо, що $R(A_2(y)) = \neg A$. В цьому випадку

$$R(A_2(y)) = \int_U (1 - \mu_A(u)) / u \text{O} \int_{U \times V} (\mu_A(u) \xrightarrow{1} \mu_B(v)) \wedge$$

$$\wedge \left[\left(1 - \mu_A(u) \right) \xrightarrow{1} \left(1 - \mu_B(v) \right) \right] / (u, v) = \int_{V, u \in U} \left[1 - \mu_A(u) \right] \wedge$$

$$\wedge \left[\mu_A(u) \xrightarrow{1} \mu_B(v) \right] \wedge \left[\left(1 - \mu_A(u) \right) \xrightarrow{1} \left(1 - \mu_B(v) \right) \right] / v.$$

З урахуванням (3.7), отримаємо

$$R(A_2(y)) = \int_{V} \left[\int_{u \in U_1} \left(1 - \mu_A(u) \right) \wedge \left(1 - \mu_A(u) \right) \wedge \left(1 - \mu_B(v) \right) \right] \vee \left[\int_{u \in U_2} \left(1 - \mu_A(u) \right) \right] \vee$$

$$\vee \left[\int_{u \in U_3} \left(1 - \mu_A(u) \right) \wedge \mu_A(u) \wedge \mu_B(v) \right] / v, \quad (3.8)$$

проте, в силу того, що

$$(\exists u \in U_1 / \mu_A(u) = 0) \wedge (\exists u' \in U_3 / \mu_A(u') = 1),$$

$$R(A_2(y)) = \int_{V, u \in U_1} \left(1 - \mu_B(v) \right) / v = \int_{V} \left(1 - \mu_B(v) \right) / v = \neg B, \quad \text{що доводить відповідність}$$

(3.8) критерію IV-2.

Розглянемо випадок, коли розглядаються маршрути, які, з точки зору реалізації логістичних процесів в ПЛП є нерівнозначними, наприклад, параметр X_1 має більше значення, ніж параметр X_2 . У цьому випадку замість функції приналежності виду $\mu(u) = \mu_1(u) \wedge \mu_2(u)$ в правилі (3.7) необхідно використовувати операцію "розтягування" нечітких множин [13-16], тобто вхідна нечітка множина має бути представлена у вигляді $\tilde{X} = X_1 \wedge \text{DIL}(\tilde{X}_2)$.

Функція приналежності в даному випадку набуває вигляду:

$$\mu(u) = \mu_1(u) \wedge [\mu_2(u)]^{0.5}. \quad (3.9)$$

Розглянемо випадок, коли оцінки якості дорожнього покриття на розглянутих маршрутах ранжовані за важливістю. При цьому, наприклад, вхідний параметр для першого маршруту оцінений як «несуттєве», а вхідний параметр другого - як «майже мале». Для побудови нечіткої множини

\tilde{X}_1 = "гранично_низьке" скористаємося співвідношенням (3.9), а також визначимо по таблиці 3.1 значення лінгвістичної змінної для параметра X_1 , яке становить $U_i = 0$. Фактичне значення параметра X_1 при таких умовах складе:

$$\text{ent} \left[\left(\text{surf} (U_{x_1}) - 1 \right) \left(\frac{X_1 - X_{1\min}}{X_{1\max} - X_{1\min}} \right) \right] = \text{ent} \left[10 \left(\frac{X_1 - X_{1\min}}{X_{1\max} - X_{1\min}} \right) \right] = 0, \quad (3.10)$$

або $X_1 - X_{1\min}$.

Виходячи з (3.10) за формулою (3.9) визначимо нечітку множину «несуттєве»:

$$\tilde{X}_1 = \text{"гранично_низьке"} = 1/0 + .9/1 + .8/2 + .7/3 + .6/4 + .5/5 + .4/6 + .3/7 + .2/8 + .1/9 + .1/10.$$

Значення цього ж параметра для другого маршруту за тією ж формулою буде:

$$\tilde{X}_2 = \text{"близька_до_низької"} = (1/0 + .9/1 + .8/2 + .7/3 + .6/4 + .5/5 + .4/6 + .3/7 + .2/8 + .1/9 + .1/10) \cdot 0,5 = 1/0 + .95/1 + .89/2 + .84/3 + .78/4 + .7/5 + .64/6 + .55/7 + .45/8 + .31/9 + .31/0.$$

Для формування рішення на основі отриманих лінгвістичних оцінок вхідних параметрів стану дорожнього покриття на розглянутих маршрутах необхідно сформулювати бінарне відношення $R_1(A_1(x), A_2(y))$. З урахуванням описаних вище особливостей, таке відношення відповідає наступному умовному твердженню: $P1 = \text{"ЯКЩО } \tilde{X}_1 - \text{"гранично_низьке"} \text{ та } \tilde{X}_2 - \text{"близька_до_низької"} \text{ ТО } \tilde{Y} - \text{"однакове"}.$

Припустимо, що вихідний параметр \tilde{Y} також описується лінгвістичною змінною, і в даному випадку її значення «однакове» відповідає $v_i = 10$. За аналогією отримаємо:

$$\text{ent} \left[\left(\text{surf} (V_y) - 1 \right) \left(\frac{Y_i - Y_{1\min}}{Y_{1\max} - Y_{1\min}} \right) \right] = 10,$$

оскільки $\text{surf}(V_y) - 1 = 10$, то $10 \left(\frac{Y_i - Y_{l\min}}{Y_{l\max} - Y_{l\min}} \right) = 10$, відповідно $Y_i = Y_{\max}$.

За технологією, яка використовувалася для формування нечітких множин для вхідних параметрів, з відповідності (7) визначаємо нечітку множину \tilde{Y} :

$$\tilde{Y} = \text{"однакове"} = .1/0 + .1/1 + .2/2 + .3/3 + .4/4 + .5/5 + .6/6 + .7/7 + .8/8 + .9/9 + .1/10. \quad (3.11)$$

Значення всіх членів виразу (3.11), крім останнього, дані без опису значень відповідних лінгвістичних змінних, однак, задавши раніше граничне значення, ми можемо, принаймні, говорити про загальну кількість елементів нечіткої множини \tilde{Y} , тобто дати твердження щодо потужності цієї множини.

Далі, для підтвердження функціональної повноти нечіткої моделі оцінювання стану дорожнього покриття на альтернативних маршрутах, необхідно для даного випадку побудувати бінарне відношення $R(A_1(x)A_2(y))$ і на його основі - процедуру обчислення оцінок функції приналежності, аналогічно (3.7).

Отриманий результат дає можливість побудувати матрицю бінарних відносин для поточних значень вихідних параметрів порівнюваних варіантів маршрутів $\tilde{X}_1^{\text{tex}}, \tilde{X}_2^{\text{tex}}$.

Нечітка множина \tilde{Y}^{tex} , що відображає значення поточних оцінок якості дорожнього покриття на двох порівнюваних маршрутах, може бути сформована шляхом застосування композиційного виведення Л. Заде [13]:

$$\tilde{Y}^{\text{tex}} = R(A_2(y)) = R_1(A_1(x)OR_1(x); A_2(y)) = [\tilde{X}_1^{\text{tex}} \wedge \text{DIL}(\tilde{X}_2^{\text{tex}})] OR_1(A_1(x); A_2(y)), \quad (3.12)$$

де O – операція максимальної композиції;

$R_1(A_1(x); A_2(y))$ – бінарне відношення виду (7).

$$R(A_1(l'_{2i}), A_2(\tau_{oi})) = (\tilde{Z}_{2i} X W_{\tau_i} \xrightarrow{3} U_{z_i} X \tilde{\tau}_{oi}) \cap (\Gamma \tilde{Z}_{2i} X W_{\tau_i} \xrightarrow{3} U_{z_i} X \Gamma \tilde{\tau}_{oi}),$$

$$i = \overline{2,5},$$

Для формування рішень щодо вибору одного з двох можливих маршрутів перевезення, використовуємо правило нечіткого умовного виводу, в якому бінарне відношення представлено у вигляді функції приналежності:

$$R(A_1(l'_{2i}), A_2(\tau_{oi})) = \int_{w_{\tau_i} X U_{z_i}} (\mu_{z_2}(u) \xrightarrow{3} \mu_{\tau_i}(\omega)) \wedge$$

$$\wedge [(1 - \mu_{z_i}(u)) \xrightarrow{3} (1 - \mu_{\tau_i}(\omega))] / (u, \omega) =$$

$$= \begin{cases} \frac{1 - \mu_{\tau_i}(\omega)}{(1 - \mu_z(u)) + \mu_{\tau_i}(\omega)}, \mu_{z_2}(u) < \mu_{\tau_i}(\omega); \\ 1, & \mu_{z_2}(u) = \mu_{\tau_i}(\omega); \\ \frac{\mu_{\tau_i}(\omega)}{\mu_{z_2}(u) + (1 - \mu_{\tau_i}(\omega))}, \mu_{z_2}(u) > \mu_{\tau_i}(\omega), i = \overline{2,5}. \end{cases}$$

3.2 Удосконалення методу формування рішення щодо вибору виду транспорту для перевезень у межах ПЛП ТБГ, з використанням нечіткої математики

Одним з головних чинників, що визначають ефективність функціонування ПЛП ТБГ, є раціональна організація перевезень всередині ланцюга. Ключова роль транспортування в логістиці ПЛП ТБГ пояснюється не тільки великою питомою вагою транспортних витрат у загальному складі логістичних витрат, але й тим, що без транспортування неможливе саме існування ланцюга поставок.

Значна частина логістичних операцій у ПЛП ТБГ від первинного джерела сировини до кінцевого споживача здійснюється із застосуванням різних транспортних засобів. Витрати на виконання цих операцій складають до 50% від суми загальних витрат на логістику [1, 2].

На вибір транспортного засобу при формуванні ПЛП впливає: характер вантажу (вага, обсяг, консистенція); кількість відправлених партій (використовуваний контейнер); терміновість доставки вантажу замовникові; місцезнаходження пункту призначення з урахуванням погодних, кліматичних, сезонних характеристик; відстань, на яку перевозиться вантаж; цінність вантажу (страхування); близькість розташування точки доставки до транспортних комунікацій; збереження вантажу, невиконання поставок [7].

Таким чином, необхідний синтез нечіткої моделі вибору виду транспорту для забезпечення ефективних перевезень всередині ПЛП ТБГ за критеріями мінімуму транспортних витрат і часу доставки вантажів. Застосування такої моделі для підтримки прийняття рішень менеджерами ПЛП ТБГ надасть змогу знизити ймовірність прийняття ними нераціональних рішень.

Основою вибору виду транспорту, раціонального для конкретного перевезення, служить інформація про характерні особливості різних видів транспорту (автомобільного, залізничного, морського, повітряного).

Розглянемо переваги і недоліки використання транспортних засобів, з точки зору організації ПЛП ТБГ (таблиця 3.3) [3, 8].

Для визначення виду транспорту для перевезення ТБГ необхідне урахування шести головних факторів, що впливають на прийняття рішень: час доставки; вартість перевезення; надійність дотримання графіка доставки вантажу; частота відправлень; здатність перевозити різні вантажі; здатність доставити вантаж у будь-яку точку.

У процесі здійснення закупівель і доставки матеріальних ресурсів всередині ПЛП ТБГ, а також дистрибуції готової продукції споживачам фокусна компанія може використовувати різні види транспорту, різних логістичних партнерів, а також різні варіанти транспортування [4].

Таблиця 3.3 - Переваги і недоліки видів транспорту, які застосовуються у ПЛП ТБГ

Вид транспорту	Переваги	Недоліки
Автомобільний транспорт	а) висока маневреність; б) доставка «від дверей до дверей» з необхідним ступенем терміновості; в) регулярність поставки; г) можливість поставок малими партіями; д) найменш жорсткі вимоги до упаковки товару.	а) висока вартість перевезень; б) терміновість розвантаження; в) можливість розкрадання вантажу і викрадення автотранспорту; г) порівняно мала вантажопідйомність та ін.
Залізничний транспорт	а) перевезення великих партій вантажів за будь-яких погодних умовах; б) порівняно швидка доставка вантажу на велику відстань; в) регулярність перевезень; г) зручна організація вантажно-розвантажувальних робіт; д) порівняно невисока собівартість перевезення вантажів, наявність знижок.	а) мала швидкість пересування; б) обмежена кількість перевізників; в) розкрадання і втрати; г) невелика можливість доставки до пунктів споживання.
Морський транспорт	а) низькі вантажні тарифи; б) висока провізна здатність і ін.	а) низька швидкість; б) обмежена можливість доставки до пунктів споживання; в) жорсткі вимоги до упаковки і кріплення вантажів; г) мала частота відправлень; д) залежність від погодних та навігаційних умов.
Повітряний транспорт	а) найбільш висока швидкість доставки; б) можливість доставки у віддалені райони; в) високе збереження вантажів.	а) високі вантажні тарифи; б) обмеженість розміру партії; в) залежність від метеоумов (призводить до непередбачуваності графіків поставки).

Проведемо вибір раціонального виду транспорту для формування ПЛП ТБГ, вважаючи при цьому критеріями будуть виступати час доставки і вартість доставки. Вибір виду транспорту здійснюватимемо з використанням методів нечіткого моделювання.

Як правило, апарат теорії нечітких відносин використовується при якісному аналізі взаємозв'язків між об'єктами досліджуваної системи, коли зв'язки носять дихотомический характер і можуть бути проінтерпретовані в термінах "зв'язок присутній", "зв'язок відсутній", або коли методи кількісного аналізу взаємозв'язків з яких-небудь причин не застосовуються і взаємозв'язку штучно приводяться до дихотомическому увазі. Наприклад, коли величина зв'язку між об'єктами приймає значення з рангової шкали, вибір порога на силу зв'язку дозволяє перетворити зв'язок до необхідного виду.

Оскільки кожне нечітке відношення являє собою нечітку множину, то стосовно нечітких відносин виявляються справедливими всі операції, які застосовують для нечітких множин. Над нечіткими відносинами виконуються операції алгебраїчного множення (формула (3.13)) і алгебраїчна сума (формула (3.14)) [15].

$$\mu_{Q \cdot R}(x, y) = \mu_Q(x, y) \times \mu_R(x, y), \quad (3.13)$$

$$\mu_{Q+R}(x, y) = \mu_Q(x, y) + \mu_R(x, y) - \mu_Q(x, y) \cdot \mu_R(x, y) \quad (3.14)$$

де: $\mu_Q(x, y)$ – функція приналежності відношення Q ;

$\mu_R(x, y)$ – функція приналежності відношення R .

Нехай Q та R – кінцеві або нескінченні бінарні нечіткі відносини. Причому нечітке відношення $Q = \{ \langle x_i, x_j \rangle, \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle) \}$ задано на декартовому добутку універсумів $X_1 \times X_2$, а нечітке відношення $R = \{ \langle x_j, x_k \rangle, \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle) \}$ – на декартовому добутку універсумів $X_2 \times X_3$.

Нечітке бінарне відношення, задане на декартовому добутку $X_1 \times X_3$ і позначається через $Q \times R$, називається композицією бінарних нечітких відносин Q та R , а його функція приналежності визначається наступним виразом [15]:

$$\mu_{Q \times R}(\langle x_i, x_k \rangle) = \max_{x_j \in X_2} \{ \min \{ \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle), \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle) \} \}, \quad (3.15)$$

$$(\forall \langle x_i, x_k \rangle \in X_1 \times X_3).$$

Зазвичай, композицію бінарних нечітких відносин називають (max-min) - композицією або згорткою нечітких відносин, її також можна записати в наступному вигляді [15]:

$$\mu_{Q \times R}(\langle x_i, x_k \rangle) = \bigvee_{x_j} (\mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle) \wedge \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle)). \quad (3.16)$$

Для (max-min) - композиції відносин Q та R операцію \wedge можна замінити будь-якою іншою, якщо для неї існують ті ж обмеження що і для \wedge : асоціативність і монотонність по кожному аргументу. Тоді:

$$\mu_{Q \times R}(\langle x_i, x_k \rangle) = \bigvee_{x_j} (\mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle) \times \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle)). \quad (3.17)$$

Зокрема, операція \wedge може бути замінена алгебраїчним множенням, тоді говорять про (max-prod) - композицію.

Наведені вище можливості, що надає при моделюванні бізнес процесів математичний апарат нечіткої логіки, дозволяє реалізувати низку задач управління процесами ЖЦ ПЛП ТБГ, зокрема, задачу обґрунтування вибору виду транспорту для перевезень вантажів у межах ланцюга.

3.3 Ілюстративний приклад формування рішення щодо вибору виду транспорту при організації поставок сухофруктів у межах ПЛП, із застосуванням нечіткої логіки

Здійснимо вибір виду транспорту для поставки сировини і матеріалів від постачальників сировини до виробника (фокусної компанії) одного з типових різновидів ТБГ -сухофруктів. З цією метою побудуємо нечітку модель, засновану на двох бінарних нечітких відносинах S та T . Перше з цих нечітких відносин будується на двох базисних множинах X та Y , а друге - на двох базисних множинах Y та Z . Тут X описує множину видів транспорту, за якими може бути здійснене перевезення, Y – множина варіантів транспортувань, а Z – множина факторів, які характеризують перевезення. Нечітке відношення S змістовно описує зв'язок виду транспорту з варіантом транспортування, а T описує оцінку різних варіантів транспортування по кожному з факторів.

Для конкретності:

а) $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$;

б) $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6\}$;

в) $Z = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6\}$.

Елементи універсумів мають наступний змістовний сенс:

а) x_1 – «залізничний транспорт», x_2 – «автомобільний транспорт», x_3 – «річковий транспорт», x_4 – «трубопровідний транспорт», x_5 – «повітряний транспорт», x_6 – «морський транспорт»;

б) y_1 – «унімодальна», y_2 – «змішана», y_3 – «комбінована», y_4 – «інтермодальна», y_5 – «термінальна», y_6 – «мультимодальна»;

в) z_1 – «час доставки», z_2 – «частота відправлень», z_3 – «надійність дотримання графіків», z_4 – «здатність перевозити різні вантажі», z_5 – «здатність перевозити вантажі в будь-яку географічну точку», z_6 – «вартість перевезення».

Конкретні значення функцій приналежності $\mu_S(\langle x_i, y_j \rangle)$ та $\mu_T(\langle y_j, z_k \rangle)$ розглянутих нечітких відносин представлені таблицями 3.4 і 3.5.

Матриці цих нечітких відносин мають вигляд:

$$M_S = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,7 & 0,3 & 0,2 & 0,3 & 0,3 \\ 0,1 & 0,8 & 0,8 & 0,3 & 0,7 & 0,5 \\ 0,8 & 0,7 & 0,8 & 0,3 & 0,3 & 0,3 \\ 0,3 & 0,3 & 0,2 & 0,2 & 0,2 & 0,2 \\ 0,8 & 0,3 & 0,4 & 0,3 & 0,3 & 0,3 \\ 0,1 & 0,8 & 0,9 & 0,4 & 0,7 & 0,5 \end{bmatrix},$$

$$M_T = \begin{bmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,4 & 0,3 & 0,3 & 0,3 \\ 0,4 & 0,6 & 0,5 & 0,7 & 0,3 & 0,5 \\ 0,3 & 0,7 & 0,7 & 0,9 & 0,3 & 0,6 \\ 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,8 & 0,9 & 0,7 \\ 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,8 & 0,9 & 0,8 \\ 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,8 & 0,9 & 0,7 \end{bmatrix}$$

Таблиця 3.4 - Матриця нечітких відносин S

Тип транспорту	Варіанти транспортування					
	Унімодальна	Змішана	Комбінована	Інтермодальна	Термінальна	Мультимодальна
Залізничний	0,5	0,7	0,3	0,2	0,3	0,3
Річковий	0,1	0,8	0,8	0,3	0,7	0,5
Автомобільний	0,8	0,7	0,8	0,3	0,3	0,3
Трубопровідний	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Повітряний	0,8	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
Морський	0,1	0,8	0,9	0,4	0,7	0,5

Таблиця 3.5 - Матриця нечітких відносин T

Варіанти транспортування	Фактори, що характеризують перевезення					
	Час доставки	Частота відправлень	Надійність дотримання графіків	Здатність перевозити різні вантажі	Здатність перевозити вантажі в будь-яку географічну точку	Вартість перевезення
Унімодальна	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3
Змішана	0,4	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5
Комбінована	0,3	0,7	0,7	0,9	0,3	0,6
Інтермодальна	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,7
Термінальна	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,8
Мультимодальна	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,7

Оскільки аналізовані нечіткі відносини задовольняють формальним вимогам, необхідним для виконання їх нечіткої композиції згідно з формулою (3.16), результат операції нечіткої композиції цих відносин може бути представлений у вигляді матриці результуючого нечіткого відносини:

$$M_{S \times T} = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,6 & 0,5 & 0,7 & 0,3 & 0,5 \\ 0,4 & 0,7 & 0,7 & 0,8 & 0,7 & 0,7 \\ 0,8 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,3 & 0,6 \\ 0,3 & 0,3 & 0,3 & 0,3 & 0,3 & 0,7 \\ 0,8 & 0,6 & 0,4 & 0,4 & 0,3 & 0,3 \\ 0,4 & 0,7 & 0,7 & 0,9 & 0,7 & 0,7 \end{bmatrix}.$$

Представимо нечітку композицію двох вихідних нечітких відносин у вигляді таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Композиція нечітких відносин

Тип транспорту	Фактори, що характеризують перевезення					
	Час доставки	Частота відправлень	Надійність дотримання графіків	Здатність перевозити різні вантажі	Здатність перевозити вантажі в будь-яку географічну точку	Вартість перевезення
Залізничний	0,5	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5
Водний	0,4	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
Автомобільний	0,8	0,7	0,7	0,7	0,3	0,6
Трубопровідний	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7
Повітряний	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3
Морський	0,4	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7

Розглянемо, яким чином виходить одне зі значень функції приналежності композиції, наприклад, значення $\mu_{S^*T}(\langle x_1, z_1 \rangle) = 0,5$. Спочатку знайдемо мінімальні значення функції приналежності всіх пар елементів першого рядка таблиці 3.4 і першого стовпця таблиці 3.5:

$$\min\{0,5 \ 0,8\} = 0,5; \quad \min\{0,7 \ 0,4\} = 0,4; \quad \min\{0,3 \ 0,3\} = 0,3; \quad \min\{0,2 \ 0,4\} = 0,2; \quad \min\{0,3 \ 0,4\} = 0,3; \quad \min\{0,3 \ 0,4\} = 0,3.$$

Після цього знайдемо максимальне з 6 отриманих значень, яке і буде є шуканим значенням функції приналежності:

$$\mu_{S^*T}(\langle x_1, z_1 \rangle) = \max\{0,5 \ 0,4 \ 0,3 \ 0,2 \ 0,3 \ 0,3\} = 0,5.$$

Решта значень функції приналежності знаходяться аналогічно.

Таблиця 3.6 показує оцінку видів транспорту по низці факторів. Проаналізувавши отриманий результат, можна обрати транспорт для перевезення у межах ПЛП ТБГ, оскільки основними критеріями оптимальності були обрані час доставки і вартість доставки, найбільш підходящим буде, в даному випадку,

використання автомобільного транспорту, оскільки функції приналежності рівні $\mu_{S*T}(\langle x_3, z_1 \rangle) = 0,8$, $\mu_{S*T}(\langle x_3, z_6 \rangle) = 0,6$, відповідно.

Для підтвердження отриманого результату, можна застосувати альтернативну операцію композиції двох бінарних нечітких відносин (max-prod) - композиції (формула (3.17)). Результат операції нечіткої композиції представлений у вигляді таблиці 3.7.

Дотримуючись загальних рекомендацій прикладного системного аналізу щодо принципу багатомодельності, можна зробити наступний висновок. При використанні різних моделей отримані однакові результати; цей факт свідчить про наявність сталого зв'язку або закономірності між окремими елементами моделей. Стосовно до розглянутих нечітких моделей, збіг результатів, отриманих на основі операцій (max-min) - композиції і (max-prod) - композиції, дає підставу для більш впевнених висновків щодо вибору автомобільного виду транспорту для транспортування сухофруктів від виробника до оптового покупця.

Таблиця 3.7 - Нечітка (max-prod) - композиція двох нечітких відносин

Тип транспорту	Фактори, що характеризують перевезення					
	Час доставки	Частота відправлень	Надійність дотримання графіків	Здатність перевозити різні вантажі	Здатність перевозити вантажі в будь-яку географічну точку	Вартість перевезення
Залізничний	0,40	0,42	0,35	0,49	0,27	0,35
Водний	0,32	0,56	0,56	0,72	0,63	0,56
Автомобільний	0,64	0,56	0,56	0,72	0,27	0,48
Повітряний	0,64	0,48	0,32	0,36	0,27	0,24
Морський	0,32	0,63	0,63	0,81	0,63	0,56

3.4. Висновки по розділу 3

1. Досліджено особливості застосування математичного апарата нечіткої логіки при організації інформаційної підтримки бізнес процесів у межах ПЛП, на прикладі вибору маршруту перевезення, виходячи із оцінювання поточного стану дорожнього покриття.

2. Описано метод нечіткого визначення раціонального виду транспорту для перевезення товарів бакалійної групи у межах ПЛП, по критеріям мінімуму часу та вартості доставки.

3. Розглянуто ілюстраційний приклад використання нечіткої моделі для обґрунтування рішення про застосування автомобільного транспорту для перевезення товарів бакалійної групи у межах ПЛП.

4. Описана прикладна інформаційна технологія підтримки прийняття рішень щодо організації ПЛП товарів бакалійної групи.

Результати опубліковано у [17-19].

3.5. Література до розділу 3

1. Crainic, T.G., Dejax, P.J., Delorme, L. Models for Multimode Multicommodity Location Problems with Interdepot Balancing Requirements. // *Annals of Oper. Res.* – 1989. – 18. – P. 279-302.

2. Crainic, T.G., Delorme, L. Dual-Ascent Procedures for Multicommodity Location-Allocation Problems with Balancing Requirements. // *Transp. Sci.* – 1995. – 27(2). – P. 90-101.

3. Бочкарев А.А. Планирование и моделирование цепи поставок: Учебно-практическое пособие. – М.: Альфа-Пресс, 2008. – 192с.

4. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска. – М.: Вершина, 2006. - 376с.

5. Вагнер М. Штефан. Управление поставщиками / Пер. с нем. Под ред.

А.Г. Ахметзянова. – М.: КИА центр, 2006. 128с. (Библиотека логиста).

6. Беспалов Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. – М.: Вершина, 2007. – 384с.

7. Геррами В.Д., Колик А.В. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики. Учебник - М.: Юрайт., 2015. – 512 с.

8. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика. Интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок: Учебник для МВА / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2014. – 944 с.

9. Корпоративная логистика в вопросах и ответах. / Под ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017.

10. Безгубова Ю.О. Модели программных агентов в задачах информационного поиска // Славянский форум. 2015. № 2(8). С. 41-49.

11. Маркелов В.М. Применение мультиагентных систем для управления логистическими системами // Славянский форум. 2014. № 2 (6). С. 82-87.

12. Лукинский В.С., Шульженко Т.Г. Моделирование временных составляющих логистического цикла при реализации технологии «точно в срок» // V Всероссийская научно- практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика», Т.II. – СПб. – 2011. – С. 145–151.

13. Батыршин И.З., Недосекин А.О., Стецко А.А., Тарасов В.Б., Язенин А.В., Ярушкина Н.Г. Нечеткие гибридные системы: Теория и практика / Под ред. Н.Г. Ярушкиной . – М.: Физматлит, 2007. – 208 с.

14. Wang L.X. Design and analysis of fuzzy identifiers of nonlinear dynamic systems. IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 40, № 1, pp. 11-23.

15. Yao C.C., Kuo Y.H. A fuzzy neural network model with three-layered structure. Proceeding of the International Conference FUZZ-IEEE/IFES'95, vol. 3. Yokohama, Japan, pp. 1503-1510.

16. Прикладные нечеткие системы / Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи и М.

Сугено: Пер. с япон. Ю.Н. Чернышова– М.: Мир, 1993. – 368 с.

17. Рахими Я. Нечеткое моделирование транспортной составляющей полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими, И.В. Шостак, Е.И. Феоктистова // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2018. – Вип. 3(49). – С. 83-87.

18. Rahimi Y. Organization the information support of full logistic supply chains within the industry 4.0 / Y. Rahimi, I. Matyshenko, R. Kapitan, Y. Pronchakov // International Journal for Quality Research. – 2020. – №14(4), P. 1279–1290.

19. Підгорний М.В. Моделі інформаційної підтримки повних ланцюгів постачань / М.В. Підгорний, О.Ю. Лук'янченко, Я. Рахімі // Міжнародна науково-технічна конференція «Поліпшення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин». – К.: НТУ, 2021. – С.10.

РОЗДІЛ 4

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МЕЖАХ ПОВНОГО ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ ТОВАРІВ БАКАЛІЙНОЇ ГРУПИ НА ТИПОВОМУ ЛОГІСТИЧНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

4.1 Удосконалення засобів імітаційного моделювання бізнес-процесів в ПЛП ТБГ на основі технології мультиагентних систем

У попередніх розділах дисертації показано, що головною проблемою в забезпеченні успішного функціонування ПЛП ТБГ є різні види невизначеності, що має місце при формуванні та прийнятті рішень учасниками ПЛП ТБГ. У даному розділі містяться пропозиції щодо модернізації математичного та інформаційного забезпечення ПЛП ТБГ шляхом доповнення поширеного на даний час середовища моделювання AnyLogic засобами штучного інтелекту та інженерії знань. В якості такого засобу запропоновано використовувати технологію мультиагентних систем (МАС). Застосування технології МАС забезпечить можливість адекватного представлення в середовищі AnyLogic динаміки функціонування ПЛП з огляду на велику кількість різнорідних чинників, що змінюються в часі, і які безпосереднім чином впливають на ефективність функціонування ПЛП.

В існуючих на даний момент варіантах реалізації ПЛП в якості основного засобу комп'ютерної підтримки застосовується середовище візуального моделювання AnyLogic, в якому створення графічних моделей реалізується на об'єктно-орієнтованій мові Java. Цим AnyLogic відрізняється від більшості інструментів моделювання, в яких застосовуються спеціалізовані мови, що розроблені для роботи тільки з конкретним інструментом.

До переваг розробки системно-динамічних моделей в середовищі AnyLogic, у порівнянні з використанням універсальних мов програмування, слід також

віднести використання графічної нотації моделей, автоматичне визначення залежностей між параметрами, а також їх класифікація в термінах системної динаміки.

Будь-який об'єкт моделі, що розробляється в AnyLogic, являє собою клас на мові Java, при цьому користувач може додати в модель свої класи, перевизначати методи базових класів, використовувати базові та розробити свої бібліотеки класів і т.п. За моделлю, представленої в графічному редакторі, AnyLogic генерує Java-програму, з якою працює написаний на Java «двигжок». При побудові моделі в AnyLogic розробник, фактично, створює Java-класи активних об'єктів і визначає відносини між ними. Під час реалізації модель являє собою ієрархію екземплярів активних об'єктів. Зібрана модель може працювати локально, на одному комп'ютері, або ж користувач може одним кліком миші побудувати Java-аплет, який можна запустити під управлінням браузера. Основною сутністю в моделі, що розробляється в середовищі AnyLogic, є активний об'єкт. Активний об'єкт має внутрішню структуру й поведінку, він може містити у собі, як елементи, інші активні об'єкти. Структура активного об'єкта визначає, з яких елементів він складається, і які зв'язки існують між інкапсульованими об'єктами. Поведінка, власне, визначає реакції активного об'єкта на зовнішні події - логіку його дій в часі. Число рівнів вкладеності об'єктів структури, і вкладеність станів, представлених в картах станів довільні, що дозволяє відображати в моделях поставок сухофруктів структурну і поведінкову ієрархію ПЛП.

У середовищі AnyLogic 6 існує клас Logger, що надає зручний програмний інтерфейс для запису логів моделі в текстові файли. Використання текстових файлів для запису логів дає можливість скоротити час запису даних в 40-60 разів у порівнянні з записом в Excel-файли і бази даних (наприклад, запис 100000 рядків по 5 чисел в рядку займає 60 секунд при використанні Excel-файлу і 1 секунду при використанні текстового файлу). У задачі з моделювання ПЛП ТБГ необхідні наступні логи: лог переміщень сировини і готової продукції між ланками логістичного ланцюга; лог залишків товарів на складах по датах; лог розміщених

замовлень на постачання ТБГ від дистриб'юторів; лог розміщених замовлень на поповнення складів, лог виконаних замовлень на поставку від дистриб'юторів.

Разом з тим, середовище AnyLogic 6 має недостатньо розвинену функціональність в аспекті синтезу логістичних моделей, які б адекватно відображали процеси поставок ТБГ з урахуванням великої кількості різномірних чинників, що мають високу динаміку зміни в часі. З огляду на зазначене вище, доцільним видається інтеграція AnyLogic 6 з особливим чином побудованою багатоагентною системою. Під інтелектуальним агентом прийнято розуміти об'єкт, що має внутрішню поведінку і можливість взаємодіяти з іншими агентами. Кожен агент має неповну інформацію, або недостатні можливості для виконання спільного завдання, і у відсутності централізованого управління повинен виконати її в кооперації з іншими агентами. Моделювання багатоагентних систем застосовується у даний час при аналізі соціальних процесів, процесів урбанізації і навіть при дослідженні ринку шляхом аналізу потреб різних соціальних груп. Існують кілька інструментальних засобів, що підтримують моделювання в цій галузі.

Моделювання багатоагентних систем [1-3] не суперечить ідеології AnyLogic, оскільки основною ідеєю в AnyLogic є те, що модель складається з активних об'єктів, кожен з яких має свою поведінку, причому об'єкти взаємодіють між собою через явно певні інтерфейси. Виходячи з наведених вище міркувань, Агентно підхід до побудови моделей в середовищі AnyLogic дасть можливість підвищити ефективність функціонування ПЛП в частині адекватності представлення поведінки елементів ланцюга і конфліктів, що виникають при взаємодії цих елементів.

Діаграма розробки повного логістичного ланцюга S з урахуванням інформації про всі вхідні в неї ланки, формально представляється набором об'єктів $G_S = \langle A_S, D_S, C_D, T_A, E_D, P_E, A_T, A^D, C^D, D^E, E^P \rangle$ і діаграмою, що відображає їх взаємодію (рисунки 4.1).

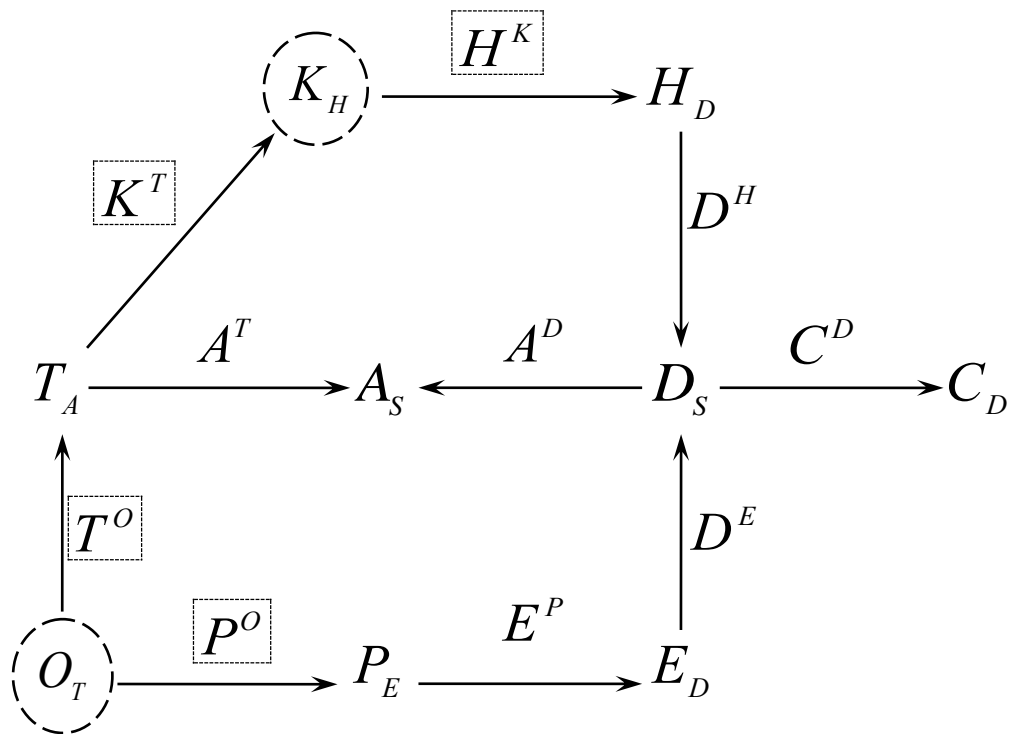


Рисунок 4.1 - Діаграма функціонування ПЛП ТБГ з урахуванням інформації про виробництво сировини

При цьому використані наступні позначення:

H_D – декартовий добуток множин характеристик різних видів ТБГ, які входять до загального обсягу поставки по кожному виду в межах заданої номенклатури,

$$H_D = \bigcup_i (H_i \times H_j), i \neq j;$$

D_H – сюр'єктивне відображення множини характеристик імпортованих ТБГ на їх номенклатуру;

K_H – множина сукупностей характеристик товарів, віднесених до ознак потенційних колізій в поставках;

$H^K: K_H \subset H_D$ – виділені ознаки потенційних колізій;

K_T – відображення, яке виділяє ознаки потенційних колізій з усіх сукупностей характеристик ТБГ в залежності від вимог до конкретної партії поставок;

O_T – обмеження, які накладаються на параметри окремих видів ТБГ (бієктивне відображення P_O) в залежності від вимог до партії в межах конкретної поставки (відображення T_O) – є «технічним станом поставки».

Ознака існування колізії – $P^O(O_i) \neq P_j$ при $E^P(P_j) = E_k, D^E(E_k) = D_m, A^D(D_m) = A_r, A^T(T_g) = A_r, T^O(O_i) = T_g$, тобто розбіжність обмеження і параметрів конкретного виду ТБГ при включенні його в партію поставки, яка і визначає ці обмеження.

Множина K_H формується на основі досвіду і знань експерта, який за певними ознаками, при формуванні партії товару, може передбачити появу колізії в майбутньому в різних ланках ПЛП ТБГ.

Множина O_T , по суті, є множиною координуючих рішень, оскільки воно являє собою обмеження, які необхідно накласти на параметри деяких видів товарів, що входять в партію поставки, для реалізації повного логістичного ланцюга.

Множина K_H є результатом дій першого агента-розпізнавача колізій у створюваній ПЛП.

Факт наявності або відсутності P_O є результатом роботи другого агента-розпізнавача у логістичному ланцюзі.

Відображення K^T та H^K являють собою залежності, використовувані першим агентом-розпізнавачем для виявлення потенційних колізій. Характер цих відображень може бути знаннями, в разі неможливості побудови аналітичної залежності для виділення ознак потенційних колізій із загальної множини ознак видів ТБГ у партії, що формується, а також залежності для формування самого рішення.

Для прикладу, такими ознаками можуть бути: приналежність в рамках одного виду товару (наприклад, родзинок) до різних сортів винограду, використаного в якості вихідної сировини; підвищені вимоги до окремих параметрів, зазначені в запиті на поставку - питомий вміст води, цукру та ін.

Відображення P_o являє собою знання, які використовуються другим агентом-розпізнавачем для перевірки реального існування колізії.

Відображення T_o являє собою знання, які використовуються координатором для формування координуючого рішення щодо виявленої колізії.

Множини ознак, а також видів координуючих рішень, є результатом аналізу предметної області «Транспортна логістика ТБГ», вони є невеликими за своєю потужністю (порядку 10-20). Знання про формування цих множин можуть бути отримані як шляхом аналізу існуючих ланцюгів поставок, так і шляхом придбання знань експертів. Отже, робота координатора зводиться до вибору раціонального варіанта координуючого рішення за умови вимог, що накладаються запитом на поставку.

Робота агента-розпізнавача полягає у виділенні сукупностей ознак товарів, що входять в партію поставки в залежності від вимог, що визначаються запитом на поставку. Множина ознак потенційних колізій для предметної області «Поставки ТБГ в Україну» також є доступною для розгляду множиною, яка також може бути отримана шляхом надбання експертних знань у досвідчених логістів.

Інтелектуальна підтримка формування координуючих рішень полягає в розпізнаванні потенційної колізії, перевірці реального існування колізії та видачі відповідного координуючого рішення.

Перевірка реального існування неузгодженості необхідна, з огляду на певну специфіку виділених ознак потенційних колізій, оскільки ці ознаки можуть утворити велику за потужністю множину видів сировини та готових ТБГ, для яких уже передбачено заходи щодо узгодження параметрів до вимог запити на поставку.

Таким чином, використовуючи описану вище модель ПЛП, можна формально записати метод формування координуючих рішень при створенні повного логістичного ланцюга поставок ТБГ наступною послідовністю кроків:

1. Для кожної з операцій G_S формування партії поставки S виділити (використовуючи відображення K_H) ознаки наявності потенційних колізій $H^K: K_H \subseteq H_D$ і сформуванати конфліктну множину логістичних операцій з A_S .

2. Визначити тип кожної потенційної колізії. Сформуванати два підмножини - ознак вирішуваних K_H^* і нерозв'язних K_H^- в автоматизованому режимі колізій. Для нерозв'язних колізій виконати запит до ОПР для формування можливих координуючих рішень.

3. Для кожної можливо колізії K_H^* , яку можливо розв'язати, визначити задіяні в колізії види товарів (підмножина $D_S = f^{-1}(K_H^*)$ як повний прообраз ознак вирішуваних колізій).

4. Шляхом аналізу запиту на поставку (елементи множини C^D), попередньо визначити ланку у складі ПЛП для кожного виду товару, задіяного в колізії, і відповідний розпізнавач.

5. Сформуванати необхідні обмеження O_T для вимог логістичної операції з множини A_S .

6. Здійснити перевірку реального існування колізії, виконавши запит до відповідного засобу розв'язання (визначити істинність $P^O(O_i) = P_j$).

7. У разі існування колізії (якщо $P^O(O_i) \neq P_j$) - визначити метод її вирішення за існуючою, апріорно створеною базою знань розв'язання типових колізій.

8. Сформуванати координуюче рішення (з множини O_T) для кожної виявленої колізії, видати його ОПР рішення і занести рішення в репозиторій прецедентів.

Кожен із кроків методу може бути конкретизований відповідним чином при його алгоритмічній і програмній реалізації.

Виділення ознак наявності потенційних колізій - вкладене у поведінку агента-розпізнавача, воно не показано на рисунку 4.1. Аналогічно, етап перевірки існування колізії так само не відображений на діаграмі (рисунок 4.1).

Послідовність дій на кожному кроці буде відрізнятися, в залежності від способу реалізації методу, особливостей програмної платформи, обраної за основу, а також від організації інтерфейсної частини діалогової системи підтримки прийняття рішень по функціонуванню ПЛП.

Даний метод надасть змогу виявляти потенційні колізії за ознаками товарів, що входять в партію поставки, і вимог, що містяться в запиті на поставку. У разі виникнення колізії метод дасть можливість сформулювати координуюче рішення, яке усуне ймовірне у майбутньому неузгодженість, та забезпечить ліквідність партії товару при виконанні умов запиту на поставку.

Для формування бази знань можуть бути використані стандартні методи придбання знань, як по існуючим рішенням, використовуючи їх в якості навчальної вибірки, так і шляхом застосування методів вилучення знань експертів.

Використовувані методи вирішення колізій засновані на так званому методі компенсації, тобто відмові від виконання будь-яких операцій в логістичній мережі, або на зміну параметрів таких елементів як вид товару, з метою подальшого, безперешкодного виконання логістичних операцій з цими елементами, при формуванні партії поставки ТБГ.

4.2 Розробка нечіткої експертної системи підтримки прийняття рішень щодо організації повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи

В даному підрозділі описаний процес розробки експертної системи для підтримки прийняття рішень учасниками повного логістичного ланцюга поставок ТБГ в Україну. Показано, що одним з найбільш важливих факторів, що визначають ефективність функціонування такого ПЛП, є вибір раціональних

маршрутів доставки сировини, супутніх матеріалів і готової продукції в рамках даного ланцюга. Проаналізовано показники, які необхідно враховувати при підборі транспортного засобу - розташування кінцевих пунктів доставки, габаритів і ваги вантажу, інших його характеристик, а також показники, що визначають раціональність маршруту - можливі зупинки для харчування та ночівлі водіїв, наявність пунктів митного контролю та дорожні умови (стан покриття, ширина дорожнього полотна, погодні умови, що впливають на стан дороги, обмеження швидкісного режиму на окремих ділянках маршруту). В результаті аналізу встановлено нечіткий характер зазначеної інформації, запропоновано розробити спеціалізовану експертну систему (ЕС), що реалізовує нечіткий висновок на знаннях. Для розробки такої ЕС використане середовище MATLAB (пакет Fuzzy Logic Toolbox) .В технічному аспекті, для формування рішень в експертній системі, застосовано правило Мамдані, а для дефаззифікації результату - метод центру тяжіння. Наведено приклад обґрунтованого вибору найбільш раціонального маршруту з двох можливих варіантів.

Одним з головних чинників, що визначають ефективність функціонування ПЛП ТБГ, є раціональна організація перевезень всередині ланцюга. При цьому виникає важливе завдання визначення раціонального маршруту доставки вантажів в рамках такої ПЛП, з огляду на велику кількість різнорідних чинників, що впливають на собівартість перевезень і чіткого дотримання їх графіка.

Для аналізу ефективності логістичних маршрутів на даний час існує велика кількість різних моделей і методів, вибір конкретних засобів залежить від чинників, що описують динамічність функціонування конкретного варіанту реалізації ланцюга.

Концепція побудови ПЛП ТБГ передбачає комплексне представлення процесів, починаючи від виробництва сировини і охоплює всіх постачальників товарів, послуг і інформації, що додають цінність для споживачів і інших зацікавлених осіб. Таким чином, ефективне функціонування ПЛП ТБГ передбачає інтеграцію ключових бізнес-процесів: управління взаємовідносинами зі

споживачами; обслуговування споживачів; аналізу попиту; управління виконанням замовлень; забезпечення виробничих процесів; управління постачанням. При цьому основним механізмом підвищення ефективності функціонування ПЛП ТБГ є мінімізація виробничих витрат в тому числі, і за рахунок зниження вартості перевезень, при дотриманні принципу «just-in-time».

Виходячи із зазначених вище обставин, ефективність функціонування ПЛП ТБГ може бути підвищена за рахунок застосування спеціалізованої експертної системи, з реалізацією нечіткого виведення на знаннях, для підтримки прийняття рішень по вибору раціонального маршруту в рамках створення повного логістичного ланцюга поставок ТБГ в Україну, в режимі «just-in-time». Застосування такої системи при формуванні ПЛП надасть змогу підвищити ефективність бізнес процесів в ланцюзі за рахунок зниження фінансових і часових витрат, зокрема, забезпечення своєчасної доставки ТБГ для реалізації українським споживачам. Зазначений ефект буде досягнутий за рахунок зниження ризику прийняття помилкових рішень логістами при організації перевезень у межах ПЛП ТБГ.

Вирішення завдання вибору виду транспорту само по собі не може забезпечити ефективність процесів транспортування у межах ПЛП; на якість і швидкість перевезення безпосередньо впливає раціональний вибір маршруту. Збереження вантажу і витяг максимального прибутку на практиці досягають за допомогою складання раціонального маршруту проходження. При складанні раціонального маршруту необхідний облік розташування кінцевого пункту доставки, габаритів і ваги вантажу, а також його характеристик. З урахуванням зазначених параметрів підбирається транспортний засіб, доцільний для перевезення.

В ході проектування ПЛП ТБГ повинен бути складений маршрут прямування, в якому враховані можливі місця зупинок для харчування та ночівлі водія, так і пункти митного контролю. Крім того, необхідний облік стану дорожнього покриття та перетин кордонів інших держав. Крім того, беруться до

уваги особливості кожного регіону на шляху проходження вантажу. Необхідно враховувати також ширину дороги і погодні умови, що впливають на стан дороги. Для забезпечення доставки в режимі «just-in-time» повинні бути враховані обмеження швидкісного режиму на окремих ділянках маршруту.

Прийнято виділяти три основних способи перевезення вантажу: маятниковий спосіб (здійснюється між двома пунктами); кільцевої (завантаження-вивантаження здійснюється протягом усього шляху слідування); развозний (розвантаження здійснюється в декількох місцях).

Кільцеві способи перевезення є найбільш вигідними, оскільки на всьому шляху проходження автотранспортний засіб практично не залишається порожнім. При цьому маршрут окупається, а значить, знижується собівартість перевезень. Для маятникових маршрутів необхідний спеціальний розрахунок, щоб машина не залишалася на зворотному шляху порожньою. В цьому випадку можна прорахувати варіанти повернення автотранспорту іншим шляхом з тим, щоб довантажити транспорт і окупити витрати на зворотну дорогу.

У транспортній логістиці будь-який маршрут може бути віднесений до однієї з чотирьох категорій: міські маршрути - здійснюються в межах одного міста або населеного пункту і межі міста не перетинаються; приміські маршрути, які покликані забезпечити зв'язок між містом і пунктами, що знаходяться в радіусі до 50 км від міської межі; міжміські маршрути, що охоплюють всю територію країни; міжнародні маршрути, які передбачають перетин кордонів держави. Міський маршрут планується з урахуванням ранкових і вечірніх пробок в певних районах міста, наявності світлофорів на шляху, що ведуться дорожньо-будівельних робіт. Приміські маршрути повинні враховувати щільність автомобільного потоку на виїзді з міста. При плануванні маршруту міжнародних вантажоперевезень необхідно прорахувати час, яке може бути витрачено при проходженні митного поста, стан дорожнього полотна і правила користування автотрасами за кордоном (за кордоном багато доріг є платними).

При транспортуванні вантажів в рамках ПЛП ТБГ, важливим критерієм виступає час доставки сировини, супутніх матеріалів і готової продукції. Вартість перевезення вантажів включається в собівартість товару, виходячи з цього, має місце пряма залежність між тривалістю маршруту та вартістю товару.

Для вибору раціонального маршруту транспортування доцільно побудувати нечітку модель в середовищі MATLAB і розробити експертну систему, функціонування якої буде здійснюватися на основі нечіткого виведення. Ітеративний режим забезпечений за рахунок застосування пакета Fuzzy Logic Toolbox, що входить до складу середовища MATLAB.

В якості вхідних параметрів системи нечіткого виведення, для визначення раціонального маршруту міжнародного транспортування, розглянемо чотири нечіткі лінгвістичні змінні: погодні умови; якість покриття дорожнього полотна; кількість зустрічаються обмежень швидкісного режиму; час проходження митного поста. При цьому вихідними змінними будуть: час транспортування; вартість транспортування.

Як схеми нечіткого виведення застосовано метод Мамдані, отже, методом активації буде MIN. В якості методу дефазифікації отриманого результату використано метод центру тяжіння.

Для побудови нечіткої моделі вибору раціонального маршруту транспортування припустимо, що всі розглянуті вхідні змінні вимірюють в балах в інтервалі дійсних чисел від 0 до 10, де найнижча оцінка значення кожної з змінних - 0, а найвища - 10.

Терм-множина для першої вхідної лінгвістичної змінної "Погодні умови" (Pogoda): $T_1 = \{\text{“задовільна”, “гарна”, “чудова”}\}$. Для другої вхідної змінної "Якість покриття" (Pokrutie): $T_2 = \{\text{“погане”, “середнє”, “відмінне”}\}$. Для третьої вхідної лінгвістичної змінної "Обмеження швидкості" (Ogran_skorosti) $T_3 = \{\text{“дуже багато”, “багато”, “мало”}\}$. Для четвертої вхідної лінгвістичної змінної

"Проходження митних постів" (Tamozhen_postu): $T_4 = \{\text{"повільно"}, \text{"швидко"}, \text{"дуже швидко"}\}$.

В якості терм-множини першої вихідної лінгвістичної змінної "Час транспортування" (Vrema): $T_5 = \{\text{"відмінне"}, \text{"гарне"}, \text{"середнє"}, \text{"погане"}, \text{"дуже погане"}\}$.

В якості терм-множини другої вихідної лінгвістичної змінної "Вартість транспортування" (Stoimost): $T_6 = \{\text{"дуже низька"}, \text{"низька"}, \text{"середня"}, \text{"висока"}, \text{"дуже висока"}\}$.

Завдання нечіткого моделювання вирішена на основі використання правила Мамдані. При цьому залишені без зміни параметри розроблюваної нечіткої моделі, запропоновані системою MATLAB за замовчуванням: логічні операції (min для нечіткого логічного «І», max для нечіткого логічного «АБО»), метод імплікації (min), метод агрегування (max) і метод дефазифікації (centroid). Потім, в результаті виконання завдання, були визначені функції приналежності термів для кожної з чотирьох вхідних і однієї вихідної змінних розглянутої системи нечіткого виведення. Далі, для розроблюваної експертної системи, була сформована база знань з 30 правил. На рисунку 4.2 показано редактор правил, що входять до складу нечіткої бази знань експертної системи, що викликається функцією ruleedit ('marschrut'). Потім проведено аналіз побудованої системи нечіткого виведення для даної задачі вибору раціонального маршруту транспортування партії ТБГ за міжнародним маршрутом. Шляхом введення значення вхідних змінних для першого варіанту маршруту, отримано значення вхідної змінної «Погодні умови» - 5 балів, значення вхідної змінної «Якість покриття» - 4 бали, значення вхідної змінної «Обмеження швидкості» - 6,8 балів, значення вхідної змінної «Проходження митних постів» - 7 балів.



Рисунок 4.2 - Редактор правил бази нечітких знань експертної системи щодо вибіру раціональних маршрутів перевезень в рамках ПЛП ТБГ

В результаті процедура нечіткого виведення, що реалізована за допомогою системи MATLAB для розробленої нечіткої моделі, видає значення вихідних змінних «Час транспортування» і «Вартість транспортування», що дорівнює 41,5 годин і 12,7 тисяч гривень відповідно. Для другого маршруту значення вхідної змінної «Погодні умови» було оцінено в 5 балів, значення вхідної змінної «якість покриття» - в 7 балів, значення вхідної змінної «Обмеження швидкості» - в 4,5 бала, значення вхідної змінної «Проходження митних постів» - в 3,5 бала. В результаті процедура нечіткого виведення дала можливість отримати значення вихідних змінних «Час транспортування» і «Вартість транспортування», рівне 49,2 години і 15,6 тисяч гривень відповідно.

Проаналізувавши отримані значення вихідних змінних «Час транспортування» і «Вартість транспортування», можна зробити висновок, що здійснювати транспортування вантажів в рамках ПЛП ТБГ вигідніше здійснювати за першим варіантом маршруту.

На рисунку 4.3 показаний процес візуалізації поверхні нечіткого виведення даної моделі для вхідних змінних «Обмеження швидкості» і «Проходження

митних постів». Даний засіб візуалізації дає можливість встановити залежність значень вихідних змінних від значень окремих вхідних змінних нечіткої моделі. Аналіз цих залежностей служить підставою для зміни значень функцій належності вхідних змінних або нечітких правил з метою підвищення адекватності системи нечіткого виведення.

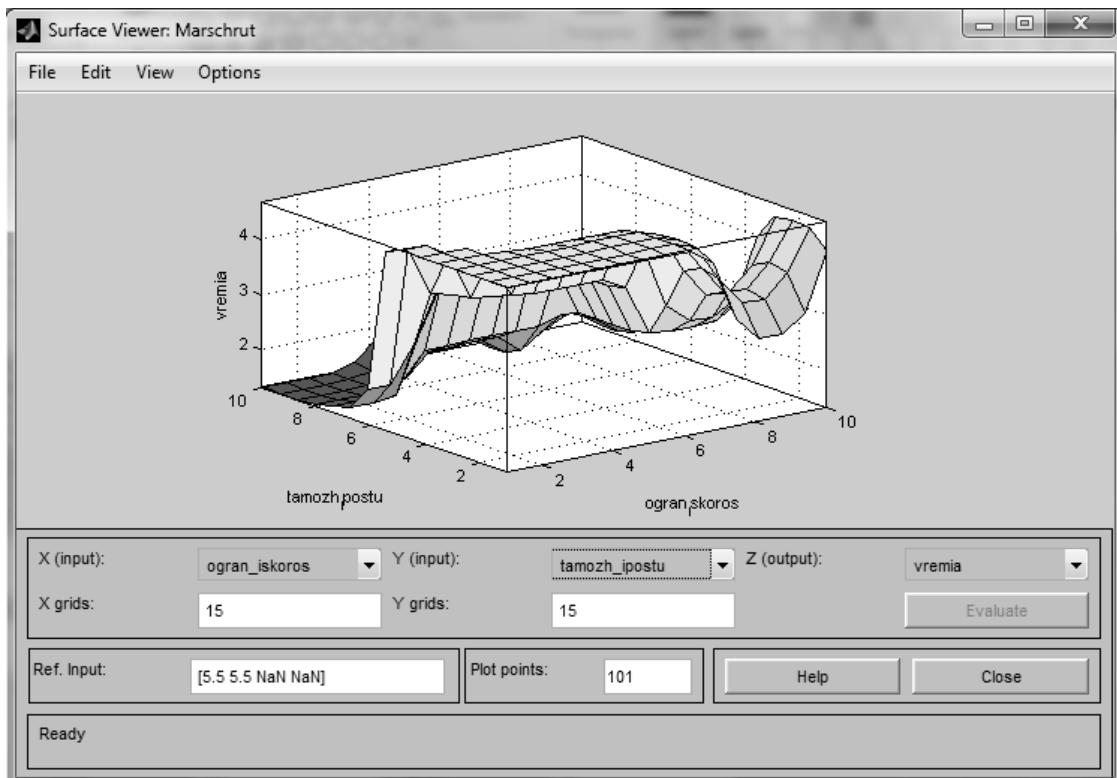


Рисунок 4.3 - Візуалізація поверхні нечіткого виведення для вихідної змінної «Час транспортування»

Адекватність представленої нечіткої моделі є недостатньою, для її більш тонкого її настроювання необхідно застосувати додаткові методики більш оцінки окремих кількісних значень вхідних і вихідних лінгвістичних змінних.

Системи нечіткого виводу, створені за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox, допускають інтеграцію з інструментами пакета Simulink, що дозволяє виконувати моделювання систем в рамках останнього.

Як приклад, на рисунку 4.4 показана модель системи управління вибору раціонального маршруту транспортування всередині ПЛП ТБГ для параметрів {5, 4, 6.8, 7.2}, подібна ж модель була побудована для параметрів {5, 7, 4.5, 3.5}. В

результаті порівняння результатів моделювання було встановлено, що значення вихідних змінних «Час транспортування» і «Вартість транспортування» складають: для першого варіанту маршруту 41,54 години і 12,75 тисяч гривень, для другого варіанту маршруту 49,33 години і 15,62 тисяч гривень. Зазначені результати підтверджують, що для транспортування сухофруктів доцільно використовувати перший варіант маршруту.

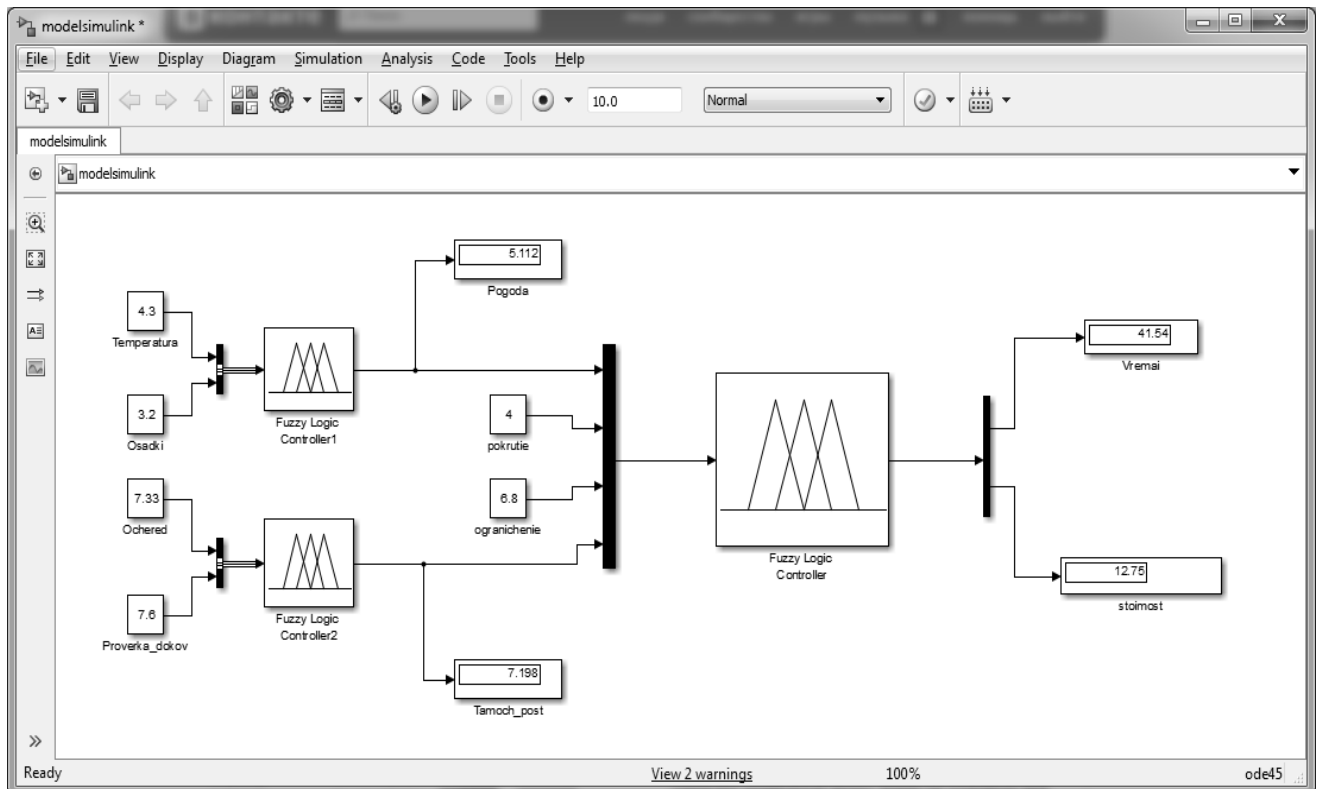


Рисунок 4.4 - Модель системи управління для першого варіанту маршруту транспортування в рамках ПЛП ТБГ

Для ефективного функціонування ПЛП товарів бакалійної групи необхідне рішення задачі вибору раціональних маршрутів транспортування вантажів. Запропоновано варіант вирішення зазначеного завдання шляхом розробки спеціальної експертної системи з нечітким виводом на знаннях, для підтримки прийняття рішень логістами при організації перевезень. Як засіб доставки вантажів в ПЛП ТБГ обраний автомобільний транспорт. Інструментарієм для розробки експертної системи послужив пакет Fuzzy Logic Toolbox, що входить до складу середовища MATLAB.

4.3 Технологія інтеграції сукупності нечітких ЕСППР в єдиний інформаційний простір у межах ПЛП ТБГ

У даному підрозділі розглянуто підхід до модернізації концепції управління ПЛП ТБГ шляхом доповнення її знанняорієнтованими засобами підтримки прийняття рішень. Показано, що існуючі в інженерії знань технології розробки ЕС не ефективні при організації єдиного інформаційного простору в рамках ПЛП. Виходячи із цього, доцільно провести декомпозицію загальної задачі управління бізнес-процесами у ПЛП ТБГ на ряд взаємопов'язаних функціональних підзадач і розробити процедуру синтезу типового блоку підтримки прийняття рішень (БППР) учасниками ПЛП ТБГ в формі ЕС. Суть підходу полягає у поданні процесу управління ПЛП ТБГ у вигляді багатошарової ієрархічної структури завдань, яка може бути реалізована сукупністю взаємопов'язаних типових БППР відповідними учасниками ПЛП ТБГ. При цьому, для кожного типу БППР повинна бути розроблена спеціалізована оболонка ЕС. Застосування обговорюваного підходу на практиці дасть можливість забезпечення гомогенності єдиного інформаційного простору ПЛП ТБГ за рахунок: чіткого позиціонування кожного БППР в загальній структурі управління; широкого застосування типових рішень при синтезі засобів інформаційної підтримки учасників ПЛП ТБГ. Ефективність описаного підходу показана на прикладі реалізації оболонки нечіткої ЕС для завдання вибору раціонального маршруту доставки партій сухофруктів від зарубіжних постачальників оптовим реалізаторам в Україну. Результати дослідження можуть бути використані логістичними компаніями при формуванні раціонального маршруту доставки партії товарів різного призначення від закордонних постачальників в фокусну компанію.

Раціональне управління ПЛП ТБГ являє собою нетривіальну задачу, а саме створення та цілеспрямовану підтримку множини взаємопов'язаних матеріальних, фінансових та інформаційних потоків. Крім того - потоків послуг від джерел вихідної сировини до кінцевого споживача.

Управління ланцюгами поставок неможливо без проведення їх аналізу на різних рівнях - стратегічному, тактичному і оперативному. За своєю природою, ПЛП ТБГ є складною стохастичною системою. Для його функціонування характерні наступні особливості:

- порівняно велике число юридично незалежних учасників бізнес процесів (включаючи митних брокерів);
- важко формалізуємий характер взаємодії між учасниками ПЛП ТБГ, які часто конкурують між собою;
- наявність власної цільової функції у кожного учасника, що суперечить інтересам інших;
- висока динаміка зміни зв'язків усередині ПЛП;
- нестационарність більшості процесів, що мають місце при функціонуванні ПЛП ТБГ.

Зазначені обставини визначають недостатню ефективність існуючого ПЛП і визначають необхідність його модернізації за рахунок розширення концепції SCM (управління ланцюгами поставок) шляхом доповнення її знанняорієнтованими засобами підтримки прийняття рішень. Розробка експертної системи з підтримки прийняття рішень по формуванню ПЛП ТБГ дасть можливість підвищити ефективність бізнес-процесів в ланцюзі за рахунок зниження фінансових і тимчасових витрат, зокрема, забезпечення своєчасної доставки товарів для реалізації споживачам. Зазначений ефект буде досягнутий за рахунок зниження ризику прийняття помилкових рішень логістами при організації перевезень в рамках ПЛП ТБГ.

Одним з головних факторів, що визначають ефективність функціонування ПЛП ТБГ, є раціональна організація перевезень всередині ланцюга. При цьому виникає важливе завдання визначення раціонального маршруту доставки вантажів в рамках ПЛП ТБГ, з огляду на велику кількість різнорідних чинників, що впливають на собівартість перевезень і чіткого виконання їх графіка. Концепція побудови ПЛП ТБГ передбачає комплексне уявлення процесів, починаючи від

виробництва сировини і охоплює всіх постачальників товарів, послуг і інформації, що додають цінність для споживачів й інших зацікавлених осіб. Таким чином, ефективне функціонування ПЛП ТБГ передбачає інтеграцію ключових бізнес-процесів: управління взаємовідносинами з споживачами; обслуговування споживачів; аналізу попиту; управління виконанням замовлень; забезпечення виробничих процесів; управління постачанням. Основним механізмом підвищення ефективності функціонування ПЛП є мінімізація виробничих витрат в тому числі, і за рахунок зниження вартості ереvezень, при дотриманні принципу «just-in-time». Для обслуговування ПЛП до теперішнього часу розроблено велику кількість різних схем, способів і методів, вибір яких залежить від факторів, що описують динамічність функціонування конкретного варіанту реалізації ланцюга.

Світова практика створення, розгортання та підтримки функціонування повних логістичних ланцюгів поставок характеризується порівняно широким впровадженням експертних систем (ЕС) для підтримки прийняття рішень менеджерами різних рівнів корпоративної ієрархії. З іншого боку, існує сталий тренд до створення єдиного інформаційного простору в рамках ПЛП. ЕС на даний час застосовуються на різних стадіях логістичного процесу, полегшуючи рішення проблем, що вимагають значного досвіду і витрат часу. З іншого боку, практика застосування ЕС в логістиці і ланцюгах поставок свідчить про обмеженість останніх, хоч вони і грають важливу роль у фізично розподіленому корпоративному середовищі.

Разом з тим, традиційна технологія створення і розгортання ЕС має ряд принципових недоліків, які перешкоджають ефективному використанню таких систем в комплексній логістиці. По-перше, оболонки ЕС, на базі яких переважно створюються експертні системи, не дають можливості врахувати особливості, що притаманні технології організації повних логістичних ланцюгів поставок, так і специфіку діяльності конкретних логістів. По-друге, використання таких оболонок потребує копіткої роботи по створенню БЗ для кожного учасника ПЛП, число яких обчислюється десятками. Ця обставина перешкоджає комплексної

інформатизації процесів управління ПЛП із застосуванням ЕС. По-третє, ЕС за своєю природою є закритими системами, що вступає в протиріччя з концепцією створення єдиного інформаційного простору в рамках ПЛП ТБГ.

Зазначені вище проблеми можуть бути ефективно вирішені шляхом використання типових спеціалізованих оболонок ЕС як середовищ для побудови повних ПЛП ТБГ, шляхом використання підходу, що описаний у підрозділі __. Цей підхід до управління ЖЦ ПЛП ТБГ з використанням ЕС дає можливість організації й підтримки єдиного інформаційного простору у межах ПЛП ТБГ в формі взаємозалежної сукупності типових блоків підтримки прийняття рішень. При цьому кожен тип буде являти собою оболонку спеціалізованої, відповідно до завдань того чи іншого шару, ЕС.

Процедура розробки оболонки ЕС для обґрунтування вибору раціонального маршруту транспортування вантажів у межах ПЛП ТБГ включає наступні кроки:

1. Синтез нечіткої моделі виведення на знаннях в середовищі MatLab із застосуванням пакета Fuzzy Logic Toolbox.
2. Визначення методів агрегування підумови.
3. Формування терм-множин.
4. Синтез нечіткої моделі виведення на знаннях допомогою графічних засобів системи MATLAB.
5. Визначення функції приналежності термів для вхідних і вихідних змінних моделі нечіткого виведення на знаннях (машини виведення) ЕС.
6. Формування бази знань ЕС у вигляді нечітких правил.
7. Розробка засобів аналізу варіантів маршрутів, які формуються ЕС.
8. Розробка засобів візуалізації результатів функціонування ЕС.

В описаній вище структурі управління шар вибору за обсягом оброблюваної інформації займає домінуюче положення серед всіх шарів прийняття рішень в повному ПЛП ТБГ. Серед підзадач, що реалізуються в цьому шарі, особливу значимість мають ті, що пов'язані з раціональною організацією перевезень всередині ланцюга. Ключова роль транспортування в логістиці ПЛП ТБГ

пояснюється як великою питомою вагою транспортних витрат у загальному складі логістичних витрат так і тим, що без транспортування неможливе саме існування ПЛП ТБГ. У процесі здійснення закупівель і доставки матеріальних ресурсів всередині ПЛП ТБГ виникають завдання, пов'язані з визначенням виду транспорту, різних логістичних партнерів, а також операцій, пов'язаних зі складською логістикою всередині ПЛП ТБГ. Для підзадач, пов'язаних з транспортуванням, як і для інших підзадач, що мають місце в шарі вибору, характерна, в першу чергу, невизначеність, що породжується нечіткістю інформації. Виходячи з цієї обставини, як методичну основу для розробки оболонок відповідних ЕС доцільно застосувати математичний апарат нечіткої логіки.

Описана технологія синтезу, для шару вибору, типового блоку підтримки прийняття рішень у формі оболонки ЕС по вибору типу транспорту для доставки партій ТБГ по різних ланках ПЛП. Вхідними даними для формування ядра ЕС послужили:

- характер вантажу (вага, обсяг, консистенція);
- кількість відправлених партій (використовуваний контейнер);
- терміновість доставки вантажу замовникові;
- місцезнаходження пункту призначення з урахуванням погодних, кліматичних, сезонних характеристик;
- відстань, на яку перевозиться вантаж;
- цінність вантажу (страхування);
- близькість розташування точки доставки до транспортних комунікацій;
- збереження вантажу, невиконання поставок.

При функціонуванні розглянутої ЕС, при обґрунтуванні вибору виду транспорту для перевезення ТБГ враховуються шість головних факторів, що впливають в даному випадку на прийняття рішень: час доставки; вартість перевезення; надійність дотримання графіка доставки вантажу; частота відправлень; здатність перевозити різні вантажі; здатність доставити вантаж у

будь-який вузол ПЛП ТБГ. В якості критеріїв оптимальності при формуванні рішень прийняті час і вартість доставки. У цій же роботі наведено сценарний приклад формування обґрунтованого рішення щодо вибору саме автомобільного транспорту як засобу доставки партії сухофруктів від постачальника оптовому реалізатора.

В рамках даного дослідження розглянута процедура синтезу оболонки ЕС для реалізації блоку підтримки прийняття рішень в вищележачому шарі - шарі адаптації. При цьому опишемо сценарій реалізації типовий для шару адаптації підзадачі транспортної логістики, а саме обґрунтування раціонального маршруту доставки партії сухофруктів автомобільним транспортом в рамках ПЛП ТБГ. Очевидно, дана підзадача безпосередньо пов'язана із завданням вибору типу транспорту, розв'язуваної в шарі вибору.

Розглянемо рішення задачі обґрунтування вибору раціонального маршруту доставки сухофруктів в повній ПЛП ТБГ, що має в своєму складі фокусну компанію («Схід плюс» Україна, м.Харків) та закордонних постачальників, зазначених у таблиці 4.1 і на рисунку 4.5.

Таблиця 4.1 - Номенклатура товарів, що поставляються в рамках ПЛП ТБГ і відомості про постачальників

№ за/п	Найменування товару	Постачальники (назва фірми, країна, місто)
1	Курага	«Zulal Food» Турція, м. Малат'я
2	Родзинки	«ТАК 507» Іран, м. Малайер
3	Родзинки	«ASAL» Іран, м. Бушехр-Броджан
4	Родзинки	«RAISINS GOLD» Іран, м. Урмія
5	Фінік	«ARAJA PART» Іран, м. Ахваз
6	Фінік	«RAISINS» Таджикистан, м. Душанбе
7	Фінік	«COMETTE» Алжир, м. Дубай
8	Фінік	«SALIM HADDOUD» Алжир, м. Дубай
9	Хурма в'ялена	«AZER HORMA» Азербайджан, м. Гянжа
10	Чорнослив	«777 4 Seasons» Узбекистан, м. Ташкент

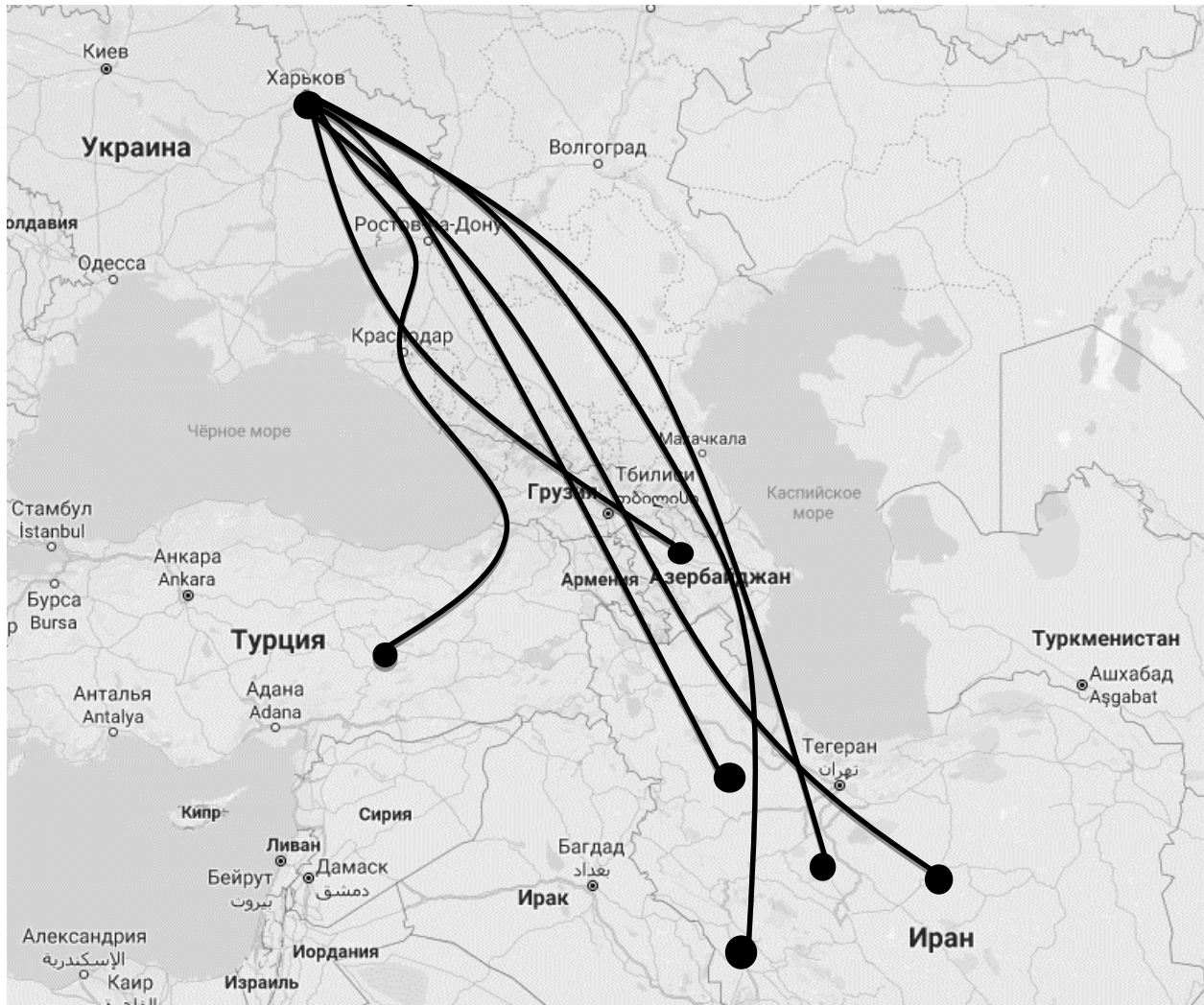


Рисунок 4.5 - Топологія розташування компаній-постачальників сухофруктів в фокусну компанію «Схід плюс»

При формуванні ПЛП ТБГ використовується загальна база даних (БД) про підприємства-учасники ПЛП ТБГ, в якій реєструються їх комерційні можливості на поточний момент. Така БД створюється із застосуванням стандартних засобів на першому етапі розробки ПЛП ТБГ і не обговорюється в рамках даного дослідження. Доступ до зазначеної БД здійснюється через Інтернет.

Розглянемо можливі маршрути транспортувань, на прикладі перевезення партії сухофруктів (родзинок) з Ірану за міжнародним маршрутом (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Маршрути міжнародного транспортування сухофруктів

Вид товару	Родзинки	
Постачальники	«ТАК 507», «ASAL», «RAISINS GOLD»	
Маршрут 1	Маршрут 2	
Малайер (Іран) → Хирдалан (Азербайджан) → Гапцах (Дагестан)-Гудермес (Чеченська республіка) → Ростов-на-Дону (Росія) → Харків (Україна)	Ахваз (Іран)→ Мари (Туркменістан) → Душанбе (Таджикістан) → Ташкент (Узбекістан) → Шамкент (Казахстан) → Саратов (Росія) → Харків (Україна)	

В якості вхідних параметрів моделі нечіткого виведення на знаннях були задані чотири лінгвістичні змінні: погодні умови; якість покриття дорожнього полотна; кількість зустрічаються обмежень швидкісного режиму; час проходження митного поста. Вказані вище вхідні змінні вимірюються в балах в інтервалі дійсних чисел від 0 до 10, де найнижча оцінка значення кожної з змінних - 0, а найвища - 10. Відповідно до критеріїв оптимальності, вихідними змінними були обрані час і вартість транспортування партії сухофруктів. Схема нечіткого виведення побудована на основі методу Мамдані.

У всіх правилах бази знань ЕС як логічної зв'язки для підумови застосована операція нечіткої кон'юнкції (операція "І"), а в якості методу агрегування - операція *min*-кон'юнкції. Для акумуляції висновків правил - метод *max*-кон'юнкції, для дефаззифікації отриманого результату - метод центру тяжіння.

Терм-множина для першої вхідної лінгвістичної змінної "Погодні умови" (Pogoda): $T_1 = \{\text{“задовільна”, “гарна”, “чудова”}\}$. Для другої вхідної змінної "Якість покриття" (Pokrutie): $T_2 = \{\text{“погане”, “середнє”, “відмінне”}\}$. Для третьої вхідної лінгвістичної змінної "Обмеження швидкості" (Ogran_skorosti) $T_3 = \{\text{“дуже багато”, “багато”, “мало”}\}$. Для четвертої вхідної лінгвістичної змінної "Проходження митних постів" (Tamozhen_postu): $T_4 = \{\text{“повільно”, “швидко”, “дуже швидко”}\}$.

В якості терм-множини першої вихідної лінгвістичної змінної "Час транспортування" (Vrema): $T_5 = \{\text{"відмінне", "гарне", "середнє", "погане", " дуже погане"}\}$.

В якості терм-множини другої вихідної лінгвістичної змінної "Вартість транспортування" (Stoimost): $T_6 = \{\text{"дуже низька", "низька", "середня", "висока", "дуже висока"}\}$.

На рисунку 4.6 зображений графічний інтерфейс редактора FIS, що викликається функцією fuzzy ('marschrut') - "Вибір маршруту".

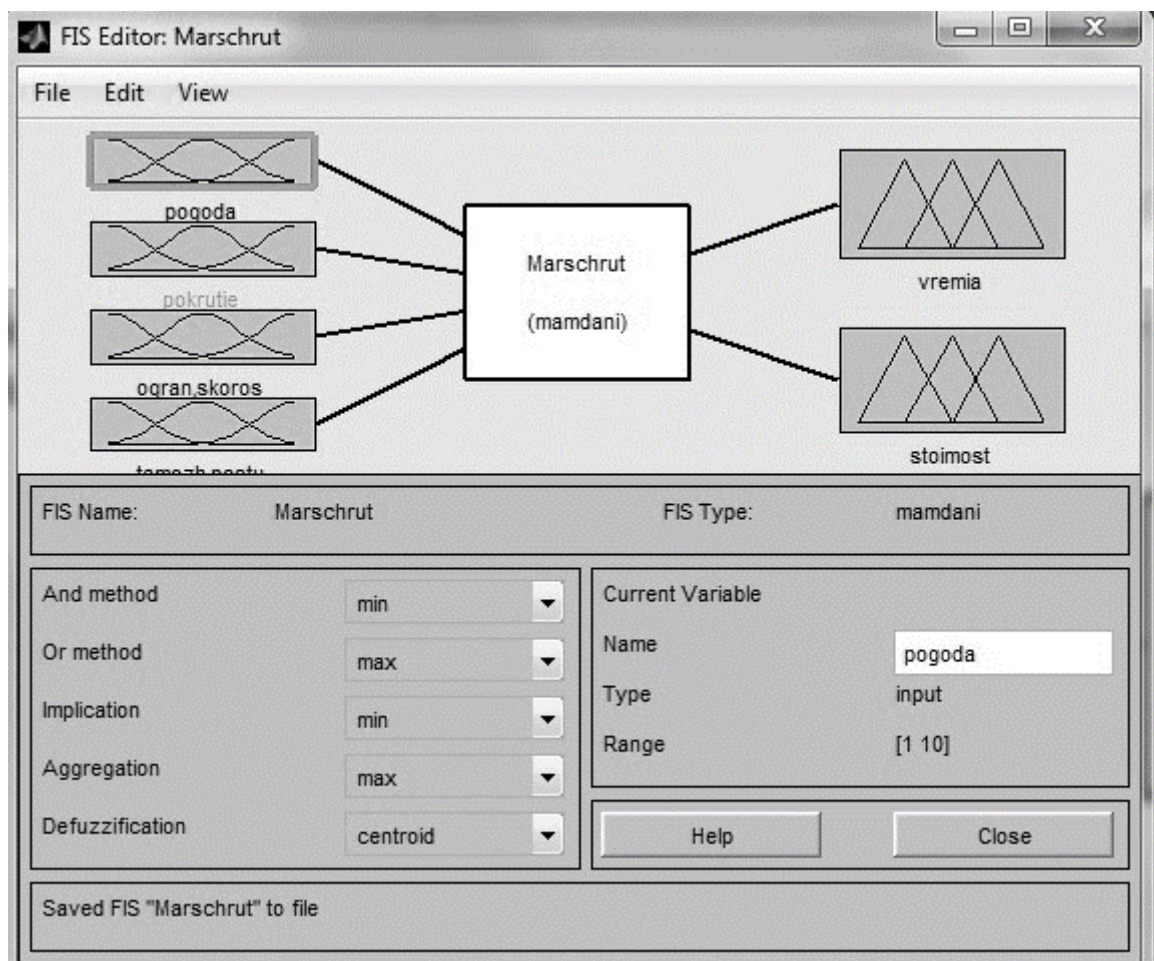


Рисунок 4.6 - Графічний інтерфейс редактора FIS обґрунтування раціонального маршруту доставки партії сухофруктів автомобільним транспортом

На рисунку 4.7 показаний редактор правил бази знань ЕС по вибору раціонального маршруту доставки партії сухофруктів від постачальника до фокусної компанії.

Для конкретного сценарію, заданого як приклад, були отримані такі значення вхідних змінних: «Погодні умови» - 5 балів, «Якість покриття» - 4 бали, «Обмеження швидкості» - 6,8 балів, «Проходження митних постів» - 7 балів .

В результаті машина нечіткого виведення на знаннях, видала значення вихідних змінних «Час транспортування» і «Вартість транспортування», рівне 41,5 годин і 12,7 тис. грн відповідно. Команда View \ Rules показує графічний інтерфейс програми перегляду правил (рисунки 4.8 та 4.9).

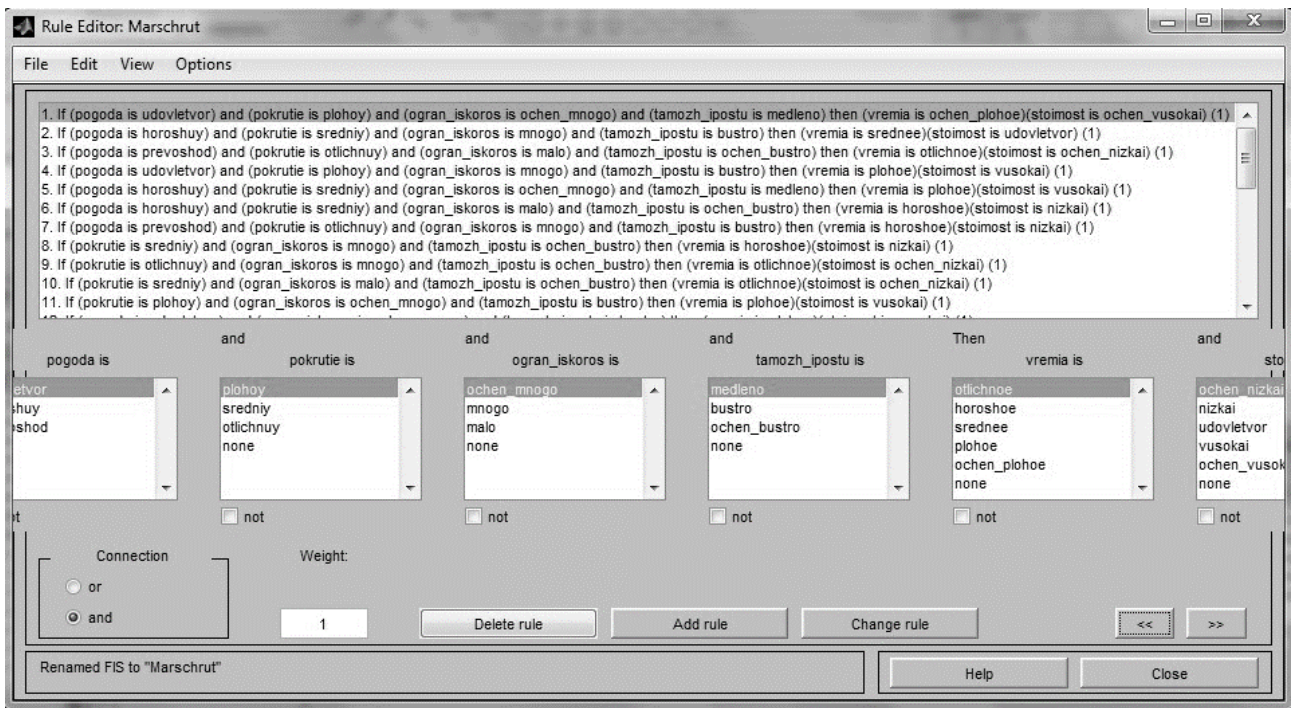


Рисунок 4.7 - Редактор правил бази знань нечіткої ЕС

Для аналізу другого, альтернативного маршруту, значення вхідних змінних були оцінені таким чином: «Погодні умови» - в 5 балів, «Якість покриття» - 7 балів, «Обмеження швидкості» - 4,5 балів, «Проходження митних постів» - 3, 5 балів. В результаті ЕС сформувала значення вихідних змінних «Час транспортування» і «Вартість транспортування», рівне 49,2 години і 15,6 тис. Грн відповідно. Очевидно, перший з сформованих маршрутів є найбільш раціональним.

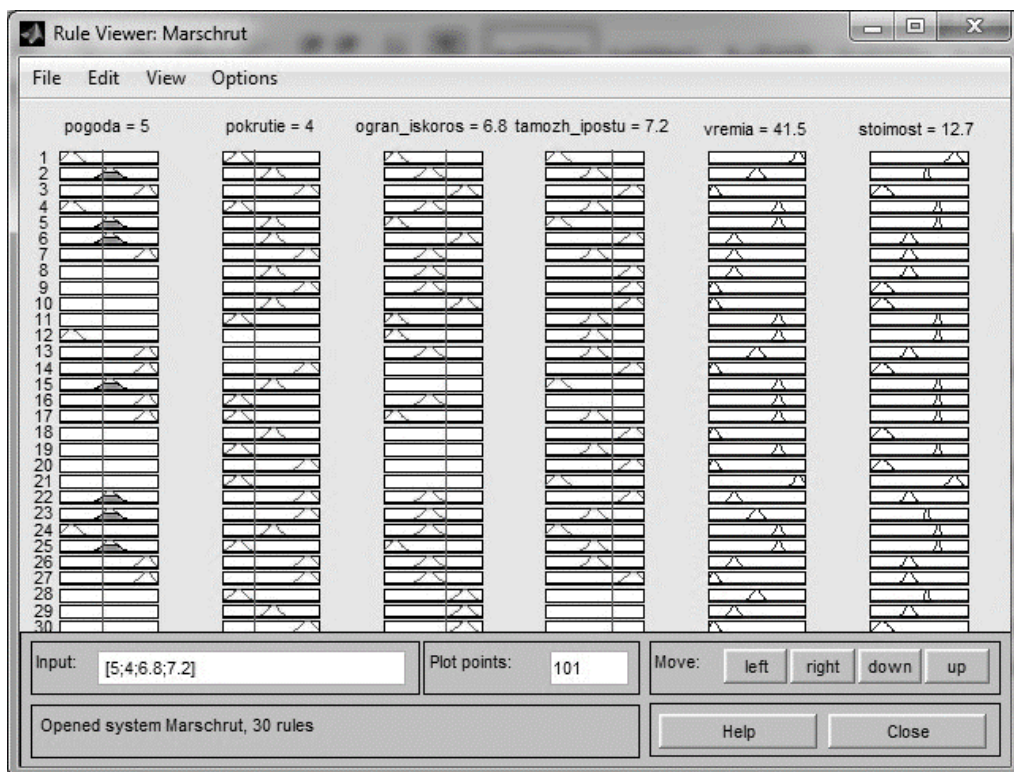


Рисунок 4.8 - Графічний інтерфейс перегляду правил бази знань нечіткої ЕС для маршруту 1

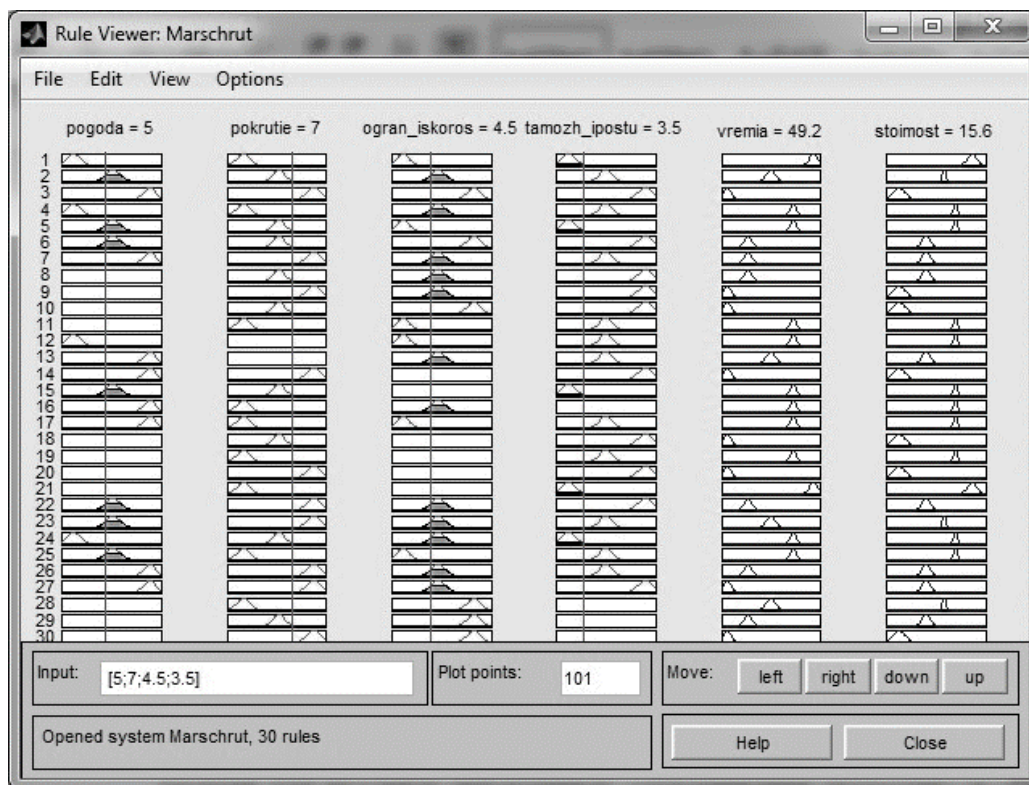


Рисунок 4.9 - Графічний інтерфейс перегляду правил бази знань нечіткої ЕС для маршруту 2

Візуалізація поверхні нечіткого виведення даної моделі для вхідних змінних «Обмеження швидкості» і «Проходження митних постів» представлена на рисунку 4.10.

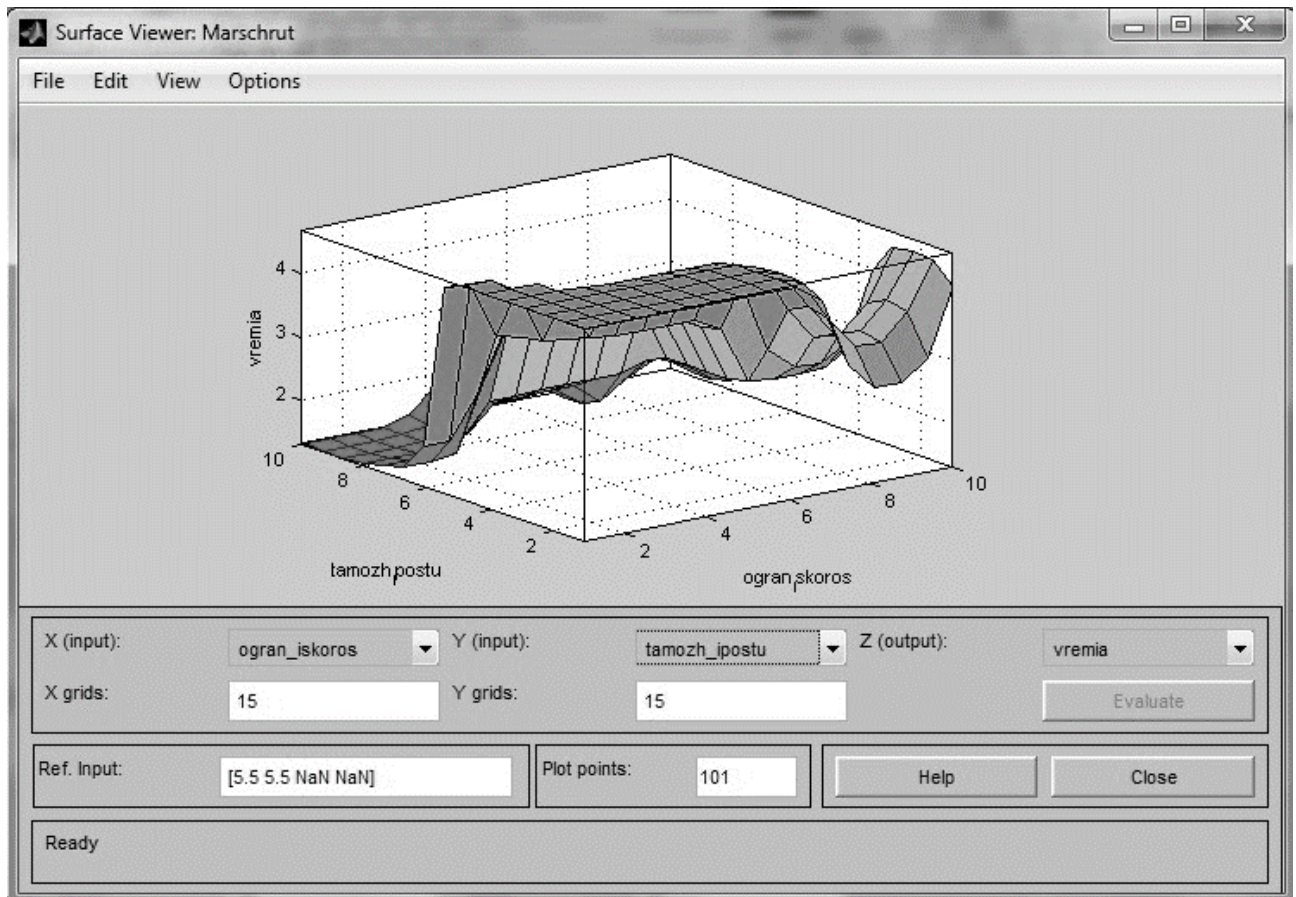


Рисунок 4.10 - Візуалізація поверхні нечіткого виведення для вихідної змінної «Час транспортування»

Поверхня нечіткого виведення, що показана на рисунку 4.10, дозволяє встановити залежність значень вихідних змінних від значень окремих вхідних змінних нечіткої моделі. Аналіз цих залежностей служить підставою для зміни функцій належності вхідних змінних або нечітких правил з метою підвищення адекватності моделі нечіткого виведення, що лежить в основі функціонування ЕС.

Для реалізації описаного підходу запропонована послійная структура системи управління бізнес-процесами в ПЛП ТБГ в формі упорядкованого набору типових блоків підтримки прийняття рішень учасниками ПЛП ТБГ. При цьому кожен блок призначений для вирішення конкретної підзадачі управління у межах

даного ПЛП і розробляється з використанням спеціалізованої ЕС, що відповідає шару оболонки.

До переваг розглянутого підходу відноситься можливість забезпечення гомогенності єдиного інформаційного простору ПЛП ТБГ за рахунок:

- чіткого позиціонування кожного блоку підтримки прийняття рішень в загальній структурі управління;
- широкого застосування типових рішень при синтезі засобів інформаційної підтримки учасників ПЛП ТБГ.

Головний недолік обговорюваного підходу криється в необхідності адміністрування коштів інформаційної підтримки (бази знань нечіткої ЕС), що вимагає залучення фахівців зі сфери ІТ.

Напрямок подальших досліджень пов'язаний з розробкою більш ефективних методик бальної оцінки окремих кількісних значень вхідних і вихідних лінгвістичних змінних. Це, безумовно, підвищить адекватність моделей нечіткого виведення ЕС в складі відповідних блоків підтримки прийняття рішень учасників ПЛП ТБГ.

4.4. Заходи щодо підвищення ефективності комунікацій поміж учасниками ПЛП ТБГ з використанням технологій IoT та Blockchain

Необхідною умовою ефективного управління ПЛП ТБГ є координація спільної діяльності учасників ПЛП і синхронізація їх бізнес-процесів, що, в кінцевому рахунку, досягається підвищенням ефективності: формулювання цілей і завдань ПЛП ТБГ, розробки стратегії дій на основі глибокого і всебічного аналізу ринку поставок (включаючи вимоги конкретного замовника) і поточного стану ланцюга поставок. Виконання зазначеної умови можливо лише при забезпеченні належного рівня захищеності цифрових об'єктів, які входять до складу ланцюга поставок, від несанкціонованого доступу.

Таким чином, виникає необхідність забезпечення безпеки функціонування цифрових об'єктів в складі ПЛП ТБГ, представлених у формі IoT, на основі спеціальної процедури, яка передбачає комплексне застосування певних програмних платформ в рамках технологій Blockchain.

Безпека і конфіденційність є частиною заходів, які гарантують надійну роботу підключених об'єктів IoT і дотримання нормативних вимог до функціонування ПЛП ТБГ. Належний рівень безпеки функціонування ПЛП ТБГ визначається, зокрема, високою захищеністю від несанкціонованого доступу до цифрових об'єктів ланцюга, що представлені у формі IoT. Найбільш важливим є захист таких об'єктів в режимах ідентифікації та автентифікації. Ідентифікація об'єктів інтернету речей (IDoT) - це область задач з присвоєння унікальних ідентифікаторів і пов'язаних метаданих об'єктам Інтернету речей, що дозволяє їм обмінюватися інформацією з іншими сутностями в Інтернеті.

Усі об'єкти IoT у складі ПЛП ТБГ повинні бути зареєстровані під унікальними і, що дуже важливо, постійними ідентифікаторами, котрі призначаються на рівні центру управління (фокусної компанії), при цьому кожному ідентифікатору повинен відповідати набір метаданих - детальних відомостей про об'єкт IoT, що визначаються в залежності від контексту функціонування об'єкту у складі ПЛП ТБГ. При цьому набір метаданих сам, по суті, є цифровим об'єктом, що має чітку структуру. Таким чином, ідентифікація і автентифікація цифрових об'єктів, що існують у складі ПЛП ТБГ, потребують розробки спеціальних алгоритмів, бо такі об'єкти повинні бути ідентифікованими і керованими. При відправленні конфіденційної інформації необхідна впевненість у захищеності інформації від несанкціонованого використання або розкриття з боку конкурентів.

При побудові ПЛП ТБГ з елементами IoT існують дві ключові складові безпеки: цілісність і автентичність програмного забезпечення об'єктів IoT, тобто тільки програмне забезпечення, з яким було дозволено працювати наданому пристрою, буде завантажено; автентифікація об'єктів IoT перш, ніж вони зможуть

передавати або отримувати інформацію про матеріальні, фінансові та інформаційні потоки в межах ПЛП ТБГ.

За останні роки технологія Blockchain знаходиться в zenіті гартнеровського циклу популярності (Gartner Hype Cycle), і на теперішній час існує велика кількість проектів, в яких цю технологію використовують для організації довірених обчислень, ідентифікації та аутентифікації об'єктів. Використання технології Blockchain для зберігання даних, що були захищені криптографічними ключами, надає впевненість в тому, що дані не будуть підроблені. За своєю природою Blockchain є розподіленою базою даних, у якій пристрої зберігання даних не підключені до загального сервера. Ця база даних зберігає постійно зростаючий список упорядкованих записів, так званих блоків. Кожен блок містить мітку часу і посилання на попередній блок. Blockchain робить втручання практично неможливим, оскільки для цього потрібно одночасно отримати доступ до копій бази даних на всіх центрах обробки інформації у ПЛП ТБГ. Дані IoT і розподілена архітектура Blockchain та можливість підтвердження права власності утворюють методичне підґрунтя для забезпечення належного рівня конфіденційності бізнес процесів, що мають місце при функціонуванні ПЛП ТБГ.

Розподілений обліковий запис, або реєстр, що використовується у технологіях Blockchain, надає змогу забезпечення прав власності, прозорість і загальну децентралізацію функціонування цифрових пристроїв в формі IoT, що входять до складу ПЛП ТБГ.

Децентралізовані реєстри, що лежать в основі технологій Blockchain, засновані на схемі, де центри довіри і управління передаються в віртуальну мережу управління ПЛП ТБГ, вузли якої постійно записують транзакції в визначеному порядку, в загальнодоступні блоки, створюючи тим самим ланцюг (Blockchain). Кожен блок являє собою контейнер з даними, доступ до якого може отримати тільки власник контейнера, але процедуру автентифікації власника може провести будь-який вузол ПЛП ТБГ.

При побудові ПЛП ТБГ доцільно застосувати так звані розумні контракти: невеликі програми, які записують разом з блоком даних. Зазначені програми містять правила, за якими дані будуть використовуватися. Основна ідея розумних контрактів в тому, що сторони можуть самостійно проводити верифікацію операцій, домовившись про умови. Таким чином, метадані, в тому числі відомості про власника об'єкта, можуть бути записані всередині блоків, а Blockchain, до всього іншого, відповідає за систему резолюції.

В основі концепції використання Blockchain для забезпечення безпеки функціонування ПЛП ТБГ покладено три програмних платформи – TeleHash, BitTorrent та Ethereum. TeleHash - децентралізований і захищений пірінговий (P2P) протокол для обміну даними і передачі повідомлень в мережі. В рамках даної концепції безпеки, дані і повідомлення, що передаються з використанням протоколу TeleHash, підтверджуються і завіряються третьою стороною; при цьому модель комунікації є тимчасовою, модель «клієнт-сервер» не використовується. BitTorrent - пірінговий (P2P) мережевий протокол для кооперативного обміну файлами, в ньому реалізувана концепцію обміну файлами через взаємодію клієнтів-джерел (seeders and leeches). Третім компонентом є Ethereum - заснована на Blockchain віртуальна машина і набір сервісів Web 3.0, яка дає користувачам можливість працювати з програмним середовищем розумних контрактів, розвиваючи і наповнюючи її контентом на їх розсуд, за рахунок підтримки контрактного програмування.

На основі описаних програмних платформ створюється середовище захищених цифрових об'єктів у формі IoT, що забезпечують стале функціонування ПЛП ТБГ. При цьому об'єкти IoT у складі ПЛП ТБГ через гіпермедійне середовище мають змогу обмінюватися між собою даними та формувати єдиний глобальний безперервний ланцюг записів-транзакцій, за аналогією з Blockchain для біткоїнів. Принципова відмінність даної концепції від технології продукування біткоїнів полягає в тому, що зміст і типи записів в

мережі будуть визначатися тими контрактами, які будуть укладати між собою вузли ПЛП ТБГ.

Раціональною схемою використання Blockchain для підвищення рівня безпеки функціонування ПЛП ТБГ буде його вбудовування в існуючу схему ідентифікації об'єктів IoT в якості альтернативної системи резолюції об'єктів або використання в якості додаткового центру довіри, наприклад, при резолюції в системі метадані, що повертаються, можуть містити посилання на відповідний блок в децентралізованому реєстрі.

Нові стандарти протоколів на основі IPv6, такі як 6LoWPAN, показують, що можна створити ефективну схему присвоєння унікальних ідентифікаторів для IoT-об'єктів у складі ПЛП ТБГ.

Шифрування блоків гарантує, що користувачам доступні лише ті частини ланцюга блоків, до яких вони мають закриті ключі, без яких зчитування або зміна запису є неможливою. Шифрування гарантує синхронізацію копій розподіленого ланцюга блоків в усіх користувачів.

Децентралізована однорангова Blockchain-мережа позбавляє окремих учасників можливості контролювати базову інфраструктуру ПЛП ТБГ або дестабілізувати процес її функціонування. Всі учасники ПЛП ТБГ вважаються рівними і підключаються до мережі, використовуючи одні й ті ж протоколи. На рисунку 4.11 наведена схема використання описаної технології для ідентифікації прав користувача на управління IoT -об'єктом ПЛП ТБГ.

Відкритий ключ учасника (1,2,3) - це власне адреса, на управління IoT-об'єктом.

Хеш транзакції – унікальний ідентифікатор (контрольна сума всієї транзакції від початку до кінця).

Підпис учасника (1,2,3) – за допомогою секретного ключа підтверджує його повноваження, як власника об'єкта.

Сформована транзакція потрапляє в блок, та, як і всі нові транзакції, запускається в мережу, де протягом певного часу, буде причеплена до ланцюга.

Мережа, в свою чергу, містить велику кількість вузлів, які здійснюють формування нового блоку і перевірку достовірності транзакції.

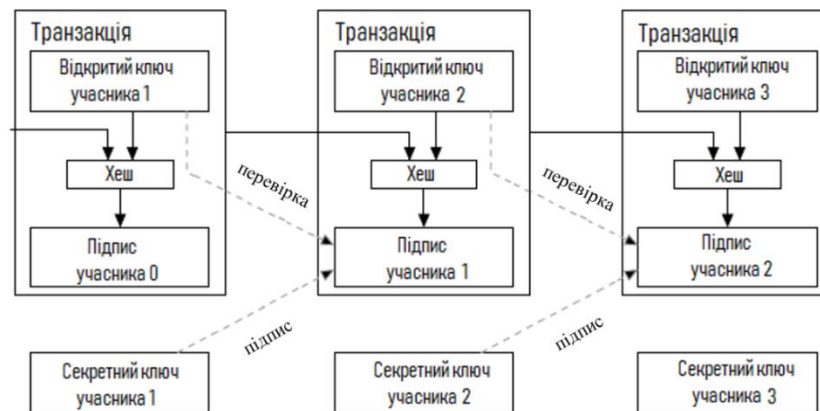


Рисунок 4.11 - Процес транзакції по ідентифікації прав користувача IoT-об'єкту у складі ПЛП ТБГ

Вузли шляхом обчислень підбирають хеш для блоку шляхом прямого перебору різних значень. Коли значення знайдено і воно відповідає всім вимогам, блок вважається сформованим.

Застосування описаного алгоритма гарантує, що всі дані в ПЛП ТБГ захищені. Через інформацію в будь-якому блоці можна побачити всю кількість об'єктів, але дізнатися, кому вони належать, немає можливості. Для того щоб переглянути дані, потрібно підтвердження права власності на цю транзакцію.

Для ідентифікації користувача застосовується спеціальний ключ. При цьому у користувача є лише один ключ, якому притаманні дві різні властивості: маючи ключ на руках, не вийде дізнатися первинну (вихідну) інформацію; неможливо підібрати інший пакет даних, що надали б змогу створити такий же ключ.

Об'єкти IoT у складі ПЛП ТБГ повинні бути обладнані пасивними радіочастотними мітками (RFID) та модулями Bluetooth Low Engineering (BLE), для забезпечення ідентифікації об'єктів та можливості передачі даних. BLE складається з двох основних частин: контролера і вузла мережі (Host). Контролер включає в себе фізичний і каналний рівень. Функції вузла ПЛП ТБГ включають в себе: рівень логічного зв'язку (Logical Link Control - LLC), протокол адаптації

(Adaptation Protocol - L2CAP), протокол атрибутів (Attribute Protocol - ATT), протокол атрибутів профілів пристроїв (Generic Attribute Profile - GATT), протокол забезпечення безпеки (Security Manager Protocol - SMP), протокол забезпечення доступу до функцій профілю пристроїв (Generic Access Profile (GAP)). Додаткова функціональність прикладного рівня може бути реалізована поверх рівня вузла мережі.

Використання розподілених реєстрів для управління об'єктами IoT розглядається, як базова складова архітектури ПЛП ТБГ для забезпечення конфіденційності, тобто, у запропонованій архітектурі шлюз з підтримкою Bluetooth використовує технологію Blockchain для захисту користувача від несанкціонованого доступу.

Розглянемо алгоритм функціонування шлюзу. Даний алгоритм ілюстровано на рисунку 4.12 Розділимо учасників мережі на три основних типи: власники або адміністратори об'єктів IoT; адміністратори шлюзу; кінцеві користувачі.

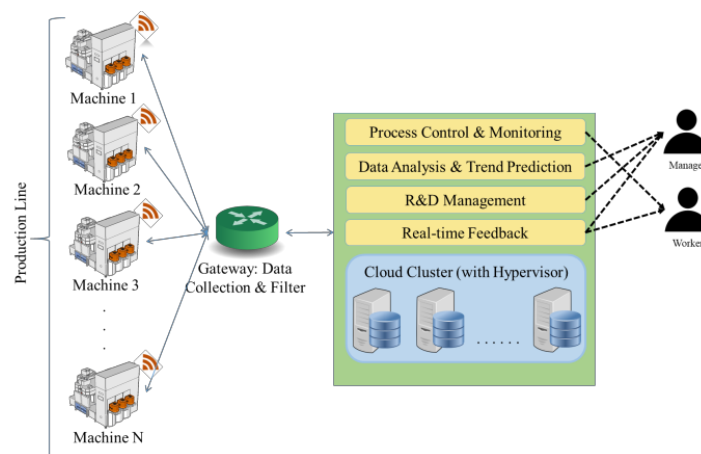


Рисунок 4.12 - Взаємодія IoT об'єктів під час функціонування ПЛП ТБГ

Перш ніж користувач може отримати доступ до пристрою IoT, адміністратор пристрою може зберігати інформацію про пристрій та політику конфіденційності пристрою в мережі Blockchain. Загалом інформація про пристрій включає в себе список, що складається з: унікальної назви пристрою; обробки релевантної інформації; особливостей пристрою, наприклад, типу

пристрою, назви та номери моделі пристрою, серійного номера тощо; інші атрибути для цілей управління, такі як список зображень пристроїв, політика конфіденційності та надані послуги.

На рисунку 4.13 представлено алгоритм взаємодії IoT об'єктів у ПЛП ТБГ з використанням технології Blockchain.

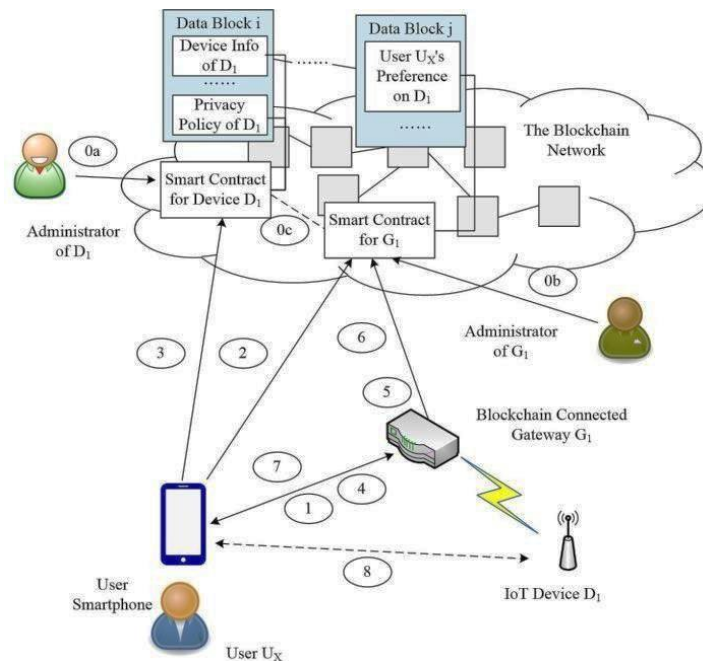


Рисунок 4.13 - Схематичне зображення алгоритму взаємодії IoT об'єктів у ПЛП ТБГ з використанням технології Blockchain

За допомогою платформи Ethereum адміністратор пристрою IoT створює smart контракт для цього пристрою та використовує контракт для керування інформацією та політикою конфіденційності пристрою (крок 0a).

Адміністратор шлюзу створює smart контракт на шлюз (Крок 0b). Після фізичного підключення шлюзу до пристрою IoT адміністратор шлюзу зв'яже smart контракт пристрою зі smart контрактом шлюзу (крок 0c). Коли користувач використовує свій смартфон для підключення до шлюзу (Крок 1), він отримує адресу smart контракту шлюзу. Користувачу стає доступним інформація про пристроїв, підключені до шлюзу (Крок 2). В подальшому користувач отримує

адресу smart контракту пристрою IoT, та контролює конфіденційність через smart контракт пристрою (етап 3).

Після отримання гарантій конфіденційності IoT об'єкту користувач підключається до відповідного шлюзу і повідомляє шлюзу, що він приймає або відхиляє його політику (Крок 4). Після прийняття умов проходить збереження параметрів у шлюзі (Крок 5), шлюз також синхронізує збереження даних в мережі (Крок 6). Коли користувач отримує доступ до IoT пристрою через шлюз (Крок 7 та Крок 8), то шлюз буде обробляти запити користувачів на основі збережених параметрів користувача.

4.5 Опис прикладної інформаційної технології підтримки процесів транспортування в межах ПЛП товарів бакалійної групи

На даний час, поширеною практикою є моделювання бізнес-процесів за допомогою CASE-засобів (сукупності інструментів для автоматизації процесу аналізу бізнес-процесів у різних предметних галузях), що орієнтовані на інформаційну підтримку виробничої та управлінської діяльності підприємств.

Серед цих засобів найбільшої популярності набув AllFusion Process Modeler (BPwin) – інструмент для моделювання, аналізу, документування та оптимізації бізнес-процесів, який можна використовувати для графічного представлення бізнес-процесів.

Графічно представлена схема виконання робіт, обміну інформацією, документообігу візуалізує модель бізнес-процесу. Графічне викладення цієї інформації дозволяє перевести завдання управління організацією з області складного ремесла в сферу інженерних технологій.

AllFusion Process Modeler дозволяє створювати діаграми в нотації IDEF0, IDEF3, DFD, а також, в процесі моделювання, перемикається з нотації IDEF0 на будь-якій гілці моделі на нотацію IDEF3 або DFD і створити змішану модель. Разом з цим, він також підтримує функціонально-вартісний аналіз (ABC).

AllFusion Process Modeler допомагає чітко документувати важливі аспекти будь-яких бізнес-процесів: дії, які необхідно зробити, способи їх здійснення і контролю, необхідні для цього ресурси, а також візуалізувати одержувані від цих дій результати.

Крім того підвищує бізнес-ефективність рішень, дозволяючи аналітикам і проєктувальникам моделей співвідносити корпоративні ініціативи та завдання з бізнес-вимогами і процесами інформаційної архітектури та проєктування додатків.

Таким чином, формується цілісна картина діяльності підприємства: від потоків робіт в невеликих підрозділах до складних організаційних функцій.

AllFusion Process Modeler ефективний в проєктах, пов'язаних з описом діючих баз підприємств, реорганізацією бізнес-процесів, впровадженням корпоративної інформаційної системи. Продукт дозволяє оптимізувати діяльність підприємства і перевірити її на відповідність стандартам ISO 9000, спроектувати оргструктуру, знизити витрати, виключити непотрібні операції і підвищити ефективність.

На рисунках 4.14 - 4.18 представлено прикладну інформаційну технологію підтримання життєвого циклу повних логістичних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи, в частині організації матеріальних потоків у межах ПЛП ТБГ.

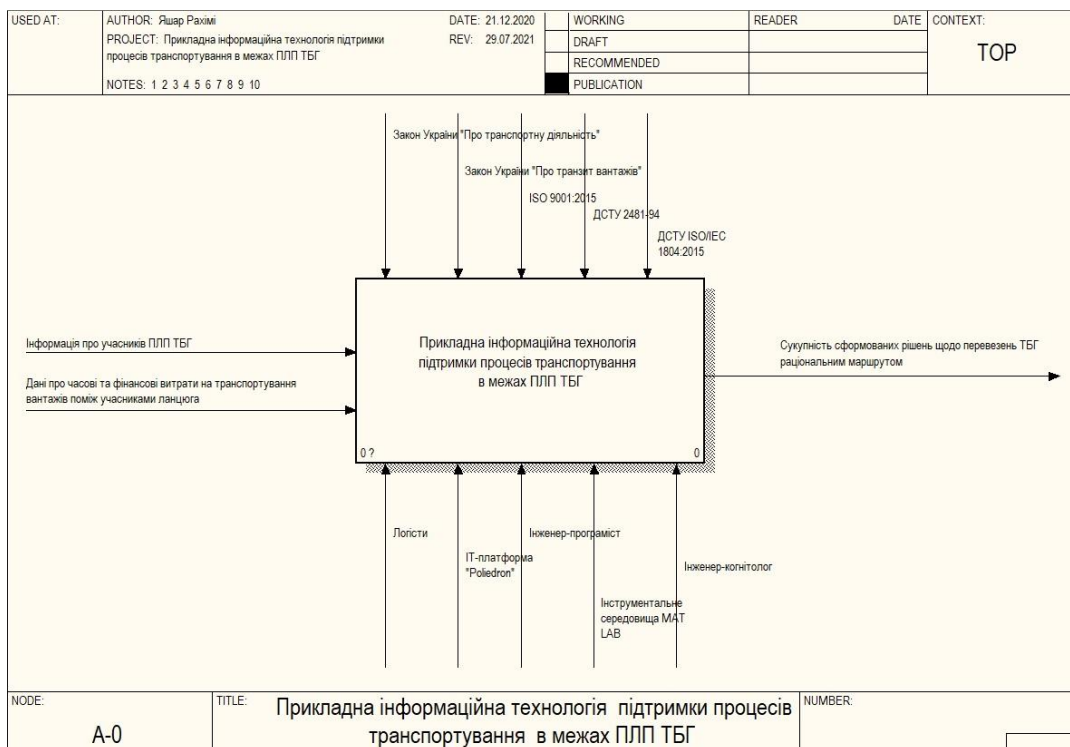


Рисунок 4.14 - Прикладна інформаційна технологія підтримки процесів транспортування у межах ПЛП ТБГ (контекстна діаграма)

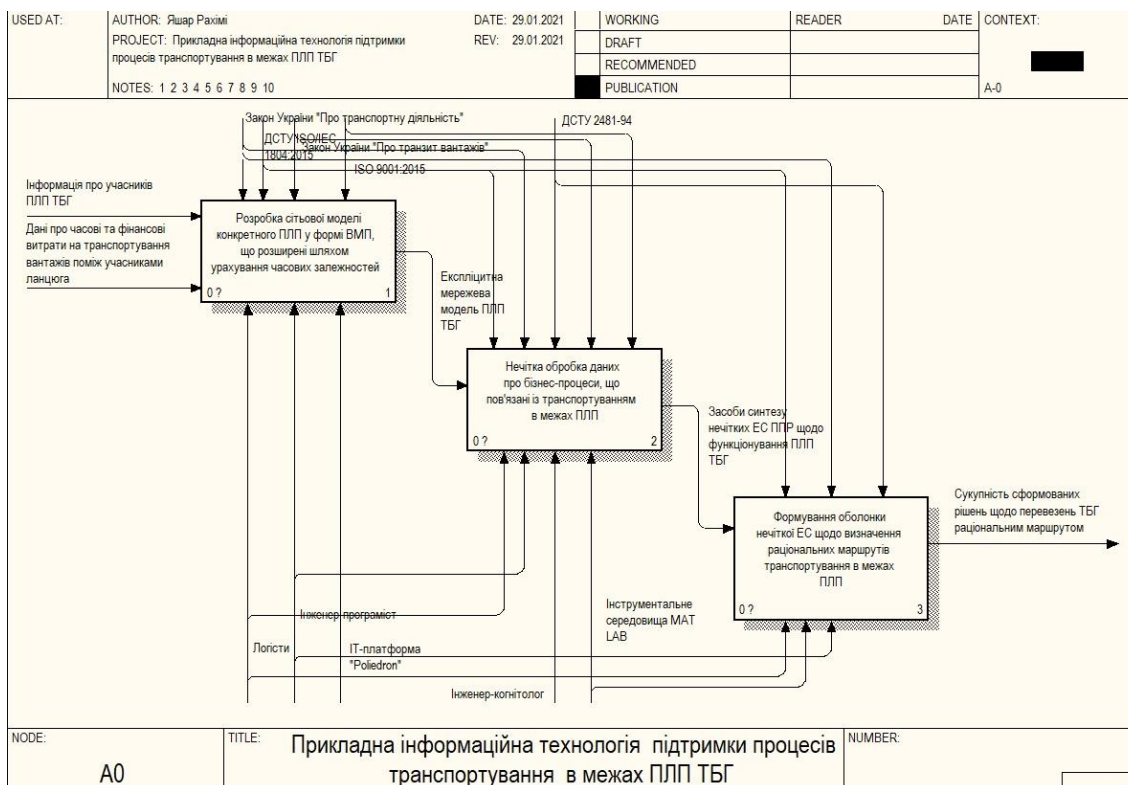


Рисунок 4.15 - Прикладна інформаційна технологія підтримки процесів транспортування у межах ПЛП ТБГ (нотація IDEF0)

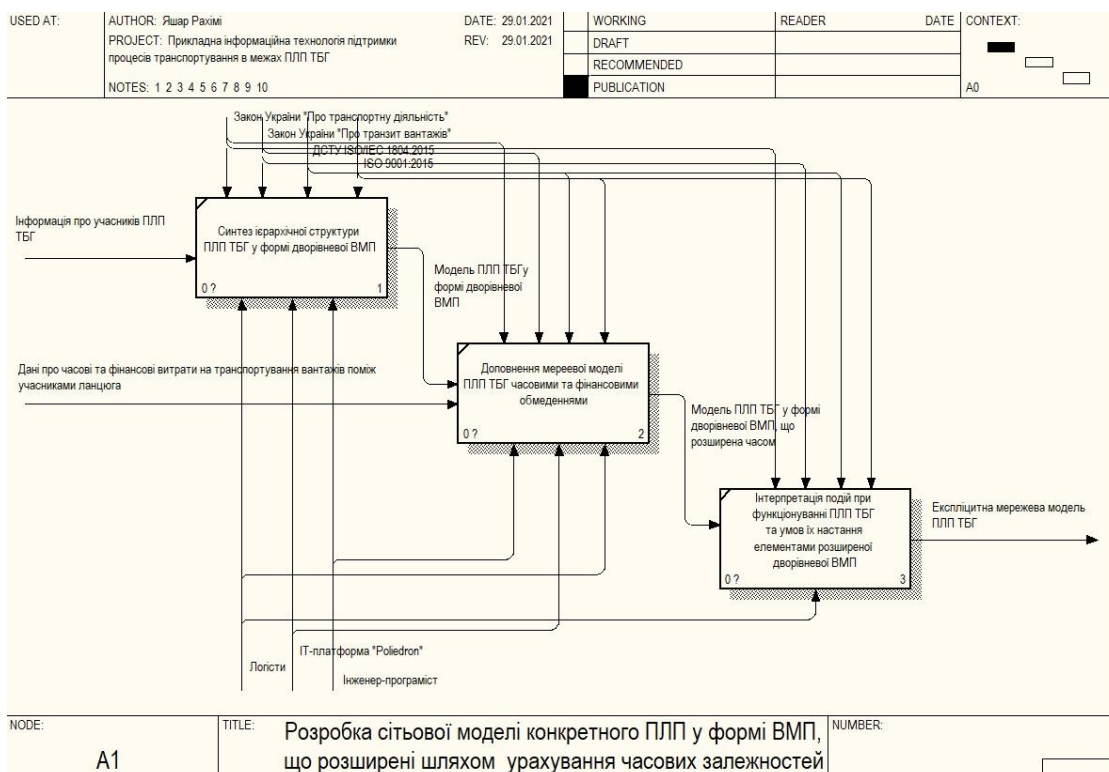


Рисунок 4.16 – Розробка сіткової моделі конкретного ПЛП у формі ВМП, що розширені шляхом урахування часових залежностей (нотація IDEF0)

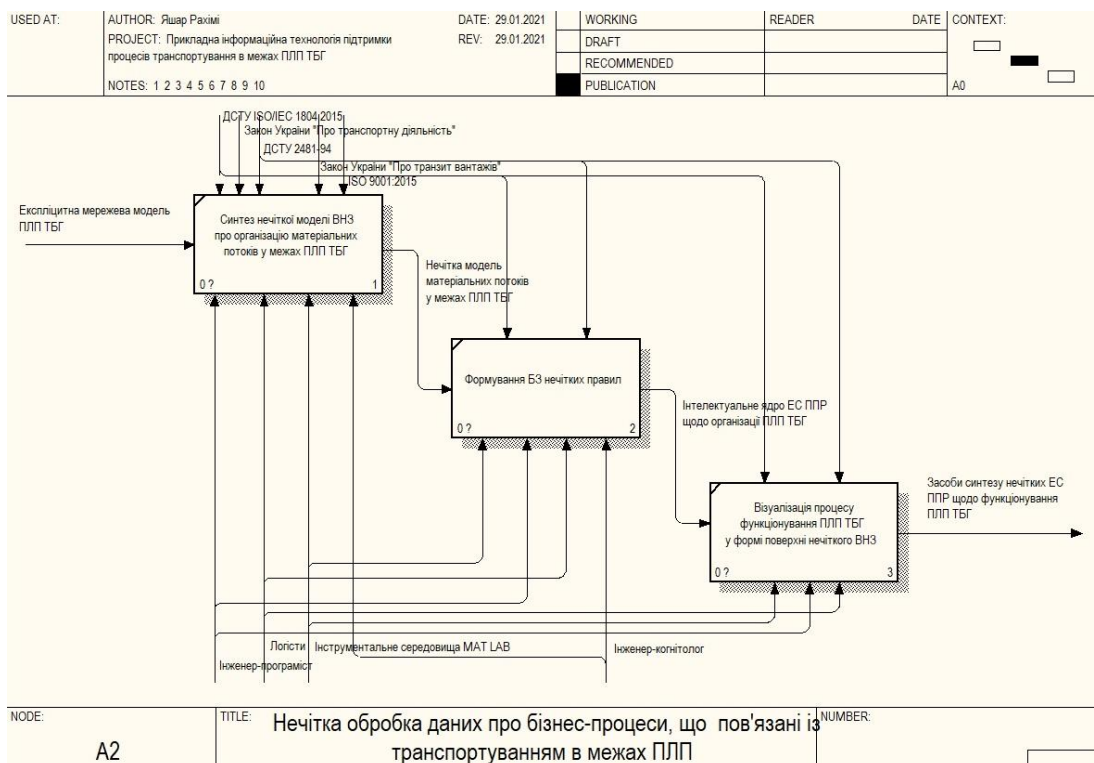


Рисунок 4.17 – Нечітка обробка даних про бізнес-процеси, що пов'язані із транспортуванням в межах ПЛП (нотація IDEF0)

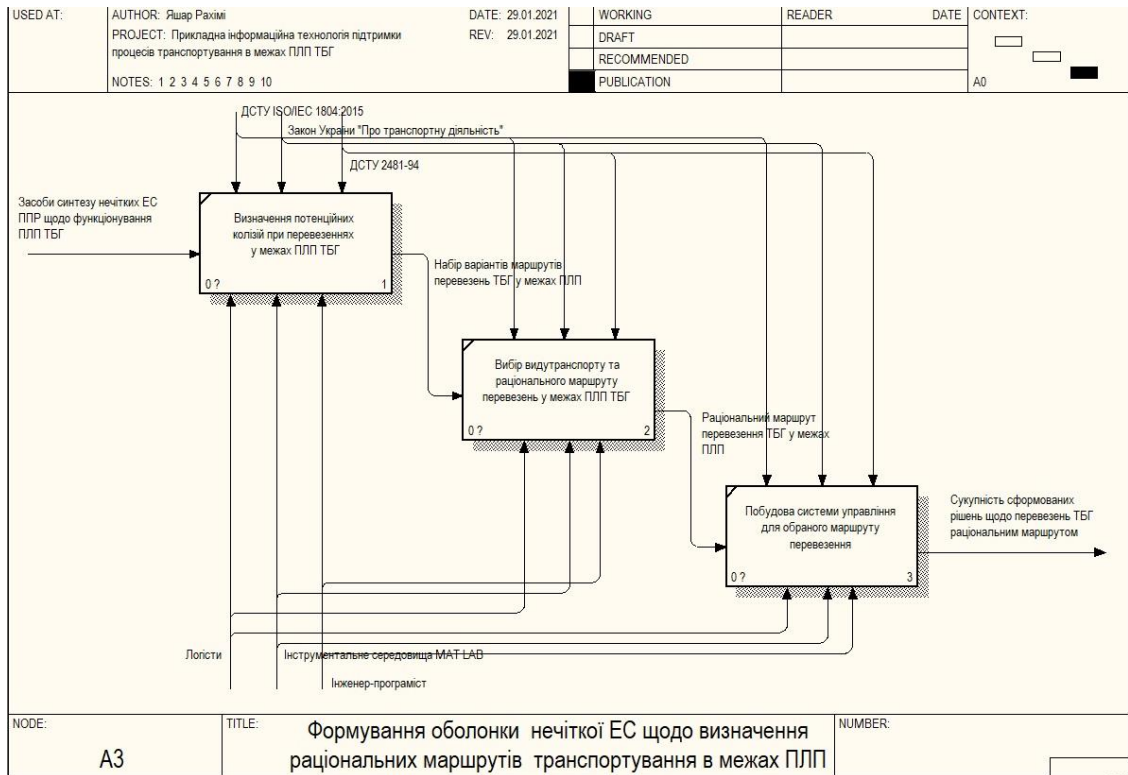


Рисунок 4.18 – Формування оболонки нечіткої ЕС щодо визначення раціональних маршрутів транспортування в межах ПЛП (нотація IDEF0)

4.6 Оцінка ефективності інформаційної підтримки процесів перевезень вантажів у межах повного ланцюга постачання товарів бакалійної групи

Оцінювання ефективності інформаційного підтримання процесів управління ЖЦ ПЛП ТБГ доцільно розглядати в аспекті оцінювання якості рішень, що формуються нечіткою експертною системою при визначенні раціональних маршрутів перевезень товарів бакалійної групи. Якість рішень, що формувалися нечіткою ЕС, оцінювалось на основі реальних даних про збої та відхилення від графіку постачання товарів у діяльності транспортної логістичної компанії ТОВ «ASAL» протягом 2020 року. Ці дані були використані для формування сценарних прикладів для їх оцінювання експертами, та порівняння експертних свідчень із результатами, що згенеровані нечіткою ЕС. При цьому якість визначалося загальною похибкою ухвалення неправильного рішення шляхом зваженого усереднення похибок першого роду (не визначення

раціонального маршруту доставки), та другого роду (вибору варіанту маршруту, що не був раціональним).

Оцінювання якості рішень, що сформовані нечіткою ЕС, проводилося із використанням різновиду методу ковзного середнього – розбиттям з єдиним виокремленим елементом.

Суть методу ковзного контролю полягає в наступному. Вибірка $X^k = \{x_1, \dots, x_k\}$ з відомими відповідями розбивається на дві непересічних множини $X^l \cup X^c = X^k : X^l \cap X^c = \emptyset$, одна з яких використовується для навчання, друга для контролю. Ковзний контроль з одним виділенням об'єкту має на увазі перебір всіх варіантів розбиття з одним об'єктом (прикладом або прецедентом) в якості тестового і використання інших прецедентів для навчання, після чого усереднюються значення помилок з усіх вищевказаних розбиттях.

Виділяється один об'єкт з вибірки – $\{X^i\}_1^f : X^i \cap X^j = \emptyset, i \neq j$, $\bigcup_{i=1}^f X^i = X^k$. При цьому загальна помилка буде визначатися як середня помилка по всіх варіантах розбиття, тобто:

$$P(a(X^k) \neq y^*) \approx \frac{1}{f} \sum_{i=1}^f P(a(X^i) \neq y^* | \bigcup_{j \neq i} X^j),$$

де P – середня помилка (як розбіжність результату рішення, виданого системою, з правильним рішенням y^*).

Замість усереднення похибки по розділенню, використаємо простий підрахунок неправильно визначених маршрутів, оскільки (на відміну від методів «5-2» або k -кратного розбиття) при цьому не можливий випадок включення кількох схожих прикладів в одну і ту ж частину розбиття. Дана особливість виключає отримання зміщеної оцінки похибки.

Узагальнені результати статистичного аналізу втрат при перевезеннях у межах ПЛП ТБГ внаслідок похибок першого та другого роду показали, що для оцінювання загальної похибки нечіткої ЕС (приймавши за 100% суму цих втрат у

конкретній виробничій ситуації) необхідно використовувати значення похибок першого та другого роду з вагою 0,27 та 0,73 відповідно.

Для тестування була сформована вибірка з тридцяти типових ситуацій, що мали місце у діяльності ТОВ «ASAL» протягом 2020 року. Була також сформована, у відповідності до рекомендацій, експертна комісія у складі двох осіб – штатних співробітників фірми. При цьому головними критеріями відбору експертів були стаж роботи за фахом (не менш, як сім років), та займана посада (менеджер-логіст). Для формування експертних суджень для кожної з 30 типових ситуацій були визначені правила для навчання, а також предикати, що використовувались при перевірці на кожному кроці розбиття.

Зведені результати оцінювання якості інформаційної підтримки формування рішень щодо функціонування ПЛП ТБГ, у порівнянні із рішеннями, що були сформовані експертами, представлені у таблиці 4.3.

Таблиця.4.3 - Результати неправильного оцінювання варіантів маршрутів доставки вантажів у межах ПЛП ТБГ експертами та нечіткою ЕС

	Експерт 1	Експерт 2	Нечітка ЕС	Експерт 1, %	Експерт 2, %	Нечітка ЕС, %
Невизначення раціонального маршруту (похибка I рода)	7	3	4	23,33%	10,00%	13,33%
Визначення нераціонального маршруту (похибка II рода)	4	3	7	13,33%	10,00%	23,33%
Зважена похибка				20,63%	10,00%	16,03%

Таким чином, набір правил, що закладено у дану версію нечіткої ЕС, надає змогу формувати рішення з похибкою у 16%, що вище за значення похибки у експертних судженнях. У промисловій же версії системи кількість правил у БЗ буде набагато більшою. Отже, і якість рішень, що формується нечіткою ЕС стане вищою. До того ж, якість функціонування нечіткої ЕС є стабільною, на відміну

від експертів, для роботи яких властиво зростання кількості похибок зі зростанням кількості виробних ситуацій, що має місце при функціонуванні логістичної компанії у режимі управління ЖЦ ПЛП ТБГ.

У ході формування тестової виборки було визначено перелік видів невиробничих втрат, що виникають внаслідок неправильних рішень щодо організації перевезень вантажів у межах ПЛП ТБГ. До таких втрат віднесено: температурний режим перевезення, вологість повітря, утрясання та ссідання вантажу, час очікування на митних постах, та інші. Зрозуміло, що причиною зазначених втрат є, зокрема і чинники, які в автоматичному режимі враховуються нечіткою ЕС при визначенні раціональних маршрутів перевезень у межах ПЛП ТБГ – погодні умови, якість покриття, допустимий швидкісний режим, проходження митних постів.

На рисунку 4.19 показано рівень невиробничих втрат по їх видах, що мали місце при перевезеннях вантажів в межах відповідних ПЛП ТБГ протягом 2020 року на ТОВ «ASAL».

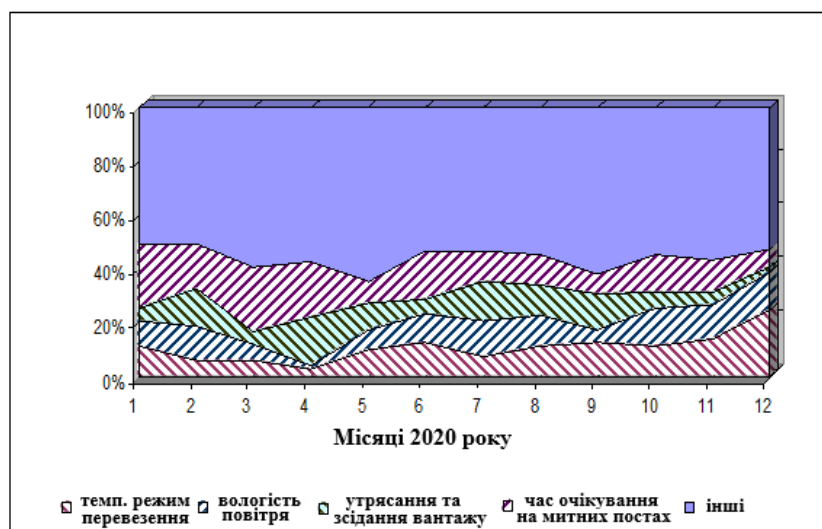


Рисунок 4.19 - Втрати невиробничого характеру при перевезеннях вантажів у межах ПЛП ТБГ на ТОВ «ASAL» за 2020 рік

Аналіз даного графіку, надав змогу встановити, що рівень невиробничих втрат, що пов'язані із перевезенням вантажів у межах ПЛП ТБГ складає близько 44%. Оскільки попередні розрахунки показали ймовірність отримати неправильне

рішення, при застосуванні розроблених засобів інформаційної підтримки рівною 0,16, застосування розроблених засобів інформаційної підтримки ПЛП надасть змогу зменшити рівень невиробничих втрат у середньому на $44\% * 0,16 = 37\%$.

4.7 Висновки по розділу 4

1. Сформовано низку пропозицій щодо удосконалення засобів імітаційного моделювання бізнес-процесів в ПЛП ТБГ на основі технології мультиагентних систем.

2. Викладено технологію розробки нечіткої експертної системи підтримки прийняття рішень щодо організації повного логістичного ланцюга постачання товарів бакалійної групи.

3. Запропоновано технологію інтеграції окремих нечітких ЕСППР в єдиний інформаційний простір у межах ПЛП ТБГ.

4. Наведено опис прикладної інформаційної технології підтримки процесів транспортування в межах ПЛП товарів бакалійної групи

5. Проведена оцінка ефективності інформаційної підтримки процесів перевезень вантажів у межах повного ланцюга постачання товарів бакалійної групи на основі різновиду методу ковзного середнього, що показала, що застосування нечітких експертних систем для формування рішень щодо організації перевезень в межах ПЛП ТБГ надасть змогу знизити невиробничі втрати в середньому на 37%.

Основні результати даного розділу опубліковано у [4-12].

4.7. Література до розділу 4

1. Pnueli, A., 1977, “The temporal logic of programs”, Proceedings of the 18th IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, P. 46-67.
2. Дьяконов В.П. MATLAB6/6/1/6/5 + SIMULINK 4/5 М.:Солон-Пресс, 2002.
768с Crainic, T.G., Roy, J. O.R. Tools for Tactical Freight Transportation Planning. // European Journal of Oper. Res. – 1988. – 33(3). – P. 290-297.
3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ.-2-е изд. (эл.). -М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -798 с.
4. Рахими Я. Разработка экспертной системы для выбора рационального маршрута транспортировки сухофруктов в Украину / Я. Рахими, Е.И. Феоктистова // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №2 – С.84-88.
5. Kudhair Abed Thamer. Development of an approach to managing dry fruit supply chains using expert systems / Abed Thamer Kudhair, Yashar Rahimi // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2020. – № 4/3 (106). – С. 16 – 22.
6. Рахими Я. Формирование полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину с использованием мультиагентной технологии / Я. Рахими // XXII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – Том 9. – С.164-165.
7. Рахими Я. Модернизация логистической цепи поставок сухофруктов в Украину на основе мультиагентной технологии / Я. Рахими // Сьома міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2018. – С. 5.
8. Рахімі Я. Надбання знань для побудови експертної системи підтримки прийняття рішень по організації повного логістичного ланцюга поставок сухофруктів в Україну / Я. Рахімі // Всеукраїнська науково-технічна конференція

«Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2018»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2018. – Том 3. – С.64.

9. Рахими Я. Информационная технология создания, развертывания и поддержки функционирования полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими // Дев'ята міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2019. – С. 27.

10. Shostak I. Ensuring the security of the full logistics supply chain based on the blockchain technology / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova, O. Feoktystova, O. Melnyk // 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, ICTERI. CEUR Workshop Proceedings, 2019. – Volume 2393. – P. 655-663.

11. Shostak I. Application of IoT technology to ensure the security of full logistic supply chains / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova // Десята міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2020. – С. 53.

12. Підгорний М.В. Системна ефективність логіко-динамічних комплексів транспортування небезпечних вантажів / М.В. Підгорний, В.П. Мельник, Я. Рахімі // Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні технології: матеріали Дванадцяті Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів. (Одеса, 03-04 червня 2021 р.) / ред. М. О. Манзарук. Одеса: ДУІТЗ, 2021. – С.104-106.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі поставлено та вирішено актуальне наукове завдання, пов'язане із підвищенням ефективності функціонування повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи за рахунок створення спеціальних методичних засобів, а на їх основі – прикладної інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо забезпечення своєчасних поставок роздрібним реалізаторам партій товарів з високою ліквідністю. При цьому підвищення ефективності досягається внаслідок скорочення часу, необхідного на перевезення в межах ланцюга, та зниження транспортних витрат шляхом визначення раціонального маршруту доставки та типу транспорту.

Основні результати:

1. Проведено аналіз поточного стану інформатизації процесів управління життєвим циклом повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи, який показав, що ефективність функціонування даного типу логістичних структур в значній мірі залежить від скорочення часу на перевезення в межах ланцюга, та зниження витрат на ці перевезення. Зроблено висновок, про те, що тривалість перевезень в межах ланцюга та їхня вартість визначається, насамперед, типом транспорту і маршрутом доставки. Виходячи із зазначених обставин, сформульовано мету та задачі дослідження, які спрямовані на розробку методичних засобів та на цій основі – прикладної інформаційної технології підтримки рішень щодо вибору раціонального маршруту та типу транспорту для перевезень товарів бакалійної групи в межах повного логістичного ланцюга.

2. Вперше розроблено модель повного логістичного ланцюга постачання у формі вкладеної мережі Петрі, що, на відміну від відомих, надає змогу відобразити ієрархічність ланцюга, а саме верхній його рівень (фокусну компанію по переробці вихідної сировини) та нижчі рівні, що відображають діяльність постачальників сировини та реалізаторів готової продукції.

3. Вперше розроблено метод подання часових залежностей поміж бізнес-процесами у повному логістичному ланцюзі постачання, що засновано на розширених часом вкладених мережах Петрі, та який надає змогу виявляти відхилення у функціонуванні ланцюга й оцінювати критичність цих відхилень для дотримання принципу «just-in-time».

4. Удосконалено метод формування рішення щодо вибору раціонального маршруту транспортування в рамках повного логістичного ланцюга, з використанням нечіткої математики, та який, на відміну від відомих, надає змогу знизити рівень невизначеності часових та фінансових витрат при функціонуванні ланцюга поставок.

5. Дістали подальший розвиток інформаційні технології управління процесами транспортної логістики в частині розробки засобів підтримки прийняття раціональних рішень в процесі функціонування повного ланцюга постачання, що дозволило знизити фінансові та часові ризики.

6. Здійснено впровадження результатів дисертаційного дослідження у діяльність логістичних компаній та у навчальний процес закладів вищої освіти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рахими Я. Подход к организации логистических процессов, связанных с поставками сухофруктов / Я. Рахими // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2017»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2017. – Том 3. – С.149.

2. Рахими Я. Формирование полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину с использованием мультиагентной технологии / Я. Рахими // XXII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – Том 9. – С.164-165.

3. Рахими Я. Модернизация логистической цепи поставок сухофруктов в Украину на основе мультиагентной технологии / Я. Рахими // Сьома міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2018. – С. 5.

4. Рахими Я. Повышение эффективности процессов формирования полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину средствами искусственного интеллекта / Я. Рахими // Шоста міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації». – Харків: ХНУРЕ, 2018. – С. 108.

5. Рахімі Я. Надбання знань для побудови експертної системи підтримки прийняття рішень по організації повного логістичного ланцюга поставок сухофруктів в Україну / Я. Рахімі // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2018»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2018. – Том 3. – С.64.

6. Рахими Я. Информационная технология создания, развертывания и поддержки функционирования полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими // Дев'ята міжнародна науково-технічна конференція

«Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2019. – С. 27.

7. Рахімі Я. Застосування вкладених мереж Петрі для створення процесних моделей в задачі розгортання повного логістичного ланцюга / Я. Рахімі // XXIII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – Том 9. – С.107-108.

8. Shostak I. Ensuring the security of the full logistics supply chain based on the blockchain technology / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova, O. Feoktystova, O. Melnyk // 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, ICTERI. CEUR Workshop Proceedings, 2019. – Volume 2393. – P. 655-663.

9. Shostak I. Application of IoT technology to ensure the security of full logistic supply chains / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova // Десята міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2020. – С. 53.

10. Підгорний М.В. Моделі інформаційної підтримки повних ланцюгів постачань / М.В. Підгорний, О.Ю. Лук'янченко, Я. Рахімі // Міжнародна науково-технічна конференція «Поліпшення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин». – К.: НТУ, 2021. – С.10.

11. Підгорний М.В. Системна ефективність логіко-динамічних комплексів транспортування небезпечних вантажів / М.В. Підгорний, В.П. Мельник, Я. Рахімі // Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні технології: матеріали Дванадцятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів. (Одеса, 03-04 червня 2021 р.) / ред. М. О. Манзарук. Одеса: ДУІТЗ, 2021. – С.104-106.

12. Рахімі Я. Знаниеориентированный подход к организации поддержки принятия решений по формированию полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахімі // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2017. – Вип. 6(46). – С. 197-201.

13. Рахими Я. Разработка сетевой модели для оптимизации функционирования логистической цепи поставок сухофруктов в режиме «just-in-time» / Я. Рахими // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №1 – С.11-15.

14. Рахими Я. Разработка экспертной системы для выбора рационального маршрута транспортировки сухофруктов в Украину / Я. Рахими, Е.И. Феоктистова // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №2 – С.84-88.

15. Шостак И.В. Моделирование полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину с применением вложенных сетей Петри / И. В. Шостак, Я. Рахими // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №4 – С.45-48.

16. Рахими Я. Нечеткое моделирование транспортной составляющей полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими, И.В. Шостак, Е.И. Феоктистова // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2018. – Вип. 3(49). – С. 83-87.

17. Шостак И.В. Метод расширения модели логистической цепи поставок, представленной в форме двухуровневой вложенной сети Петри / И. В. Шостак, Я. Рахими // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2019. – Вип. 1(89). – С.82-90.

18. Kudhair Abed Thamer. Development of an approach to managing dry fruit supply chains using expert systems / Abed Thamer Kudhair, Yashar Rahimi // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2020. – № 4/3 (106). – С. 16 – 22.

19. Rahimi Y. Organization the information support of full logistic supply chains within the industry 4.0 / Y. Rahimi, I. Matyshenko, R. Kapitan, Y. Pronchakov // International Journal for Quality Research. – 2020. – №14(4), P. 1279–1290.

20. Підгорний М.В. Моделі інформаційної підтримки повних ланцюгів постачань / М.В. Підгорний, О.Ю. Лук'янченко, Я. Рахімі // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". – 2021. – Випуск 3 (50). С. 123-130.

21. Підгорний М. В. Системний підхід до побудови інформаційної технології підвищення ефективності ланцюга постачань товарів / М.В. Підгорний, Я. Рахімі // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2021. – Вип. 2(64). – С. 89-91.

22. Ларіна Р. Р. Логістика: Навч. посіб. / Донецький держ. ун-т управління. — Донецьк: ДонДУУ, 2006. — 277 с.

23. Родников А.Н. Логистика: Терминологический словарь. 2-е изд. М.: ИНФРА-М, 2000. – 384 с.

24. Шеховцов Р.В. Сервисная логистика / Р.В. Шеховцов. Ростов-на-Дону: Изд-во АПСН СКНВ ВШ, 2003. – 240 с.

25. http://www.ukrexport.gov.ua/ukr/zakon_v_sferi_zed/ukr/4876.html

26. Крикавський Є. В. Логістика. Основи теорії: Підручник — Львів: «Інтелект–Захід», 2004. — 416 с.

27. Семенов А. И., Сергеев В. И. Логистика. Основы теории: учебник для вузов. — СПб.: «Союз», 2001. — 544 с.

28. Рындин А.А., Хаустович А.В., Долгих Д.В. Проектирование корпоративных информационных систем. / под ред. А. А. Рындина. Воронеж: Издательство "Кварта", 2003. - 448 с.

29. Неруш Ю.М. Логистика. Учебное пособие для ВУЗов. –М.: ЮНИТИ, 2000. -389с.

30. Линдерс М.Р., Фирон Х.Е. Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. – СПб.:ООО «Издательство Полигон», 1999. – 768 с.

31. Румянцев Н.В. Моделирование гибких производственно-логистических систем. – Донецк: ДонНУ, 2004. – 235 с.

32. Хэндфилд Р.Б., Николс-мл. Э.Л. Реорганизация цепей поставок: Пер. с англ. – М.: ИД «Вильямс», 2003. – 416 с.

33. Костюк О.С. Логістичний аудит в оптимізації ланцюга поставок // Соціально-економічні дослідження в перехідний період. Механізм управління ефективністю інновацій у регіоні. (Зб. наук. праць) НАН України, ІРД. – 2005. – Вип. 1. – С.276-285.

34. Мартиненко С.М. Економічна оцінка логістичної діяльності підприємств // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Логістика». – 2005. - №526. – С.112-121.

35. Мате Э., Тискье Д. Логистика / Пер. с франц. под ред. Н.В. Куприенко. – СПб.: Издательский дом «Нева», М.: «ЛОМА-ПРЕСС Инвест», 2003. – 128 с.

36. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка» (Інформаційно-видавничий центр «ІНТЕЛЕКТ+» Інституту післядипломної освіти), «Інтелект-Захід», 2004, - 416 с.

37. Современная логистика: пер.с англ./[Джонсон Джеймс С., Вуд Доналд Ф., Вордлоу Дэниел Л. и др.] .– М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. – 624с.

38. Алесинская Т.В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления. Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 305 с.

39. Димарчук С. М. Логістична система управління та її взаємозв'язок з стратегією підприємства // Вісник ДУ “Львівська політехніка”, 2000.— № 390.— С. 20–22.

40. Окландер М.А. Логістична система підприємства: Монографія. – О.: «Астропринт», 2004. – 312 с.

41. Беспалов Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. – М.: Вершина, 2007. – 384с.

42. Черкашин П.А. Готовы ли Вы к войне за клиента? Стратегия управления взаимоотношениями с клиентами (CRM). – М.: ООО «ИНТУИТ.ру», 2004. – 384 с.

43. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика. Интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок:

Учебник для МВА / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2014. – 944 с.

44. Корпоративная логистика в вопросах и ответах. / Под ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017.

45. Сток, Дж. Р. Стратегическое управление логистикой / Джеймс Р. Сток, Дуглас М. Ламберт. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 831 с.

46. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. – 640 с.

47. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска. – М.: Вершина, 2006. – 376с.

48. Вагнер М. Штефан. Управление поставщиками / Пер. с нем. Под ред. А.Г. Ахметзянова. – М.: КИА центр, 2006. 128с. (Библиотека логиста).

49. Закон України «Про транспортно-експедиторську діяльність», затверджений Постановою ВРУ № 1955 від 01.07.2004р. (Редакція станом на 03.08.2012) //ВВР. – 2004. - №52. – Ст.562.

50. Закон України “Про господарські товариства”, затверджений Постановою ВРУ №1577-12 від 19.09.91 р. (із змінами №2409-III від 17.05.2001 р.) // ВВР. – 2001. — №31. – Ст. 146.

51. Закон України “Про підприємства в Україні”, затверджений Постановою ВРУ №888-12 від 27.03.91 р. (із змінами №2470-III від 29.05.2001 р.) // ВВР. – 2001. — №32. – Ст. 172.

52. <https://zakon.rada.gov.ua/>

53. Андрейчиков А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – Финансы и статистика, 2000. – 368 с.

54. Кузин Б. И. Методы и модели управления фирмой / Б.И. Кузин, В.Н. Юрьев, Г.М. Шахдинаров. – СПб.: Питер, 2001. – 432 с.

55. Корпоративная логистика в вопросах и ответах. / Под ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017.

56. Мельник И. О. Интегрированные торговые интернет-системы электронной коммерции: принципы и технологии / И.О. Мельник, Л.И. Воронова // Обозрение прикладной и промышленной математики, 2007, т.14, вып. №3, С. 549–551.

57. Петров Ю. А. Комплексная автоматизация управления предприятием: Информационные технологии – теория и практика / Ю. А. Петров, Е. Л. Шлимович, Ю. В. Ирюпин. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 160 с.

58. Ахромов Я.В. Системы электронной коммерции. – М.: Оникс, 2007. – 416 с.

59. Гаврилов Л.П. Основы электронной коммерции и бизнеса. – М.: Солон-Пресс, 2009. – 592 с.

60. Колпаков В.И. Интернет-технологии и их роль в повышении функционирования малых предпринимательских организаций. // Сборник статей студентов, аспирантов, преподавателей экономического факультета. – М: МГОУ, 2006. – С.33-36.

61. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Москва: Мир, 1984. — 264 с.

62. Agha G.A., De Cindino F., Rozenberg G. (Eds) Concurrent objects oriented programming and Petri nets: Advances in Petri nets. Lecture Notes in Computer Science. – 2001. Vol. 2001. – P. 145-171.

63. Новак В., Перфильева И., Мочкорж И. Математические принципы нечеткой логики: Пер. с англ. под ред. А.Н. Аверкина. – М.: Физматлит, 2006. – 352 с.

64. Пытьев Ю.П. Возможность как альтернатива вероятности: Математические и эмпирические основы, применение. – М.: Физматлит, 2007. – 464 с.

65. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. – СПб.: «Питер», 2002. – 448 с.

66. <http://www.mathworks.com/products>

67. Кельтон Д. Имитационное моделирование. Классика CS. [Текст] / Д. Кельтон, А. Лоу; [Пер. с англ]. – СПб.: Питер, 2004. – 487 с.
68. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю. Карпов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 400 с.
69. Сток, Дж. Р. Стратегическое управление логистикой / Джеймс Р. Сток, Дуглас М. Ламберт. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 831 с.
70. Crainic, T.G., Frangioni, A., Gendron, B. Bundle-Based Relaxation Methods for Multicommodity Capacitated Network Design. // *Discrete Applied Mathematics*. – 2001. – 112. – P. 73-99.
71. Crainic, T.G., Roy, J. O.R. Tools for Tactical Freight Transportation Planning. // *European Journal of Oper. Res.* – 1988. – 33(3). – P. 290-297.
72. Ломазова И.А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой. – М.: Научный мир, 2004. – 208 с.
73. Ломазова И.А. Моделирование мультиагентных динамических систем вложенными сетями Петри // Программные системы: Теоретические основы и приложения. – М.: Наука, Физматлит, 1999. – С. 143-156.
74. Зазовская Т.А., Ломазова И.А. О сравнительной выразительности вложенных сетей Петри и алгебр процессов // Седьмая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ 2000). Труды конференции. Том 1. – М.: Физматлит, 2000. – С. 305-314.
75. Araki T., Kasami T. Some decision problems related to the reachability problem for Petri nets // *Theoretical Computer Science*. – 1977/ Vol. 3(1). – P. 85-104.
76. Holvoet T. Agents and Petri Nets // *Petri Nets Newsletter*. – 1995. Vol. 49/ - P. 3-8.
77. Lakos C.A. From Coloured Petri Nets to Object Petri Nets // *Proc. Int. Conf. on Appl. And Theory of Petri Nets. Lecture Notes in Computer Science*. – 1997. Vol. 1248. P. 278-297.

78. Lakos C.A. Composing Abstractions of Coloured Petri Nets // Application and Theory of Petri Nets. – Aarhus, Denmark, 2000. – P. 323-345.
79. Lomazova I.A. Modeling dynamic objects in distributed systems with Nested Petri nets // Fundamenta Informaticae. – 2002. Vol. 51, № 1-2. – P. 121-133.
80. Lomazova I.A. Nested Petri nets: multi level and recursive systems // Fundamenta Informaticae. – 2001. Vol. 47, № 3-4. – P. 283-293.
81. Manna Z., Pnueli A. The Temporal Logic of Reactive and Concurrent Systems. – Springer-Verlag, 1992. – 384 p.
82. Marti-Oliet N., Meseguer J. From Petri nets to Linear Logic. Technical report, SRI International, Computer Science Laboratory, Stanford, 1989. – 452p.
83. Manna Z., Pnueli A.: Verifying hybrid systems. Hybrid systems, LNCS 736, 1993. – Pp. 4-35 (<http://cs.nyu.edu/faculty/pnueli/c-and-j.html>)
84. McManis J., Varajya P.: Suspension Automata: A Decidable Class of Hybrid Automata. 6th International Conference CAV'94. Lecture Notes in Comp. Sci. 818, 1994. – Pp. 105 - 117.
85. Oded Maler, Amir Pnueli: Hybrid Systems: Computation and Control, 6th International Workshop, HSCC 2003 Prague, Proceedings Springer, 2003.
86. Yonit Kesten, Zohar Manna, Amir Pnueli: Verification of Clocked and Hybrid Systems. Acta Informatica 36(11), Springer Berlin / Heidelberg, 2000. –Pp. 837 - 912 (<http://citeseer.ist.psu.edu/212104.html>)
87. Maler O., Manna Z., Pnueli A.: From Timed to Hybrid systems. Real-Time: Theory in Practice, Lecture Notes in Comp.Sc 600, Springer-Verlag, 1992. – Pp. 447 - 484 (<http://citeseer.ist.psu.edu/maler92from.html>)
88. Crainic, T.G., Dejax, P.J., Delorme, L. Models for Multimode Multicommodity Location Problems with Interdepot Balancing Requirements. // Annals of Oper. Res. – 1989. – 18. – P. 279-302.
89. Crainic, T.G., Delorme, L. Dual-Ascent Procedures for Multicommodity Location-Allocation Problems with Balancing Requirements. // Transp. Sci. – 1995. – 27(2). – P. 90-101.

90. Бочкарев А.А. Планирование и моделирование цепи поставок: Учебно-практическое пособие. – М.: Альфа-Пресс, 2008. – 192с.
91. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска. – М.: Вершина, 2006. - 376с.
92. Вагнер М. Штефан. Управление поставщиками / Пер. с нем. Под ред. А.Г. Ахметзянова. – М.: КИА центр, 2006. 128с. (Библиотека логиста).
93. Беспалов Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. – М.: Вершина, 2007. – 384с.
94. Герами В.Д., Колик А.В. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики. Учебник - М.: Юрайт., 2015. – 512 с.
95. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика. Интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок: Учебник для МВА / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2014. – 944 с.
96. Корпоративная логистика в вопросах и ответах. / Под ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017.
97. Безгубова Ю.О. Модели программных агентов в задачах информационного поиска // Славянский форум. 2015. № 2(8). С. 41-49.
98. Маркелов В.М. Применение мультиагентных систем для управления логистическими системами // Славянский форум. 2014. № 2 (6). С. 82-87.
99. Лукинский В.С., Шульженко Т.Г. Моделирование временных составляющих логистического цикла при реализации технологии «точно в срок» // V Всероссийская научно- практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика», Т.II. – СПб. – 2011. – С. 145–151.
100. Батыршин И.З., Недосекин А.О., Стецко А.А., Тарасов В.Б., Язенин А.В., Ярушкина Н.Г. Нечеткие гибридные системы: Теория и практика / Под ред. Н.Г. Ярушкиной . – М.: Физматлит, 2007. – 208 с.

101. Wang L.X. Design and analysis of fuzzy identifiers of nonlinear dynamic systems. IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 40, № 1, pp. 11-23.
102. Yao C.C., Kuo Y.H. A fuzzy neural network model with three-layered structure. Proceeding of the International Conference FUZZ-IEEE/IFES'95, vol. 3. Yokohama, Japan, pp. 1503-1510.
103. Прикладные нечеткие системы / Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи и М. Сугено: Пер. с япон. Ю.Н. Чернышова– М.: Мир, 1993. – 368 с.
104. Pnueli, A., 1977, “The temporal logic of programs”, Proceedings of the 18th IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, P. 46-67.
105. Дьяконов В.П. MATLAB6/6.1/6.5 + SIMULINK 4/5 М.:Солон-Пресс, 2002. 768с Crainic, T.G., Roy, J. O.R. Tools for Tactical Freight Transportation Planning. // European Journal of Oper. Res. – 1988. – 33(3). – P. 290-297.
106. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ.-2-е изд. (эл.). -М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -798 с.

ДОДАТОК А

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Рахими Я. Знаниеориентированный подход к организации поддержки принятия решений по формированию полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2017. – Вип. 6(46). – С. 197-201.
2. Рахими Я. Разработка сетевой модели для оптимизации функционирования логистической цепи поставок сухофруктов в режиме «just-in-time» / Я. Рахими // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №1 – С.11-15.
3. Рахими Я. Разработка экспертной системы для выбора рационального маршрута транспортировки сухофруктов в Украину / Я. Рахими, Е.И. Феоктистова // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №2 – С.84-88.
4. Шостак И.В. Моделирование полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину с применением вложенных сетей Петри / И. В. Шостак, Я. Рахими // Сучасні інформаційні системи. – Х.: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018. – Том 2. №4 – С.45-48.
5. Рахими Я. Нечеткое моделирование транспортной составляющей полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими, И.В. Шостак, Е.И. Феоктистова // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2018. – Вип. 3(49). – С. 83-87.
6. Шостак И.В. Метод расширения модели логистической цепи поставок, представленной в форме двухуровневой вложенной сети Петри / И. В. Шостак,

Я. Рахими // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2019. – Вип. 1(89). – С.82-90.

7. Kudhair Abed Thamer. Development of an approach to managing dry fruit supply chains using expert systems / Abed Thamer Kudhair, Yashar Rahimi // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2020. – № 4/3 (106). – С. 16 – 22.

8. Підгорний М.В. Моделі інформаційної підтримки повних ланцюгів постачань / М.В. Підгорний, О.Ю. Лук'янченко, Я. Рахімі // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. – 2021. – Випуск 3 (50). С. 123-130.

9. Підгорний М. В. Системний підхід до побудови інформаційної технології підвищення ефективності ланцюга постачань товарів / М.В. Підгорний, Я. Рахімі // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2021. – Вип. 2(64). – С. 89-91.

Статті у періодичних фахових виданнях іноземних держав:

10. Rahimi Y. Organization the information support of full logistic supply chains within the industry 4.0 / Y. Rahimi, I. Matyshenko, R. Kapitan, Y. Pronchakov // International Journal for Quality Research. – 2020. – №14(4), P. 1279–1290.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

11. Рахими Я. Подход к организации логистических процессов, связанных с поставками сухофруктов / Я. Рахими // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2017»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2017. – Том 3. – С.149.

12. Рахими Я. Формирование полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину с использованием мультиагентной технологии / Я. Рахими // XXII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь

у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – Том 9. – С.164-165.

13. Рахими Я. Модернизация логистической цепи поставок сухофруктов в Украину на основе мультиагентной технологии / Я. Рахими // Сьома міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2018. – С. 5.

14. Рахими Я. Повышение эффективности процессов формирования полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину средствами искусственного интеллекта / Я. Рахими // Шоста міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації». – Харків: ХНУРЕ, 2018. – С. 108.

15. Рахімі Я. Надбання знань для побудови експертної системи підтримки прийняття рішень по організації повного логістичного ланцюга поставок сухофруктів в Україну / Я. Рахімі // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2018»: Тези доповідей. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2018. – Том 3. – С.64.

16. Рахими Я. Информационная технология создания, развертывания и поддержки функционирования полной логистической цепи поставок сухофруктов в Украину / Я. Рахими // Дев'ята міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2019. – С. 27.

17. Рахімі Я. Застосування вкладених мереж Петрі для створення процесних моделей в задачі розгортання повного логістичного ланцюга / Я. Рахімі // XXIII Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – Том 9. – С.107-108.

18. Shostak I. Ensuring the security of the full logistics supply chain based on the blockchain technology / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova, O. Feoktystova, O. Melnyk // 15th International Conference on ICT in Education, Research and

Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, ICTERI. CEUR Workshop Proceedings, 2019. – Volume 2393. – P. 655-663.

19. Shostak I. Application of IoT technology to ensure the security of full logistic supply chains / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova // Десята міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Харків: ХНУРЕ, 2020. – С. 53.

20. Підгорний М.В. Моделі інформаційної підтримки повних ланцюгів постачань / М.В. Підгорний, О.Ю. Лук'янченко, Я. Рахімі // Міжнародна науково-технічна конференція «Поліпшення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин». – К.: НТУ, 2021. – С.10.

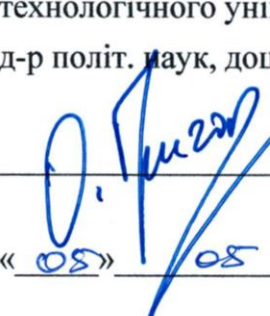
21. Підгорний М.В. Системна ефективність логіко-динамічних комплексів транспортування небезпечних вантажів / М.В. Підгорний, В.П. Мельник, Я. Рахімі // Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні технології: матеріали Дванадцятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів. (Одеса, 03-04 червня 2021 р.) / ред. М. О. Манзарук. Одеса: ДУІТЗ, 2021. – С.104-106.

ДОДАТОК Б

Акти впровадження результатів дисертаційної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Ректор Черкаського державного
технологічного університету,
д-р політ. наук, доцент


_____ О. О. Григор
« 05 » _____ 05 2021р.

АКТ

впровадження в навчальний процес

Черкаського державного технологічного університету

результатів дисертаційної роботи **Рахімі Яшара**

на тему: "Нечітка мережева модель та методи інформаційного підтримування повних ланцюгів постачання товарів бакалійної групи"

Комісія у складі: голови – першого проректора, к.т.н., доцента Гончарова А.В. і членів комісії: декана факультету комп'ютеризованих технологій машинобудування і дизайну, к.т.н., доцента Підгорного М.В., завідувачки кафедри автомобілів та технології їх експлуатації, к.т.н., доцента Тарандушки Л.А., доцента кафедри автомобілів та технології їх експлуатації, к.т.н., доцента Лук'янченка О.Ю. склали даний акт про те, що наступні результати дисертаційного дослідження Рахімі Я. впроваджені в навчальний процес при виконанні курсових проектів і кваліфікаційних робіт, при викладанні лекцій, проведенні лабораторних та практичних занять з навчальних дисциплін («Управління ланцюгом постачань», «Логістика в автотранспорті»), а саме:

- моделі повного логістичного ланцюга постачання у формі вкладеної сітки Петрі, що надає змогу відобразити ієрархічність ланцюга, а саме верхній його рівень (фокусну компанію по переробці вихідної сировини) та нижчі рівні, що відображають діяльність постачальників сировини та реалізаторів готової продукції;

- методу подання часових залежностей між бізнес-процесами у

повному логістичному ланцюзі постачання, який надає змогу виявляти відхилення у функціонуванні ланцюга й оцінювати критичність цих відхилень для дотримання принципу «just in time»;

- методу формування рішення щодо вибору раціонального маршруту транспортування в рамках повного логістичного ланцюга, з використанням нечіткої математики, який надає змогу знизити рівень невизначеності часових та фінансових витрат при функціонуванні ланцюга поставок.

Впровадження зазначених результатів дисертаційної роботи Рахімі Яшара у навчальний процес надало змогу підвищити рівень обізнаності студентів про сучасні засоби інформаційної підтримки процесів управління ланцюгами постачання. Використання студентами і магістрами зазначених результатів дозволяє їм на більш високому науково-технічному рівні виконувати курсові проекти та кваліфікаційні роботи.

Голова комісії:

Перший проректор,

к.т.н., доцент

 А. В. Гончаров

Члени комісії:

Декан факультету комп'ютеризованих
технологій машинобудування і дизайну,

к.т.н., доцент

 М. В. Підгорний

Завідувачка кафедри автомобілів

та технології їх експлуатації,

к.т.н., доцент

 Л. А. Тарандушка

Доцента кафедри автомобілів

та технології їх експлуатації,

к.т.н., доцент

 О. Ю. Лук'янченко

ДОВІДКА

про впровадження окремих результатів та пропозицій
дисертаційної роботи Рахімі Яшара
у діяльність торговельної компанії ТОВ «ASAL»

Довідка підтверджує, що результати наукового дослідження Рахімі Я., поданого на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а саме метод формування рішення щодо вибору раціонального маршруту транспортування в рамках повного логістичного ланцюга під час створення та підтримки ланцюгів постачання сухофруктів в Україну.

Реалізація зазначеного методу у складі інструментального засобу інформаційної підтримки бізнес процесів, що пов'язані із обґрунтуванням вибору раціональних маршрутів перевезень та мінімізацією часових та фінансових витрат надало змогу підвищити ефективність логістичних процесів на фірмі.



Директор ТОВ «ASAL»
Курбанов А.Д.