

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОВАЛЬ Назарій Ярославович

УДК 005.8:004.9+004.891.2

ДИСЕРТАЦІЯ

**МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЛАНУВАННЯ
ГІБРИДНИХ ПРОЕКТІВ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ ПІД
ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

122 Комп'ютерні науки
12 Інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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



Н. Я. Коваль

Науковий керівник: Тригуба Анатолій Миколайович, доктор технічних наук,
професор

Львів – 2023

АНОТАЦІЯ

Коваль Н. Я. Моделі та інформаційна технологія планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки (12 Інформаційні технології). Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2023.

У дисертаційній роботі на підставі проведених досліджень розв'язано важливу науково-прикладну задачу підвищення ефективності планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій завдяки розробці системи підтримки прийняття рішень, яка базується на обґрунтованих методах, моделях, алгоритмах та інформаційній технології. Запропоновано системну модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту. Вона передбачає виконання семи рівнів, які входять до чотирьох підциклів, кожен із яких забезпечує отримання бажаного системного результату для підвищення ефективності зазначеного процесу. Запропонована модель лежить в основі розроблення інструментарію для підтримки прийняття відповідних управлінських рішень.

Розроблено метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у гібридних проектах заготівлі продовольчої сировини. Цей метод передбачає системне формування бази даних та знань на підставі виконання десяти етапів, які забезпечують своєчасне та повне отримання достовірної інформації із зовнішніх ресурсів (господарств-виробників продовольчої сировини, проектних менеджерів, доступних геоінформаційних систем та інших сервісів). Також цим методом передбачено проведення інтелектуальних розрахунків, що лежать в основі якісної підтримки прийняття рішень під час оперативного планування.

Обґрунтовано моделі прогнозування сезонних обсягів надходження сировини та визначення складових гібридних проектів. Це дало можливість оптимізувати модель SARIMA для прогнозування обсягів заготівлі молока та встановити її параметри (4, 3, 0, 1), які забезпечують найнижче значення інформаційного критерію Akaike's. Розроблено моделі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини, які враховують їх мінливість та є основою для визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Удосконалено алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини, що базується на класичному алгоритмі оптимізації мурашиних колоній (ACO) (Ant Colony Optimization). Цей алгоритм передбачає виконання восьми кроків та, на відміну від існуючих, враховує реальні виробничі умови заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Запропоновано модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. Вона передбачає виконання трьох етапів та дванадцяти кроків, що базуються на обґрунтованих моделях стану виробничих умов та тривалості виконання робіт. Системне використання зазначених моделей та алгоритму формування маршрутів забезпечують створення ефективної інформаційної технології оперативного планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій.

Розроблено функціональні моделі та алгоритмічне забезпечення для створення інформаційної технології підтримки прийняття рішень оперативного планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій. Вони враховують особливості предметної галузі та передбачають виконання п'яти взаємозв'язаних груп процесів, які дають змогу реалізувати функції збирання, збереження, обробки, передачі, візуалізації та використання обґрунтованої інформації. Запропоновані функціональні моделі та алгоритмічне забезпечення лежать в основі розроблення архітектури

інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Розроблено інформаційну систему підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини. Вона являє собою трирівневу клієнт-серверну архітектуру, що базується на інтегрований інформаційній технології обробки інформації. Використання запропонованої інформаційної технології дає можливість забезпечити інтеграцію інформації на підставі виконання її впорядкування та агрегації під час передавання між складовими запропонованої системи. Запропонована програмна реалізація інформаційної системи у вигляді веб-додатку та проведена її апробація для реальних умов територіальної громади. На підставі проведених досліджень встановлено, що запропонована інформаційна система забезпечує найкращі значення показників ефективності підтримки прийняття рішень під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини. Вона є доцільною у використанні для заданої предметній галузі. Розроблений інструментарій впроваджено в практику для розв'язання задач оперативного планування заготівлі продовольчої сировини, що підтверджує його ефективність.

Ключові слова: модель, алгоритм, інформаційна технологія, система підтримки прийняття рішень, оперативне планування, заготівля, продовольча сировина, надзвичайні ситуації.

ABSTRACT

Koval N. Ya. Models and information technology for planning hybrid projects of procurement of food raw materials during emergency situations. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 122 Computer Sciences (12 Information Technologies). Lviv State University of Life Safety of the State Emergency Service of Ukraine, Lviv, 2023.

In the dissertation, on the basis of the conducted research, an important scientific and applied problem of increasing the efficiency of planning hybrid projects

for the procurement of food raw materials during emergency situations was solved thanks to the development of a decision-making support system on the basis methods, models, algorithms and information technology. A system model of digital transformation of the process of harvesting food raw materials on the territory of rural communities with the use of computational intelligence is proposed. She involves the implementation of seven levels, which are included in four sub-cycles, each of which provides the desired system result to increase the efficiency of the specified process. The proposed model is the basis for the development of tools to support the adoption of relevant management decisions.

A method of collecting and pre-processing information has been developed for the operational planning of works in hybrid projects of procurement of food raw materials. This method involves the systematic formation of a database and knowledge based on the implementation of ten stages that ensure timely and complete obtaining of reliable information from external resources (farms producing food raw materials, project managers, available geo-information systems and other services). Also, this method provides for intellectual calculations, which is the basis of quality decision-making support during operational planning.

The models for forecasting seasonal volumes of raw materials and determining the components of hybrid projects are substantiated. This made it possible to optimize the SARIMA model for forecasting milk yield and set its parameters (4, 3, 0, 1) that provide the lowest value of Akaike's information criterion. Models of the duration of work on the procurement of food raw materials have been developed, which take into account their variability and are the basis for determining a rational scenario of the execution of work on the procurement of food raw materials on the territory of the community during emergency situations.

The algorithm for forming routes for the procurement of food raw materials, based on the classic algorithm of ant colony optimization (ACO) (Ant Colony Optimization), has been improved. This algorithm involves the implementation of eight steps and, unlike the existing ones, takes into account the real production

conditions of the procurement of food raw materials on the territory of the community during emergency situations.

The proposed model for determining a rational scenario for the performance of works on the procurement of food raw materials on the territory of the community. It involves the implementation of three stages and twelve steps based on well-founded models of the state of production conditions and the duration of work. The systematic use of the specified models and the route formation algorithm ensure the creation of effective information technology for operational planning of hybrid projects for the procurement of food raw materials during emergency situations.

Functional models and algorithmic support were developed for the creation of information technology to support operational planning of hybrid projects for procurement of food raw materials during emergency situations. They take into account the specifics of the subject area and provide for the implementation of five interrelated groups of processes that allow the collection, storage, processing, transmission, visualization and use of substantiated information. The proposed functional models and algorithmic support are the basis of the development of the architecture of the information system for operational planning of the procurement of food raw materials on the territory of the community during emergency situations.

An information system has been developed to support decision-making for operational planning of procurement of food raw materials. It is a three-level client-server architecture based on integrated information processing technology. The use of the proposed information technology makes it possible to ensure the integration of information based on its arrangement and aggregation during transmission between the components of the proposed system. The software implementation of the information system in the form of a web application was proposed and its approbation was carried out for the real conditions of the territorial community. On the basis of the conducted research, it was established that the proposed information system provides the best values of the indicators of the effectiveness of decision-making support during the operational planning of the procurement of food raw materials. It is appropriate to use for a given subject area. The developed toolkit has

been put into practice to solve the problems of operational planning of procurement of food raw materials, which confirms its effectiveness.

Key words: model, algorithm, information technology, decision support system, operational planning, procurement, food raw materials, emergency situations.

Список публікацій здобувача.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у міжнародних наукових виданнях і тих, що входять до міжнародних наукометричних баз (МНБ):

1. Tryhuba A., Ratushny R., Tryhuba I., **Koval N.**, Androshchuk I. The Model of Projects Creation of the Fire Extinguishing Systems in Community Territories. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendeliana brunensis*. Vol. 68, No. 2, 2020, pp. 419-431. <https://doi.org/10.11118/actaun202068020419>. (1,125 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у виконаному системному аналізі особливостей мінливого проектного середовища гібридних проектів систем безпеки об'єднаних територіальних громад та становить 0,2 друк. арк.*

2. Tryhuba A., Tryhuba I., Bashynsky O., Kondysiuk I., **Koval N.**, Bondarchuk L., Conceptual Model of Management of Technologically Integrated Industry Development Projects. IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2020, IEEE, Lviv, 2020, pp. 155–158. doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321903. (0,625 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у виконаному системному аналізі та описі взаємозв'язків між проектами виробництва сировини, логістичними проектами та проектами створення готової продукції для споживачів та становить 0,12 друк. арк.*

3. **Koval N.**, Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of

works in hybrid projects using machine training technologies. 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop, MoMLeT and DS 2021, CEUR Workshop Proceedings 2917, Lviv-Shatsk, 2021, pp. 196–206. (1,05 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні підходу та алгоритму прогнозування фонду часу виконання робіт у гібридних проектах з урахуванням мінливих природно-кліматичних складових умов та становить 0,2 друк. арк.*

4. Tryhuba A., Boyarchuk V., **Koval N.**, Tryhuba I., Boiarchuk O., Pavlikha N. Risk-adapted model of the lifecycle of the technologically integrated programs of dairy cattle breeding. IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2021, IEEE, Lviv, 2021, pp. 307–310. doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648672. (0,625 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні моделі впливу термінів виконання гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини на тривалість життєвого циклу технологічно інтегрованої програми та становить 0,125 друк. арк.*

5. Tryhuba A., **Koval N.**, Shevchuk V., Tryhuba I., Bashynsky O. System Model of Formation of the Value of Projects of Digital Transformation in Rural Communities. IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2021, IEEE, Lviv, 2022, pp. 398–401. doi: 10.1109/CSIT56902.2022. (0,625 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні системної моделі цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад та становить 0,2 друк. арк.*

6. Tryhuba A., Koval N., Tryhuba I., Boiarchuk O. Application of Sarima Models in Information Systems Forecasting Seasonal Volumes of Food Raw Materials of Procurement on the Territory of Communities. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3295, pp. 64–75. (0,925 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні параметрів моделі*

SARIMA, яка забезпечує якісне прогнозування сезонних обсягів надходження продовольчої сировини, та становить 0,4 друк. арк.

7. Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., **Koval N.**, Boiarchuk O., Tatomyr A. Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises, in: I Workshop Information Technologies in Energy and Agro-industrial Complex, ITEA-WS 2021, CEUR Workshop Proceedings 3109, Dubliany, Lviv region, 2021, pp. 44–52. (0,75 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у розробці трирівневої архітектури інтелектуальної інформаційної системи та становить 0,15 друк. арк.*

8. Tryhuba A. M., Koval N. Ya., Ratushnyi A. R., Tryhuba I. L., Shevchuk V. V. Algorithm for the routes formation of food raw materials procurement on the community territory taking into account the production conditions during emergency situations. Applied Aspects of Information Technology, 2023; Vol.6 No.1. pp. 60–73. (1,1 д. а.). **Видання входить до МНБ – Index Copernicus, Research Bible.** *Особистий внесок автора полягає у розробці алгоритму оптимізації мурашинних колоній для формування маршрутів транспортних засобів та становить 0,6 друк. арк.*

Статті у наукових фахових виданнях України:

9. Тригуба А., Тригуба І., Фтома О., Кондисюк І., **Коваль Н.** Системний підхід до оцінення ризиків несвоєчасного виконання робіт в інтегрованих проектах. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. №23. Львів: Львів НАУ, 2019. С. 123-130. (0,84 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні особливості використання ресурсів у гібридних проектах та потребі розроблення методів і моделей врахування мінливих характеристик проектного середовища, що становить 0,1 друк. арк.*

10. Тригуба А., Тригуба І., Чубик Р., Кондисюк І., **Коваль Н.**, Панюра Я. Прогнозування обсягів заготівлі сировини на території громад із використанням штучних нейронних мереж. Вісник Львівського національного

аграрного університету: агроінженерні дослідження. №24. Львів: Львів НАУ, 2020. С.143-151. (1,0 д. а.). Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні архітектури штучної нейронної мережі для прогнозування обсягів заготівлі сировини на території громад, що становить 0,2 друк. арк.

11. Тригуба А., Кондисюк І., **Коваль Н.** Формування портфелів гібридних проектів автотранспортних підприємств. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами : зб. наук. праць. Харків : НТУ "ХПІ", 2021. № 2 (4). С. 67-72. (0,85 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у виконанні імітаційного моделювання із врахуванням особливостей проектного середовища окремих гібридних проектів та тимчасово доступних ресурсів (транспортні засоби, виконавці), що становить 0,2 друк. арк.*

12. **Коваль Н.** Особливості створення інформаційної технології оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2021. 24. С. 48-56. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.06>. (0,95 д. а.).

13. **Коваль Н.** Функціональні моделі інформаційної технології та архітектура інформаційної системи оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. №25. Львів: Львів НАУ, 2021. С. 157–166.* <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.157> (1,05 д. а.).

14. Тригуба А., Кондисюк І., **Коваль Н.**, Тригуба І., Боярчук Ок., Боярчук Ол. Планування часу виконання робіт у гібридних проектах. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами : зб. наук. праць. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. № 2 (4). С. 67-72. (1,1 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробленні укрупненого алгоритму навчання нейронної мережі для планування природно-дозволеного часу виконання робіт впродовж окремих діб життєвого циклу гібридних проектів та становить 0,2 друк. арк.*

15. Тригуба А., **Коваль Н.**, Тригуба І., Падюка Р., Боярчук О. Системна модель цифрової трансформації сільських територіальних громад на основі обчислювального інтелекту. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. №26. Львів: Львів НАУ, 2022. С.177-184. (1,1 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробленні системної моделі та виконанні математичного опису повного циклу цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту, що становить 0,3 друк. арк.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

16. Тригуба А.М., Кондисюк І., **Коваль Н.** Алгоритм прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності із використанням машинного навчання. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 20. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2020. С. 39. (0,05 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробленні алгоритму прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності, що становить 0,02 друк. арк.*

17. Тригуба А.М., Ратушний Р.Т., Кондисюк І., **Коваль Н.** Рівні та особливості моделювання гібридних проектів розвитку територіальних систем. *Управління проектами: стан та перспективи*: матеріали XVI Міжнар. конф. – Миколаїв: НУК, 2020. С. 74-75. (0,09 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні особливостей моделювання гібридних проектів розвитку територіальних систем та становить 0,025 друк. арк.*

18. Тригуба А.М., **Коваль Н.Я.** Алгоритм прогнозування добових обсягів молока на території громад. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 21. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2021. С. 51. (0,05 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробці алгоритму*

прогнозування добових обсягів молока на території громад та становить 0,03 друк. арк.

19. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., Кондисюк І.В., **Коваль Н.Я.** Планування змісту та часу виконання робіт у гібридних проектах із використанням штучних нейронних мереж. *Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами в умовах пандемії COVID-19»* тези доп. XVII-ї Міжн. конф., Київ: КНУБА, 2021. С.279-284. (0,2 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні особливостей планування змісту та часу виконання робіт у гібридних проектах із використанням штучних нейронних мереж та становить 0,05 друк. арк.*

20. **Коваль Н.Я.**, Кондисюк І.В., Тригуба А.М. Алгоритм навчання нейронної мережі для планування часу виконання робіт у гібридних проектах. Молодь у світі сучасних технологій за тематикою: *Сучасні інформаційні технології: стан та перспективи розвитку* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (4 червня 2021 р., м. Херсон); за заг. ред. Г.О. Райко. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. – С. 153-156. (0,25 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробленні алгоритму та моделі планування часу виконання робіт у гібридних проектах, що становить 0,08 друк. арк.*

21. Тригуба А., Пташник В., Татомир А., **Коваль Н.Я.**, Кондисюк І.В. Використання штучних нейронних мереж для прогнозування складових гібридних проектів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXII Міжнародного науково-парктичного форуму, 5-7 жовтня 2021р.: у 2 т. Львів: ННБК «АТБ», 2021. Т.2. С. 96-100. (0,25 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробці моделі прогнозування складових гібридних проектів, що становить 0,06 друк. арк.*

22. **Коваль Н.**, Кисіль С., Тригуба А. Розробка бази даних інформаційної системи планування заготівлі молока. *Інформаційна безпека та інформаційні технології*: збірник тез доповідей V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів, м. Львів, 26

листопада 2021 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2021, С.137-139. (0,315 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробці бази даних інформаційної системи планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини, що становить 0,15 друк. арк.*

23. Тригуба А.М., **Коваль Н.Я.**, Тригуба І.Л., Кисіль С.Р. Архітектура інформаційної системи оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали Х-ї міжнародної наукової конференції, присвяченої 165-річчю університету. Львів-Дубляни, 2021, С. 111–113. (0,315 д. а.). Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні архітектури інформаційної системи оперативного планування заготівлі молока на території громад, що становить 0,1 друк. арк.*

24. Тригуба А.М., **Коваль Н.Я.** Модель SARIMA для оперативного прогнозування обсягів заготівлі молока на території громад. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 22. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2022. С. 27. (0,05 д. а.). Особистий внесок автора полягає у розробці моделі для оперативного прогнозування обсягів заготівлі молока на території громад та становить 0,03 друк. арк.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	17
Розділ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ТА ІСНУЮЧОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ.....	27
1.1. Особливості регулювання діяльності із заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій в Україні та світі.....	27
1.2. Аналіз методів та моделей планування заготівлі продовольчої сировини ..	32
1.3. Аналіз стану використання інформаційних систем та технологій під час заготівлі продовольчої сировини.....	44
1.4. Обґрунтування потреби та постановка завдання для розроблення інформаційної технології планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій	55
Висновки до розділу 1	58
Розділ 2. ІНСТРУМЕНТАРІЙ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ГІБРИДНИХ ПРОЕКТІВ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	60
2.1. Системна модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій	60
2.2. Інформаційна підтримка прийняття рішень під час оперативного планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини на території громад	67
2.3. Метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у гібридних проектах заготівлі продовольчої сировини на території громад	75
Висновки до розділу 2	84
Розділ 3. МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ПРОЦЕСУ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ГІБРИДНИХ ПРОЕКТІВ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	86
3.1. Обґрунтування моделі прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади із використанням штучних нейронних мереж ..	86

3.2. Удосконалений алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій	96
3.3. Моделі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади	112
3.4. Модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій	123
Висновки до розділу 3	137
Розділ 4. СИСТЕМНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЛАНУВАННЯ ГІБРИДНИХ ПРОЕКТІВ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	140
4.1. Інформаційна технологія планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій	141
4.2 Функціональна модель процесу збору та попередньої обробки інформації	149
4.3 Функціональна модель процесу формування множини сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади	152
4.4 Функціональна модель процесу визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади	155
4.5 Функціональна модель процесу створення оперативного плану гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій	158
4.6. Концептуальна модель предметної галузі	159
Висновки до розділу 4	164
Розділ 5. СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ НА ТЕРИТОРІЇ ГРОМАДИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	166
5.1. Архітектура інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини	167
5.2. Реалізація основних функцій інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини	179

5.3. Результати використання запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини.....	187
5.4. Результати визначення ефективності запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини.....	192
Висновки до розділу 5	196
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	199
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	202
ДОДАТКИ.....	228
Додаток А. Результати дослідження удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій	229
Додаток Б. Характеристики транспортного засобу для заготівлі продовольчої сировини на території громади	230
Додаток В. Результати опису атрибутів сутностей об'єктів БД інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій	231
Додаток Г. Результати генерування скрипта SQL для створення об'єктів БД на сервері у MySQL Workbench.....	236
Додаток Д. Початкові дані для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території об'єднаної громади	240
Додаток Е. Результати оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території об'єднаної громади	241
Додаток Ж. Результати оцінення показників ефективності запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень	247
Додаток И. Список публікацій здобувача за темою дисертації	248
Додаток К. Акти впровадження науково-дослідної роботи у практику.....	255

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АСО – класичний алгоритм оптимізації мурашиних колоній;
- ARIMA – модель авторегресивного інтегрованого ковзного середнього;
- BPMN – система умовних позначень (нотацій), які використовуються для моделювання окремих бізнес-процесів;
- MSE – середньоквадратична помилка;
- SARIMA – сезонна модель авторегресивного інтегрованого ковзного середнього;
- WBS – структура виконання робіт у проектах;
- БД – база даних;
- БЗ – база знань;
- ГПЗСГ – гібридні проекти заготівлі продовольчої сировини;
- ЗР – зовнішні ресурси;
- ІСППР – інформаційна система підтримки прийняття рішень;
- МП – менеджери проектів;
- ОПР – особа, що приймає рішення;
- СППР – система підтримки прийняття рішень;
- СУБД – система управління базами даних.

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні розвиток суспільства, а також продовольча безпека та ефективна діяльність населення в умовах надзвичайних ситуацій країн світу неможливі без діджиталізації. Спостерігається стрімкий розвиток інформаційних технологій, що зумовлює ефективне їх застосування у всіх сферах життя та діяльності людей [51; 80; 205]. Водночас, останніми роками в Україні наявні глобальні виклики та загрози. Зокрема, це стосується тривалої пандемії COVID-19, воєнного стану, техногенних аварій та природних стихій тощо. Навіть під час воєнного стану на окремих територіях держави, залишається актуальною проблема продовольчої безпеки. При цьому слід реалізовувати гібридні проекти заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій (ГПЗСГ), що зумовлює вирішення задачі оперативного їх планування.

Переважно заготівля продовольчої сировини виконується на території сільських громад, які попри свою автономність під час надзвичайних ситуацій перебувають у динамічному та мінливому середовищі. Для прогнозування та моделювання процесів заготівлі продовольчої сировини у мінливому проектному середовищі, що лежить в основі якісного планування ГПЗСГ, існує потреба у використанні ефективного інструментарію, який базується на сучасних підходах та інформаційних технологіях із використанням обчислювального інтелекту [51].

Розробленню моделей, методів та інформаційних технологій, які лежать в основі систем підтримки прийняття рішень, присвячено багато наукових праць як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Науковці розробили важливий інструментарій інформаційного забезпечення діяльності у багатьох предметних галузях. Однак, що стосується існуючих інформаційних систем та технологій, то їх у повній мірі використати для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини не можна, оскільки у них не враховано мінливий характер виробничих, ресурсних та природно-кліматичних умов під час

виникнення надзвичайних ситуацій, що значною мірою впливають на точність та якість прийнятих рішень.

У дисертаційній роботі розв'язується важлива науково-прикладна задача підвищення ефективності планування ГПЗСГ завдяки розробці системи підтримки прийняття рішень, яка базується на обґрунтованих методах, моделях, алгоритмах та інформаційній технології. Виконані дослідження мають як наукову, так і практичну цінність та скеровані на розв'язання досить актуальної науково-прикладної задачі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до «Стратегії національної безпеки України» схваленої Указом Президента України від 14.09.2020 р. №392/2020, «Плану заходів забезпечення продовольчої безпеки в умовах воєнного стану», затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29.04.2022р. № 327-р, «Регіональної програми інформатизації «Цифрова Львівщина» на 2022 – 2024 роки», затвердженої рішенням № 333 Львівської обласної ради від 23.12.2021 р., а також, згідно з планами НДР кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності «Інформаційні технології управління проектами розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності» (ДР № 0119U002950), де автор був виконавцем окремих розділів.

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи є* підвищення ефективності та якості заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій завдяки розробленню моделей та інформаційної технології підтримки прийняття рішень для оперативного планування гібридних проектів, що забезпечує визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини із врахуванням мінливих виробничих, ресурсних та природно-кліматичних умов на території заданої громади.

Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі вирішуються такі *завдання*:

- виконати аналіз предметної галузі, науки та практики інформаційної підтримки планування заготівлі продовольчої сировини, обґрунтувати потребу у розробленні та удосконаленні моделей, методів та інформаційної технології планування ГПЗСГ;
- розробити системну модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту;
- запропонувати метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ;
- обґрунтувати моделі прогнозування сезонних обсягів надходження сировини та визначення складових ГПЗСГ;
- удосконалити алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини та запропонувати модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади;
- запропонувати функціональні моделі, алгоритмічне забезпечення, а також інформаційну технологію для підтримки прийняття рішень під час оперативного планування ГПЗСГ;
- розробити систему підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, а також провести апробацію результатів досліджень, оцінити ефективність та доцільність використання запропонованого інструментарію у предметній галузі.

Об'єктом дослідження є процеси підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Предметом дослідження є методи, моделі, алгоритми та інформаційна технологія оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Методи дослідження. Під час розв'язання поставлених задач у дисертаційній роботі була використана методологія системного аналізу, що забезпечила формалізацію процедури проведення дослідження планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій; методи аналізу та синтезу чинників мінливого проектного середовища, методи індукції та дедукції для обґрунтування системної моделі цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад; методи інтелектуального аналізу даних для збору та попередньої обробки інформації; методи математичної статистики та теорії ймовірності для враховуються мінливих виробничих умов під час надзвичайних ситуацій та обґрунтування моделей тривалості виконання окремих робіт із заготівлі продовольчої сировини; методи обчислювального інтелекту, теорії графів та програмної інженерії для обґрунтування моделі прогнозування сезонних обсягів надходження сировини та удосконалення алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини; теорія множин, методи морфологічного аналізу та ієрархій для формування моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини; методології SADT із нотаціями IDEF0 та IDEF3, системного підходу, теорія та методи моделювання систем для проектування інформаційної технології планування ГПЗСГ.

Наукова новизна одержаних результатів стосується розроблення методів, моделей, алгоритмів та інформаційної технології, що забезпечують створення системи підтримки прийняття рішень для швидкого і якісного формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій із врахуванням мінливих виробничих, ресурсних та природно-кліматичних умов на території окремих громад. Це забезпечило отримання особисто автором, таких конкретних нових наукових результатів:

➤ ***вперше розроблено:***

– системну модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад, яка передбачає

виконання семи рівнів, що входять до чотирьох підциклів, кожен із яких забезпечує отримання бажаного результату – підвищення ефективності зазначеного процесу, що є основою розроблення інструментарію для підтримки прийняття управлінських рішень під час оперативного планування процесів заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту;

– модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади, яка враховує мінливі виробничі умови під час надзвичайних ситуацій завдяки використанню обґрунтованих моделей стану виробничих умов, тривалості виконання робіт, удосконаленого алгоритму формування маршрутів, що забезпечують визначення раціонального сценарію виконання робіт за критерієм мінімальних витрат ресурсів;

➤ ***удосконалено:***

– метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ, що передбачає системне формування бази даних та знань на підставі виконання десяти етапів, які забезпечують своєчасне та повне отримання достовірної інформації із зовнішніх ресурсів (господарств-виробників продовольчої сировини, проектних менеджерів, доступних геоінформаційних систем та інших сервісів), що на відміну від існуючих передбачає проведення інтелектуальних розрахунків для виконання прогнозування та заповнення пропущених даних;

– алгоритм формування маршрутів транспортних засобів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, який базується на класичному алгоритмі оптимізації мурашиних колоній (АСО) (Ant Colony Optimization), та на відміну від нього враховує реальні виробничі умови (пошкоджені ділянки транспортного полотна, наявність часткової можливості проїзду транспортних засобів, затори викликані надзвичайною ситуацією тощо), що забезпечує підвищення точності та зниження тривалості

формування маршрутів та лежить в основі підвищення якості прийняття відповідних рішень.

➤ ***набула подальшого розвитку*** інформаційна технологія, яка лежить в основі розроблення та впровадження інформаційної системи підтримки прийняття рішень оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, що базується на обґрунтованих методах, моделях та алгоритмах, які системно забезпечують підвищення ефективності та якості заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі системного використання запропонованих методів, моделей, алгоритмів та узагальнення отриманих результатів, створено сучасний науково-практичний базис для інтелектуалізації управлінського процесу оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ завдяки розробленій інтелектуальній інформаційній технології оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад із урахуванням мінливих виробничих, ресурсних та природно-кліматичних умов під час виникнення надзвичайних ситуацій.

Запропоновані в роботі методи, моделі, алгоритми та інформаційна технологія можуть використовуватися під час створення ефективних інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень щодо заготівлі швидкопсувних продуктів для вирішення задач оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, а також під час вирішення задач транспортної логістики із часовими та ресурсними обмеженнями для створення інформаційних систем різних предметних галузей (заготівля овочів та фруктів для збуту у містах, заготівля м'ясної та молочної продукції для подальшої переробки у цехах та заводах, доставка швидкопсувних продуктів до споживачів тощо).

Результати виконаних досліджень знайшли своє впровадження у Заболотцівській об'єднаній територіальній громаді (Золочівського району Львівської області) (акт впровадження №1 від 20.01.2023 р.). Розроблені у

дисертаційній роботі теоретичні та науково-методичні положення використано під час підготовки здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) та третього (PhD) рівнів вищої освіти спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» у освітніх компонентах «Інтелектуальний аналіз даних», «Системи підтримки прийняття рішень» та «Інтелектуальні системи аналізу даних та підтримки прийняття рішень» курсантами та студентами Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (акт впровадження від 21.05.2023 р.).

Особистий внесок здобувача. Усі основні наукові положення, розробки та практичні результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримано автором самостійно. У роботах, які виконано у співавторстві, особисто автору належать такі наукові результати: виконано аналіз предметної галузі, науки та практики інформаційної підтримки планування заготівлі продовольчої сировини [1; 17], обґрунтовано потребу у розробленні та удосконаленні моделей, методів та інформаційної технології планування ГПЗСГ [2; 9; 19], розроблено системну модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад [5; 15], запропоновано метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ [12; 22], обґрунтовано моделі прогнозування сезонних обсягів надходження сировини та визначення складових ГПЗСГ [3; 6; 18; 21; 24], удосконалено алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини та запропоновано модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади [8; 12; 13; 17; 20], запропоновано функціональні моделі, алгоритмічне забезпечення, а також інформаційну технологію для підтримки прийняття рішень оперативного планування ГПЗСГ [4; 13; 14; 16; 18; 20], розроблено систему підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, а також проведено апробацію обґрунтованого

інструментарію, оцінено його ефективність та доцільність використання у предметній галузі [7; 10; 11; 23].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи апробовано та схвалено на 14 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях та семінарах: XVI Міжнародній науково-практичній конференції «Управління проектами: стан та перспективи» (Миколаїв, 2020); XVII Міжнародній науково-практичній конференції «Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами в умовах пандемії COVID-19» (Київ, 2021) ; Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології: стан та перспективи розвитку» (Херсон, 2021) ; XXII Міжнародному науково-практичному форумі «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (Львів-Дубляни, 2021); XVII Міжнародній конференції «Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами в умовах пандемії COVID-19» (Київ, 2021); X Міжнародній науковій конференції «Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі» (Львів-Дубляни, 2021); XII Міжнародній науково-практичній конференції «Інтегроване стратегічне управління, управління проектами і програмами розвитку підприємств і територій» (Славське, 2021); 15th-17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT-2020, CSIT-2021, CSIT-2022) (Lviv, 2020-2022); 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop (MoMLeT and DS 2021), (Lviv-Shatsk, 2021); 1th Workshop Information Technologies in Energy and Agro-industrial Complex (ITEA-WS 2021) (Dubliany, Lviv region, 2021); V Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених, студентів і курсантів «Інформаційна безпека та інформаційні технології» (Львів, 2021); III International Science Workshop «Management of IT projects (PMIT 2022)» (Kyiv, 2022); наукових семінарах кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (Львів, 2018–2022).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 24 наукових праці, у тому числі 15 наукових статей, серед яких 8 – у наукових зарубіжних виданнях, що індексуються у міжнародній наукометричній базі даних Scopus, 7 – у наукових фахових виданнях України, з них 2 одноосібні, та 6 публікацій у тезах і матеріалах міжнародних та національних наукових конференціях та семінарах, а також 3 наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації. Загальний обсяг публікацій 15,285 д.а., з яких особисто автору належать 5,54 д.а.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із анотації на 12 сторінках, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 256 сторінок, серед них 165 сторінок основного тексту. Дисертаційна робота містить 70 рисунків, 8 таблиць, список використаних джерел із 212 найменувань, 9 додатків на 28 сторінках.

Розділ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ТА ІСНУЮЧОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1. Особливості регулювання діяльності із заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій в Україні та світі

Під час виникнення надзвичайних ситуацій на окремих територіях порушуються господарські зв'язки та змінюються виробничі умови ведення діяльності. Особливо це стосується заготівлі продовольчої сировини. Сьогодні є багато наукових праць, у яких висловлено міркування щодо того, як потрібно управляти продовольчим бізнесом під час надзвичайних ситуацій та як забезпечити дотримання безпеки продовольчої сировини [11; 67].

На підставі виконаного аналізу основних нормативно-правових актів, які регулюють діяльність у сфері забезпечення продовольчої безпеки в Україні, встановлено, що основним із них є Закон України «Про продовольчу безпеку України», який прийнято парламентом 22 грудня 2011 року [29]. У цьому Законі прописано, що однією із загроз продовольчої безпеки України є постійне зростання ризиків, які зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характерів. Однак, щодо надзвичайних ситуацій воєнного характеру, які на сьогодні є одними із основних загроз продовольчої безпеки держави, нічого не сказано. Окрім того, у зазначеному законі прописано поняття надзвичайна (кризова) продовольча ситуація, яка характеризує порушення забезпечення населення важливими для життя продуктами харчування як на окремих територіях, так і на всій території держави, що потребує виконання заходів спеціального державного регулювання.

Щодо впливу надзвичайних ситуацій воєнного характеру на продовольчу безпеку, то після початку повномасштабного російського вторгнення на територію України, а саме 24 березня 2022 р., Верховна Рада ухвалила Закон

України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення умов для забезпечення продовольчої безпеки в умовах воєнного стану» [13], який набув чинності 7 квітня 2022 р. В основному цей закон скерований на спрощення та пришвидшення залучення сільськогосподарських земель України для виробництва сільськогосподарської продукції на період дії воєнного стану. Саме цим законом надано пріоритет суспільним (державним) інтересам, порівняно із інтересами приватних осіб на період дії воєнного стану. Зокрема, прописано окремі правові механізми, які надають пріоритети інтересам держави під час використання сільськогосподарських земель, які відводяться під виробництво продовольства.

Окрім того, Верховна Рада 12 травня 2022 р., ухвалила Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо безперебійного виробництва та постачання сільськогосподарської продукції під час воєнного стану» [13], який набув чинності 27 травня 2022 р. Він стосується спрощення фітосанітарних вимог під час переміщення продукції рослинного походження, дозволяє українським органічним виробникам, які працювали за стандартами ЄС, перехід на українські стандарти виробництва із можливістю отримання державної підтримки, забезпечує відтермінування контролю за дотриманням вимог до харчових продуктів, кормів, побічної продукції тваринного походження, а також спрощує транзитне переміщення живих тварин на території країни. Однак, що стосується організації та планування заготівлі продовольчої сировини на території окремих громад під час воєнного стану, то ці питання упущені та залишаються неврегульованими.

Виникнення надзвичайної (кризової) продовольчої ситуації як на окремих територіях, так і на всій території держави, що спричинена надзвичайними ситуаціями усіх видів, зумовлює потребу виконувати державне управління продовольчим бізнесом, де особливу увагу слід звернути на заготівлю продовольчої сировини. При цьому, однією із достатньо актуальних задач, що залишається невирішеною, є забезпечення здатності постачальників продовольчої сировини продовжувати її заготівлю у потрібних обсягах. Якщо

постачання продовольчої сировини частково або повністю припиняється через наслідки надзвичайних ситуацій, то слід у досить короткі терміни знайти постачальників, ініціювати ГПЗСГ від цих постачальників та здійснити оперативне планування виконанням відповідних робіт.

Сьогодні Україна має статус країни-кандидата на членство у ЄС. При цьому, однією із задач, яка потребує термінового розв'язання, є узгодження чинних регламентів заготівлі продовольчої сировини під час виникнення надзвичайних ситуацій із діючими регламентами у країнах ЄС.

Україна в умовах війни із російською агресією здобула унікальний досвід виконання конкурентних закупівель, в тому числі і заготівлі продовольчої сировини, із належною інформаційною та звітною прозорістю. Такого досвіду не має жодна країна ЄС та світу [66]. Здобутий досвід та рекомендації з виконання заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій є не новою, однак маловідомою задачею, для розв'язання якої виконувалися певні дослідження, висвітлені в публікаціях [11; 20; 51; 200]. Заслужують на окрему увагу рекомендації світового банку, які передбачають чотири фази виконання заготівлі продовольчої сировини із врахуванням стану територій, які постраждали від надзвичайних ситуацій (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Фази виконання заготівлі продовольчої сировини із врахуванням стану надзвичайних ситуацій [66]

Відповідно до рекомендацій світового банку, заготівля продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій, потребує від її замовників перегляду дії чинних договорів на заготівлю та внесення до них змін. Окрім того, у більшості варіантів першочерговими заходами є введення заготівлі продовольчої сировини через переговорну діяльність напряду із господарствами виробниками. Водночас, передбачається використання «господарського способу», який забезпечує закривання потреби у продовольчій сировині власними силами та ресурсами. При цьому широко залучаються волонтерські ресурси, а також за можливості використовується допомога міжнародних партнерів.

Китайські вчені у роботі [115] пропонують під час надзвичайних ситуацій визначати індекс екстреної заготівлі, що забезпечує визначення обсягу заготівлі та витрат на її проведення (рис. 1.2).

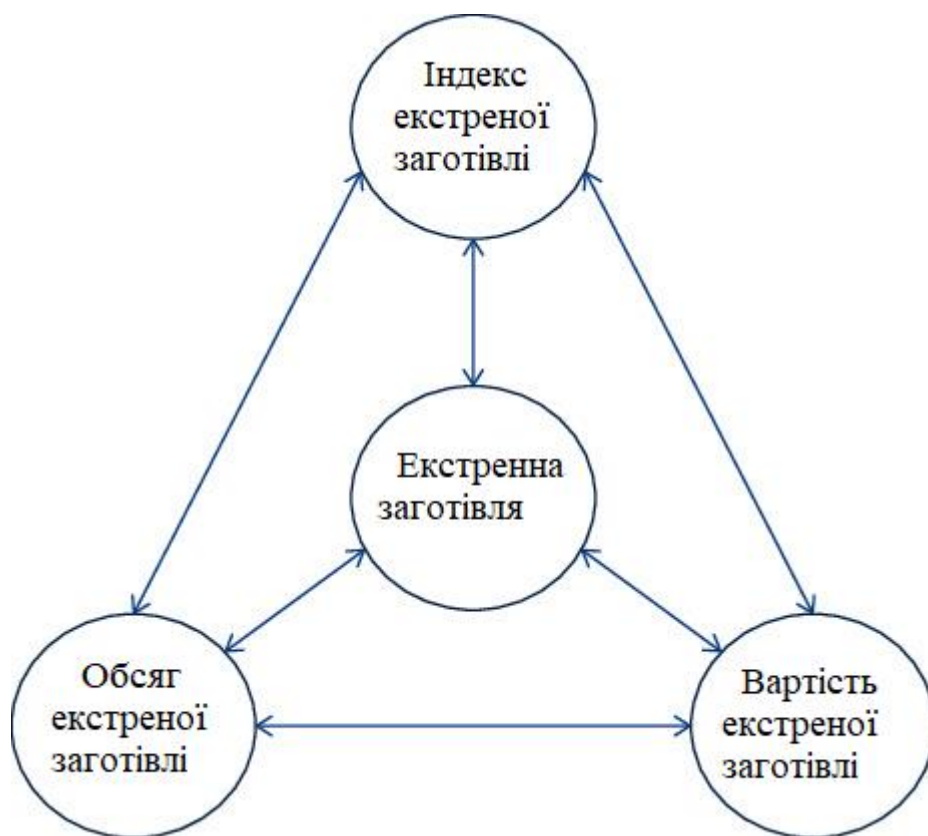


Рисунок 1.2 – Організаційна система екстреної заготівлі продовольчої сировини [115]

Водночас, автори вказують, що зменшення витрат на заготівлю може значно збільшити обсяги заготівлі продовольчої сировини за заданого бюджету.

Для планування заготівлі слід врахувати множину чинників. Пропонується використовувати методи аналізу на основі згорткових нейронних мереж.

Індійські вчені у роботі [121] зазначають, що заготівля сільськогосподарської сировини відіграє дуже важливу роль у ланцюжку постачання. Окрім того, наголошується, що заготівля продовольчої сировини в ланцюжку постачання харчових продуктів під час надзвичайних ситуацій має відбуватися на підставі врахування дефіциту продовольчої сировини, її якості, відсутності постійного постачання (характерна сезонність виробництва продовольчої сировини), не достатньої підготовки персоналу, а також недоліків організації постачань через специфічні виробничі умови. У зазначеній роботі її автори визначили та оцінили важливі критерії, які враховуються під час заготівлі сировини в ланцюжку постачання харчових продуктів. При цьому використано метод Delphi та аналітичний ієрархічний аналіз для дослідження та ранжування критеріїв, що зумовлюють ефективність заготівлі продовольчої сировини. Однак, зазначені дослідження не стосуються формування ланцюгів постачань продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій і вони не враховують низки специфічних чинників, які зумовлюють важливі критерії заготівлі цієї сировини у заданих умовах окремих територіальних громад.

Заготівля продовольчої сировини під час виникнення надзвичайних ситуацій на окремих територіях повинна здійснюватися у найкоротші терміни із призначенням екстрених постачальників. Однак досягти цього достатньо швидко неможливо, оскільки виробники сировини розосереджені на окремій території і займаються виробництвом різних видів сільськогосподарської сировини у різних обсягах. Саме це зумовлює пошук виробників потрібної продовольчої сировини, а їх територіальне розташування впливає на створення альтернативних ланцюгів постачання цієї сировини.

Одними із основних постачальників продовольчої сировини на окремих територіях нашої держави є об'єднані територіальні громади. Розроблення інформаційних систем та технологій для виробників продовольчої сировини зазначених громад значно пришвидшить та полегшить виконання процесів

пошуку екстрених постачальників продовольчої сировини та забезпечить автоматизований процес створення альтернативних ланцюгів постачання цієї сировини. Зокрема, кожен із виробників продовольчої сировини зможе особисто подати достовірні дані щодо наявності продовольчої сировини певного виду. Окрім того, виробники продовольчої сировини подають точну інформацію щодо обсягів постачання, що значною мірою зумовлює ефективність оперативного планування ГПЗСГ.

1.2. Аналіз методів та моделей планування заготівлі продовольчої сировини

Для формування ефективних планів заготівлі продовольчої сировини на окремих територіях слід застосовувати специфічні методи та моделі [206]. Ці методи та моделі мають враховувати виробничі умови заготівлі продовольчої сировини (наявність господарств виробників, їх територіальне розташування, наявність та стан мережі доріг тощо), а також сезонність виробництва окремих видів сировини. Саме це значною мірою впливає на раціональний сценарій виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини та на потребу у ресурсах (транспортних засобах, виконавцях тощо).

На схемі (рис. 1.3), яка запропонована у роботі [89], представлено окремі дії, які виконуються під час заготівлі продовольчої сировини.

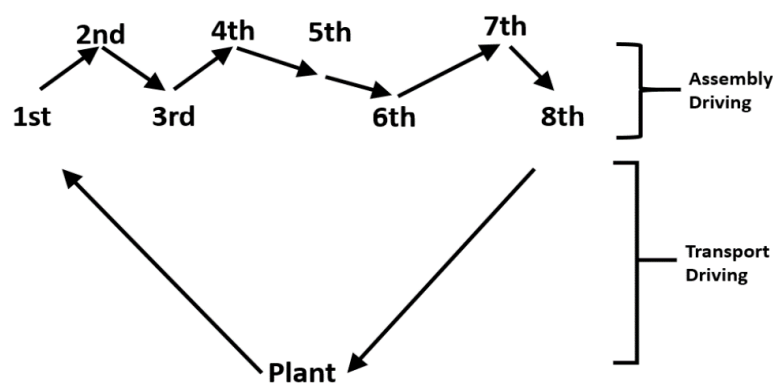


Рисунок 1.3 – Схема процесу заготівлі продовольчої сировини [89]

Зокрема, усі види дій, які виконуються у процесі заготівлі продовольчої сировини поділяють на дві групи: 1) завантаження та рух транспортних засобів під час збору продовольчої сировини у 1, 2, ..., 8 господарствах виробниках; 2) транспортування зібраної продовольчої сировини до цеху її переробки.

Заготівля продовольчої сировини належить до логістичних систем, оскільки вона передбачає виконання логістичних функцій, які значною мірою залежать від виробничих, природно-кліматичних та ресурсних умов території заготівлі. Задачі, які стосуються визначення параметрів логістичних систем, а також потреби у автомобілях, розглядалися у багатьох наукових працях [36; 37; 80; 92; 95; 206]. Зокрема, роботи [72; 81; 92; 101; 104; 135; 150; 206] стосуються підвищення ефективності використання автомобілів, а їх вибір виконують за різними критеріями (вартість, вмістимість, час, вплив на екологію тощо).

Наукові праці [47; 89; 91; 98; 134; 164; 173; 178] враховують особливості використання транспортних засобів, зокрема під час виконання перевезень швидкопсувних вантажів, до яких належить продовольча сировина. Запропоновані методи та моделі, які в основному передбачають використання детермінованих показників, не можуть повною мірою використовуватися для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій. Це пов'язано із тим, що у них не враховані мінливі вимоги до виконання робіт у зазначених процесах, а також ризик, який зумовлює проектне середовище.

У окремих роботах їх автори вказують на те, що якісне прогнозування виробничих умов лежить в основі планування транспортних процесів і це можливо виконати лише на основі їх моделювання, що зумовлює виконання специфічних досліджень у кожній із предметних галузей [49; 46; 50]. Не врахування виробничих умов під час надзвичайних ситуацій окремої адміністративної території, а також відсутність прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини та показників виконання транспортних процесів її доставки, унеможливають створення адекватних оперативних планів.

У наукових роботах [36; 161; 206] автори частково враховують виробничі умови заготівлі продовольчої сировини та виконують прогнозування обсягів їх надходження у мирний час. Однак, вони розраховані лише на заготівлю молока та не враховують особливостей надзвичайних ситуацій, що повною мірою не відображає умови заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій. Зокрема, вони не моделюють виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій у доби календарного року, що не дає можливості обґрунтувати ефективні оперативні плани.

Задачі проектування мереж під час транспортного планування, широко досліджувалися в спеціальній літературі. Однак транспортні задачі та методи їх вирішення у сільському господарстві вивчені менше [150]. Окремі наукові праці [76; 178] стосуються широких оглядів та методологій для вирішення різних задач формування сільськогосподарських ланцюгів постачань.

Особливу увагу привертають дослідження, скеровані на вирішення задач збору молока безпосередньо у їх виробників [80; 89; 91; 92; 95; 96; 101; 148; 173; 194; 206]. На даний час є багато наукових розробок, які використовують сучасні аналітичні інструменти, такі як евристика та точні методи. Також спостерігається впровадження цих методологій у системи підтримки прийняття рішень (СППР). У роботі [173] представлено перше дослідження вирішення задач збору молока, що ґрунтується на реальних виробничих умовах в Індії. Вирішенню реальної задачі збору молока в Новій Зеландії присвячена робота [101]. Автори цієї роботи розглядають два види молока, які доставляються до пунктів переробки, а також те, що кожен вид молока транспортується окремо за допомогою спеціальних автомобілів. Водночас, у науковій праці [96] пропонується мінімізувати надлишок або дефіцит молока, враховуючи різні схеми періодичного збору. У роботі [91] пропонується вирішувати задачі збору молока, поділяючи його на чотири гатунки. Окремі вчені пропонують розглядати тижневі коливання обсягів виробництва молока, що лежить в основі планування його транспортування [146]. Автори цієї роботи

пропонують використовувати адаптивні евристичні методи пошуку кращого варіанта доставки сировини для реальних умов Канади.

Окремі науковці [134; 146] розглядають кілька складів та вантажівок для транспортування швидкопсувної сільськогосподарської сировини. У їх основу покладено вирішення задач ефективної маршрутизації транспортних засобів для заданих умов.

У роботі [92] розроблено систему підтримки прийняття рішень для вирішення задачі заготівлі овечого молока. Розроблений інструментарій передбачає мінімізацію транспортних витрат та мінімізацію викидів у навколишнє середовище. Окремі науковці [89] пропонують вирішувати задачу збору сировини із урахуванням сезонних коливань її надходження. Також у науковій праці [113] пропонується стохастична модель для збору молока із ферм і його доставки на кілька пунктів переробки. Вона передбачає вибір маршруту для виробничих умов Індонезії.

Окрім того, є багато способів вирішення задач оптимізації маршрутів у логістичних системах. Класифікація основних точних і евристичних алгоритмів оптимізації маршрутів у логістичних системах наведена на рис. 1.4 [109].

Точність рішень із використанням алгоритмів розв'язання задачі маршрутизації транспортних засобів також залежить від досвіду їх використання. У роботі [183] було обрано генетичний алгоритм для вирішення такої задачі, оскільки він краще відповідає умовам поставленої задачі. Однак, автори роботи доводять що для вирішення задач у заданих виробничих умовах слід обирати сучасні евристичні алгоритми, а також їх удосконалювати із врахуванням умови вирішуваної задачі.

Заслужують на увагу наукові праці, які стосуються планування логістичних систем завдяки вирішенню задач маршрутизації транспортних засобів. Подібний підхід спостерігається у двошелонній задачі маршрутизації транспортних засобів (TEVRP), яка вперше запропонована у роботі [105]. У першому ешелоні розробляються основні маршрути доставки товарів для узгодження набору розподільних центрів і центрального депо. У розподільних

центрах товар передається в другий ешелон. Другорядні маршрути розроблені для доставки товарів клієнтам.

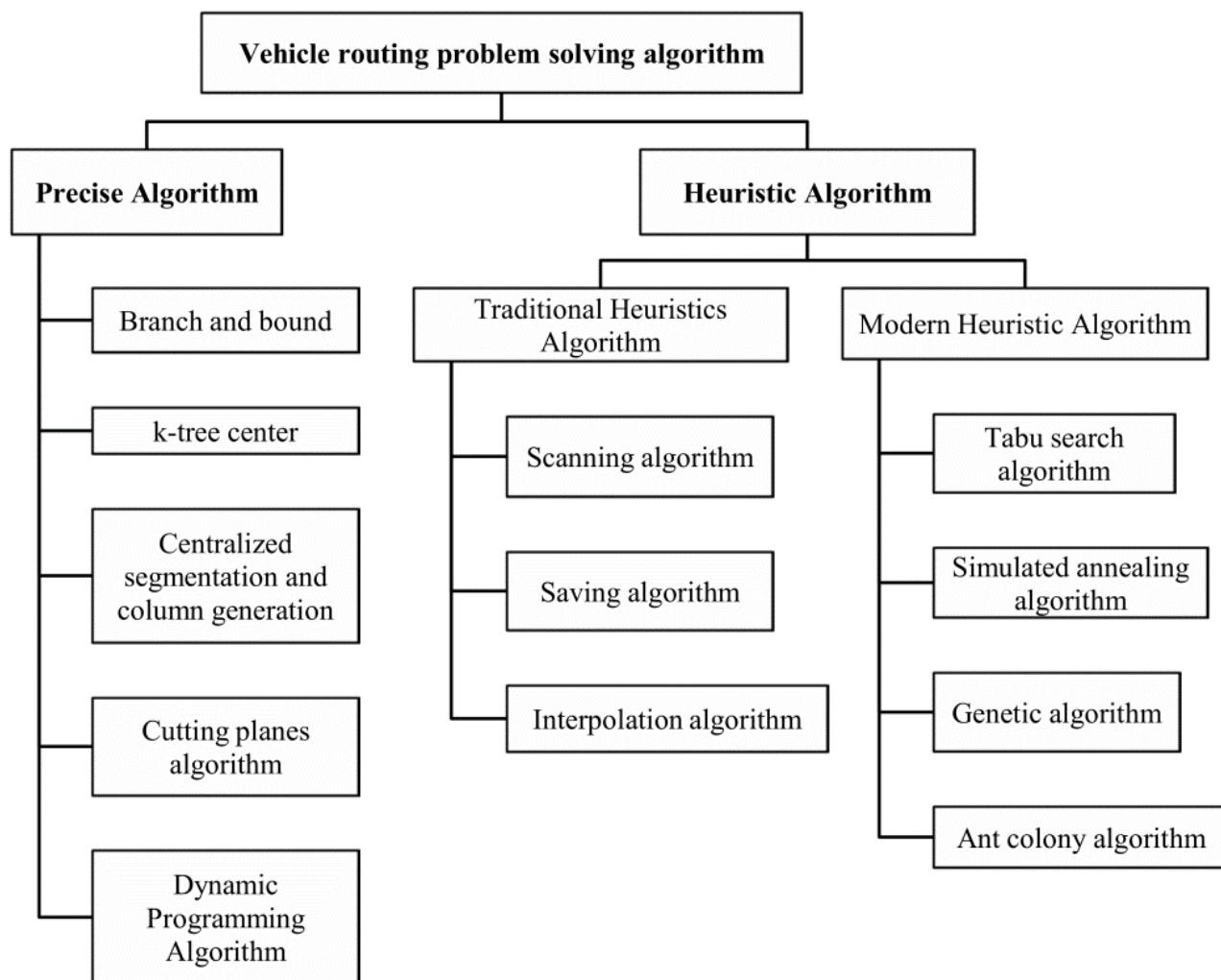


Рисунок 1.4 – Класифікація алгоритмів розв’язання задачі маршрутизації транспортних засобів [109]

У роботах [98; 135] їх автори представляють актуальні огляди задач маршрутизації транспортних засобів із часовими вікнами TE-VRP. Останнім часом TE-VRP розглядається з різних точок зору: методологічної [77; 141; 153; 152]; програмного забезпечення доставки вантажів [110; 208; 212]; розвезення продуктів харчування [107; 151] та інших. На відміну від TE-VRP, під час доставки продовольчої сировини ми розглядаємо підхід, який передбачає не лише формування маршрутів транспортних засобів, а і вплив виробничих і ресурсних умов, що виникають під час надзвичайних ситуацій, а також

розподіл маршрутів, що є основою формування сценаріїв планування заготівлі продовольчої сировини на території заданої громади.

Заслугує на увагу наукова праця [160], у якій пропонується два етапи до вирішення задачі транспортування сирого молока в умовах молочної компанії Чилі. При цьому молоко виробляється кількома фермами, розкиданими у великій сільській місцевості. Компанія повинна щодня збирати всю продукцію, використовуючи власний парк автотранспортних засобів. Виконане дослідження відрізняється від попередніх таким чином: 1) вирішується задача ефективного розташування пунктів збору та визначення ефективних маршрутів для проблеми доставки молока; 2) пропонується використовувати два класи маршрутів: пунктів збору молока (MCC) і заводські маршрути; 3) пропонується повна модель змішано цілочисельного лінійного програмування (MILP), що враховує окремі виробничі умови (рис. 1.5); 4) розроблено дві наближені процедури вирішення задачі MCC-VRP для реального прикладу із зростанням точності вирішення на 10%, та мінімізацією часу на прийняття рішення.

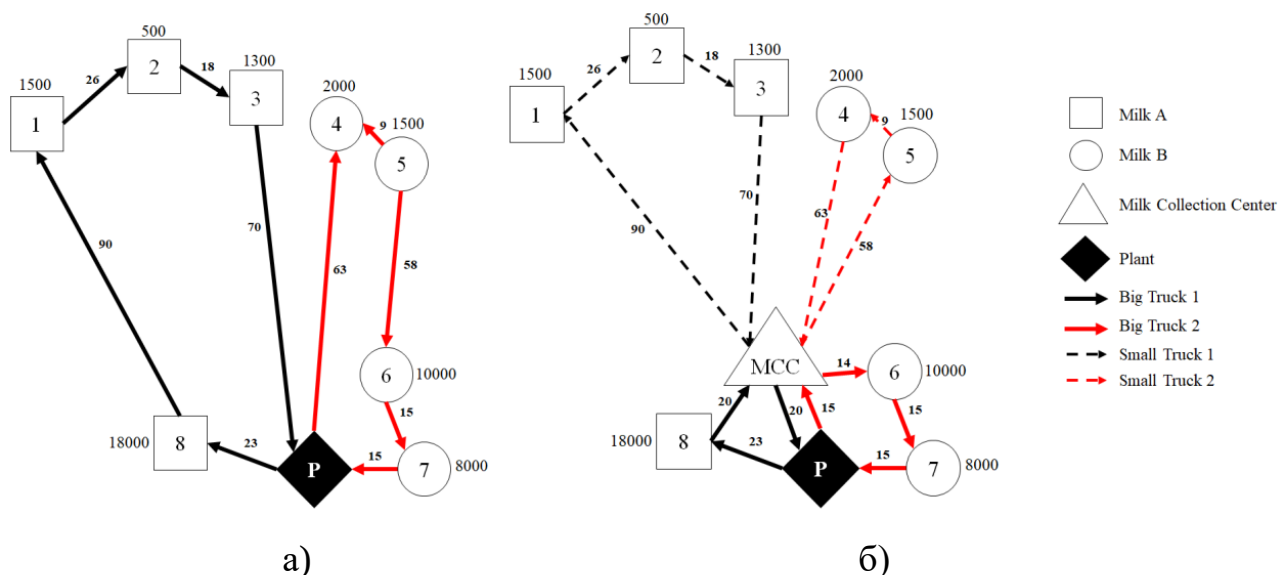


Рисунок 1.5 – Приклади вирішення задач MP-CVRP і MCC-VRP:

а) схема MP-CVRP, б) схема MCC-VRP [160]

Аналогічний підхід запропоновано у роботі [81], де вирішується двоешелонна задача маршрутизації транспортних засобів із одночасним прийомом і доставкою (2E-VRPSPD). У задачі 2E-VRPSPD передбачається діяльність із прийому та доставки сировини одночасно тими ж транспортними засобами, які доставляють сировину від складів до перевалочних пунктів у першому ешелоні та від перевалочних пунктів до споживачів у другому ешелоні (рис. 1.6).

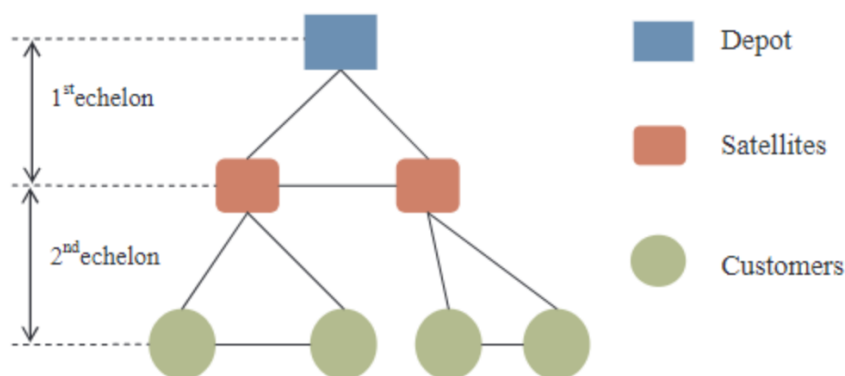


Рисунок 1.6 – Ілюстрація двоешелонної задачі маршрутизації транспортних засобів [81]

Для вирішення сформульованої задачі запропоновано математичну модель та гібридний евристичний алгоритм, заснований на методах змінного (VND) і локального пошуку (LS), який називають VND_LS. Вони розроблені для вирішення середніх та великих задач 2E-VRPSPD. Отримані результати на прикладі супермаркетів Туреччини показують, що VND_LS можна легко застосувати для реальних задач планування доставки вантажів.

У роботі [76] пропонується новий підхід до вирішення задачі організації руху транспортних засобів під час планування транспортування сировини в цукровій промисловості (цукрових буряків), яка має свою специфіку. Для цього запропоновано нелінійну математичну модель, яка відображає реальну задачу із усіма специфічними обмеженнями, які виникають у цій галузі. Задачі невеликого розміру було розв'язано за допомогою Extended Lingo Solver, а отримані результати використовувалися як еталон для тестування

метаевристичним методом (VNS), який розроблено для вирішення задач великого розміру. Однак, запропонований метод не можна використати для вирішення задачі планування заготівлі продовольчої сировини, оскільки він не враховує її специфіку.

Окремі вчені проводили дослідження [73], які стосуються вирішення задач маршрутизації транспортних засобів з часовими вікнами на підставі врахування вартості швидкопсувних продуктів, до яких належить продовольча сировина, яка заготовлюється у сільськогосподарських виробників.

Продовольча сировина, що швидко псується, може втратити важливу частину своєї вартості в процесі доставки до цеху переробки. Пропонується використовувати багатоцільову модель (рис. 1.7), яка забезпечує мінімізацію витрат на доставку із врахуванням свіжості продовольчої сировини, що постачається.

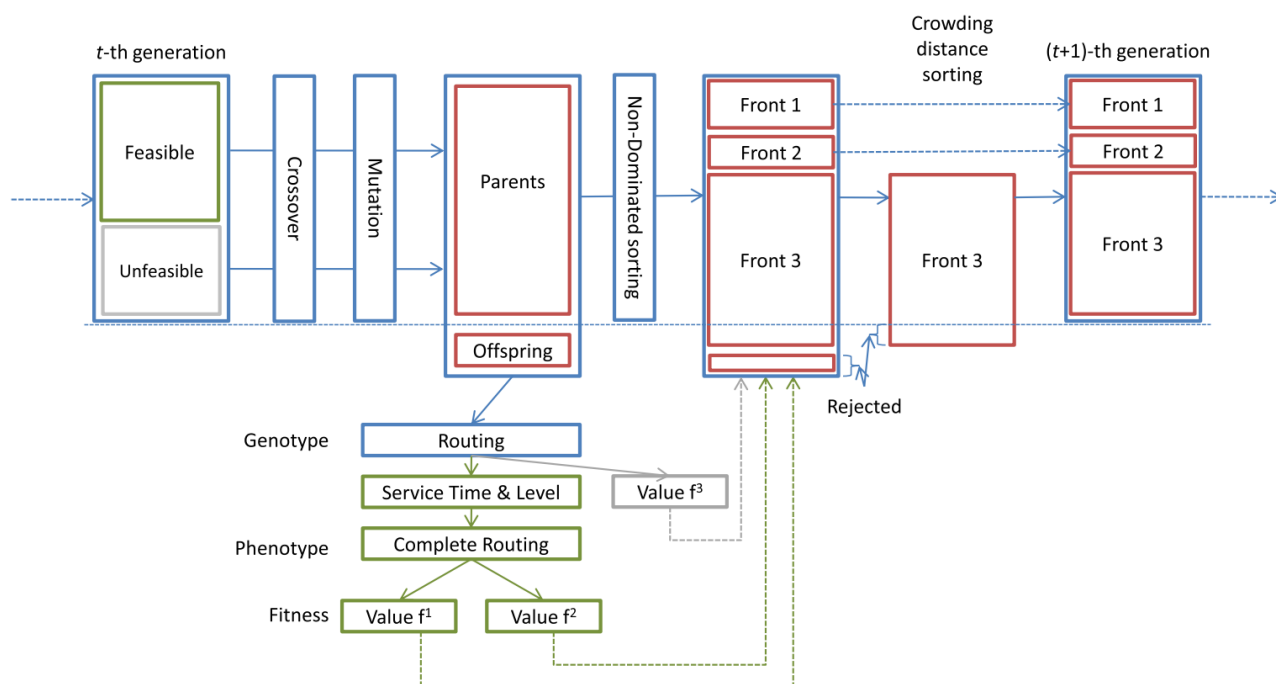


Рисунок 1.7 – Схема гібридної багатоцільової моделі для вирішення задач маршрутизації транспортних засобів з часовими вікнами із врахуванням вартості швидкопсувних продуктів [73]

Основна мета роботи полягає в дослідженні зв'язків між сценаріями доставки продовольчої сировини та пошуку компромісів із вартістю на підставі

врахування свіжості. Екземпляри малого розміру, адаптовані на основі проблеми маршрутизації транспортного засобу з часовими вікнами, вирішуються за допомогою методу обмежень, а для екземплярів великого розміру реалізується багатоцільовий еволюційний алгоритм. Обчислювальні експерименти показали суперечливу природу двох цілей. Отже, під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини слід враховувати її вид та регламентовані терміни на заготівлю.

На даний час через свою важливість і складність вирішуються задачі оптимізації маршрутів, які лежать в основі планування руху транспортних засобів. Впродовж останніх десятиліть багато досліджень було присвячено вирішенню цієї проблеми за допомогою методів багатоцільової оптимізації. З точки зору багатоцільових підходів, метаввристичні підходи, такі як генетичні алгоритми (GA), ACO та IA, були використані для отримання приблизного рішення для низки багатоцільових задач.

У роботі [181] вирішувалася задача маршрутизації транспортних засобів із об'їздом кількох депо, а також досліджено евристичні та метаввристичні алгоритми. Автори отримали оригінальний розв'язок задачі MDVRP за допомогою алгоритму ACO. Наукова праця [82] скерована на вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації, в якій розглядаються три цілі, включаючи мінімізацію загальної відстані транспортування, загального часу запізнення та загальної кількості транспортних засобів. Водночас, у роботі [114] її авторами запропоновано кілька нових гібридних алгоритмів ACO для вирішення багатоцільової задачі планування робочих місць. Алгоритм PSO використовувався для адаптивного налаштування параметрів. При цьому, перевірку продуктивності розроблених алгоритмів перевірено на реальних даних.

Заслуговує на увагу робота [124], у якій запропоновано гібридний евристичний алгоритм, що поєднує ACO та GA для одно- та багатоцільових неточних задач комівояжера. Робота [129] вміщує вирішення задачі MMPPRP-

TW з двома цілями. У цьому дослідженні вивчалися зазначені цілі та розроблена модель за допомогою гібридного алгоритму SLPSO.

Також відомі окремі наукові праці [131; 186; 187], які враховують настання частих надзвичайних ситуацій, що завдають значних економічних збитків і це викликає занепокоєння в міжнародному науковому співтоваристві. Зокрема, у роботі [187] її автори представили метод лінійного програмування для вирішення проблеми визначення місцезнаходження об'єктів екстреної допомоги під час надзвичайних ситуацій. Автори роботи [90] представили нелінійну математичну модель гуманітарної логістики, яка оптимізує рішення, пов'язані з міжнародною допомогою після настання надзвичайної ситуації у форматі змішаного цілочисельного лінійного програмування. Робота [69] вміщує модель для контролю потоку товарів допомоги під час надзвичайних ситуацій. Науковці у своїй праці [186] представили двоетапну стохастичну нечітку модель для розподілу ресурсів під час надзвичайних ситуацій. Вони розглянули розташування складів і особливості доставки потрібних ресурсів. Водночас, у роботі [131] розроблено метод оптимізації руху колонії мурах для вирішення задачі логістичного планування. Враховується, що доставка товарів із матеріальною допомогою розподіляється на ураженій території під час надзвичайної ситуації.

Формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади потребує розв'язання однієї із досить відомих задач маршрутизації транспортних засобів CR (The Collection Route), що належить до задач комбінаторної оптимізації. Для розв'язання цієї задачі використовують багато алгоритмів, однак окремі дослідники вказують на те, що досить ефективним є мурашиний алгоритм ACO (Ant Colony Optimization) [114; 124; 131]. Однак, неможливо використати мурашиний алгоритм у класичному вигляді, або ж у відомих його удосконаленнях для вирішення задачі формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади. Це пов'язано із тим, що транспортну мережу подають у вигляді окремого графа, де відстані між точками доставки вантажів задавалися незмінними. Це не відповідає умовам

заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, оскільки мережа доріг може бути частково пошкодженою, що зумовлює обмежений рух транспортних засобів, або в цілому непридатною до використання. Транспортні засоби доставляють швидкопсувні продукти (продовольчу сировину) та мають обмежену вантажність. Це зумовлює формування множини маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій із обмеженнями у обсягах та часі транспортування.

Вирішенню управлінських задач, що стосуються процесів прогнозування складових проектів та їх проектного середовища, присвячено багато наукових праць світових вчених [87; 198; 199]. Однак вони не враховують сезонність та дію множини чинників на обсяги заготівлі продовольчої сировини на території громад, що не дає можливості якісно спрогнозувати сезонні обсяги її заготівлі.

Багато наукових праць присвячено вибору алгоритмів та розробці моделей прогнозування часових рядів із урахуванням специфіки проектного середовища [70; 94; 144]. Результати досліджень, викладені в цих роботах, переконують у тому, що використання моделей прогнозування часових рядів дає можливість точно отримати результати прогнозу у різних сферах. Прогнозування часових рядів передбачає збирання історичних даних та виконання їх аналізу, що лежить в основі вибору алгоритму та розробки моделі для прогнозування складових проектного середовища [46; 206]. Такі прогнози можна виконувати для часових рядів складових проектів аграрного виробництва, яким притаманна мінливість та сезонність [198; 199].

На відміну від використання інших числових методів прогнозу складових проектного середовища, виконання процесу прогнозування із використанням часових рядів забезпечує обґрунтування моделі для прогнозування майбутніх значень складових проектного середовища на основі відомих їх значень у минулому. Однак виконання прогнозування із використанням часових рядів у різних сферах потребує обґрунтування відповідної моделі із врахування специфіки прогнозованої складової.

Останнім часом дослідники розробили множину інтелектуальних моделей, які базуються на часових рядах та забезпечують підвищення точності та ефективності виконання процесу прогнозування складових проектного середовища. З-поміж них перевагу надають моделі авторегресивного інтегрованого ковзного середнього (ARIMA). Саме моделі ARIMA забезпечують високу точність та ефективність прогнозування для різних видів часових рядів. Окрім того, використовують методологію Box and Jenkins для оптимізації зазначених моделей [130]. При цьому під час побудови цієї моделі приймають, що часові ряди є лінійними величинами і вони описуються окремими статистичними розподілами досліджуваної складової проектного середовища. Зокрема, робиться припущення що досліджувана складова проектного середовища описується нормальним законом розподілу [198].

Враховуючи те, що заготівлі продовольчої сировини на території громад притаманна сезонність, яка зумовлюється низкою чинників проектного середовища, ми пропонуємо для прогнозування сезонних часових рядів використовувати модель Box and Jenkins, яка називається сезонною моделлю ARIMA (SARIMA) [126; 207; 209]. Усе вище сказане свідчить про доцільність виконання досліджень із обґрунтування параметрів моделі SARIMA для прогнозування сезонних обсягів надходження сировини під час реалізації ГПЗСГ.

На підставі виконаного аналізу можна стверджувати, що враховуючи виробничі умови заготівлі продовольчої сировини, а також особливості виконання відповідних процесів, існує потреба у розробленні моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади та удосконаленні алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій.

1.3. Аналіз стану використання інформаційних систем та технологій під час заготівлі продовольчої сировини

Сучасні досягнення інформаційних технологій (ІТ) значно полегшують збір, обробку та представлення даних, і водночас вони полегшують створення систем підтримки прийняття рішень (СППР) для планування заготівлі продовольчої сировини. Виробництво та заготівля продовольчої сировини, виробленої окремими сільськогосподарськими підприємствами, є важливою частиною агропромислового комплексу. При цьому заготівля продовольчої сировини є складною проблемою логістики, яка давно цікавить дослідників [36; 47; 101; 146; 160].

У дослідженні, результати якого подано у роботі [183], на прикладі центру розподілу свіжих сільськогосподарських продуктів R (R-FAPDC), будується багатоцільова модель оптимізації пройденого шляху транспортними засобами у логістичній системі з обмеженнями часових вікон. При цьому використовується генетичний алгоритм для оптимізації пройденого шляху транспортними засобами під час доставки свіжих сільськогосподарських продуктів. Результати досліджень показують, що оптимізована схема доставки свіжих сільськогосподарських продуктів, за допомогою генетичного алгоритму, може зменшити вартість доставки і підвищити задоволеність споживачів. Використання генетичного алгоритму забезпечує економічні вигоди та зменшує транспортні витрати.

У роботі [182] з метою гарантування безпеки якості продовольчої сировини під час процесу транспортування, пропонується інформаційна система на основі сучасних інформаційних технологій, таких як GPS, GPRS і RFID, STM32F103 Singlechip. Автором було запропоновано функціональну структуру програмного забезпечення платформи керування моніторингом процесу транспортування у реальному часі (рис. 1.8).

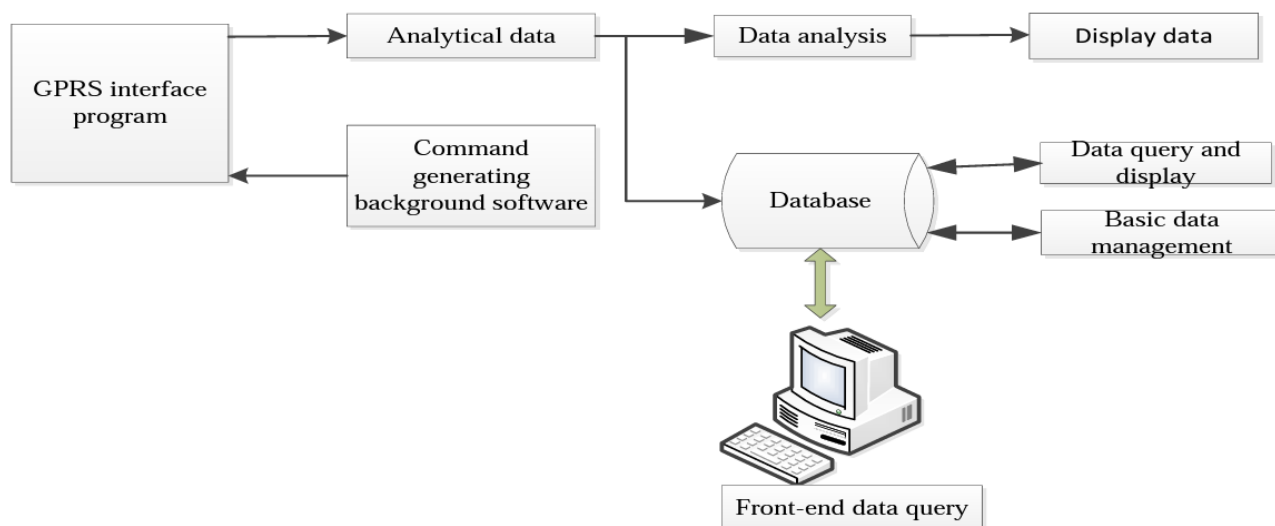


Рисунок 1.8 – Функціональна структура програмного забезпечення платформи керування моніторингом процесу транспортування у реальному часі [182]

Збір і зберігання інформації про місцезнаходження транспортного засобу та температуру продовольчої сировини, а також моніторинг процесу транспортування продовольчої сировини в режимі реального часу, виконується для візуалізації усього зазначеного процесу, починаючи від виробників та завершуючи переробним цехом. Таким чином, можна забезпечити прозорість процесу транспортування продовольчої сировини, що лежить в основі отримання гарантії її якості та безпеки.

Температура є ключовим критерієм для оцінення продовольчої сировини протягом усього процесу транспортування. Змінюється температура, змінюється і якість продовольчої сировини. Коли температура перевищить порогове значення в процесі транспортування, монітор відображає червоний знак на карті (рис. 1.9).

У науковій праці [122] зазначається, що в Марокко молочні заводи розташовані в сільській місцевості з поганою мережею доріг. При цьому збір молока має значний вплив на прибуток переробників молока, який безпосередньо залежить від витрат на транспортування молока. Автори цієї роботи пропонують застосовувати нові інформаційні технології, такі як Інтернет речей (IoT) і великі дані, щоб збирати й аналізувати інформацію для оптимізації процесу доставки молока (рис. 1.10).



Рисунок 1.9 – Вікно інформаційної системи із температурним сигналом тривоги в процесі транспортування продовольчої сировини [182]

Науковці розробили новий метод розумного прийняття рішень із використанням Інтернету речей і великих даних для оптимізації логістичних процесів, зниження вартості транспортування та підвищення якості зібраної сировини. Цей метод базуватиметься на концепції штучного розуму для пошуку та розрахунку найкоротшого шляху між господарствами для оптимізації процесу збору молока.

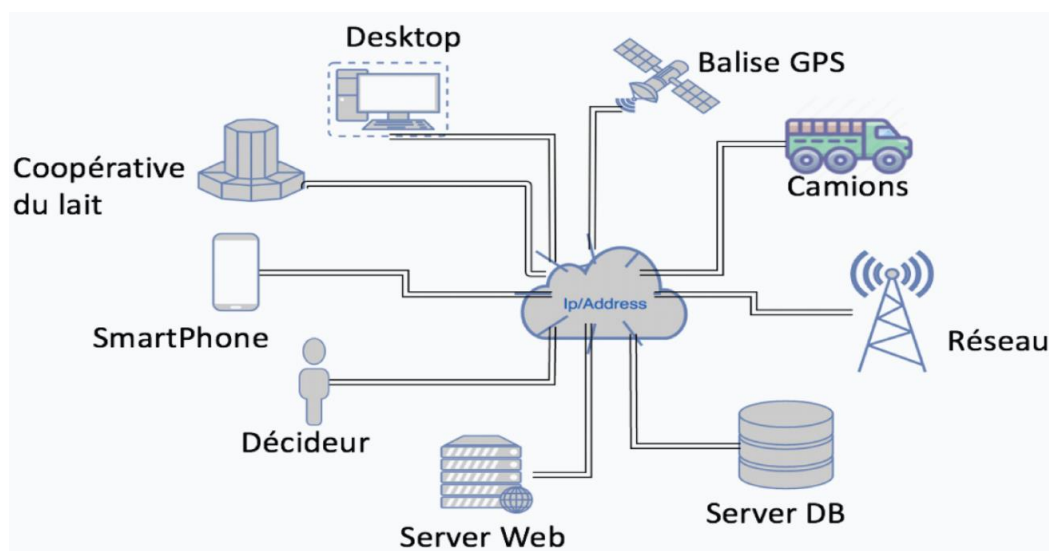


Рисунок 1.10 – Розподілена архітектура системи збору молока [122]

Для реалізації моделі збору та контролю молока обрано розподілене рішення (рис. 1.11), засноване на агентах, пов'язаних між собою за допомогою асинхронних повідомлень.

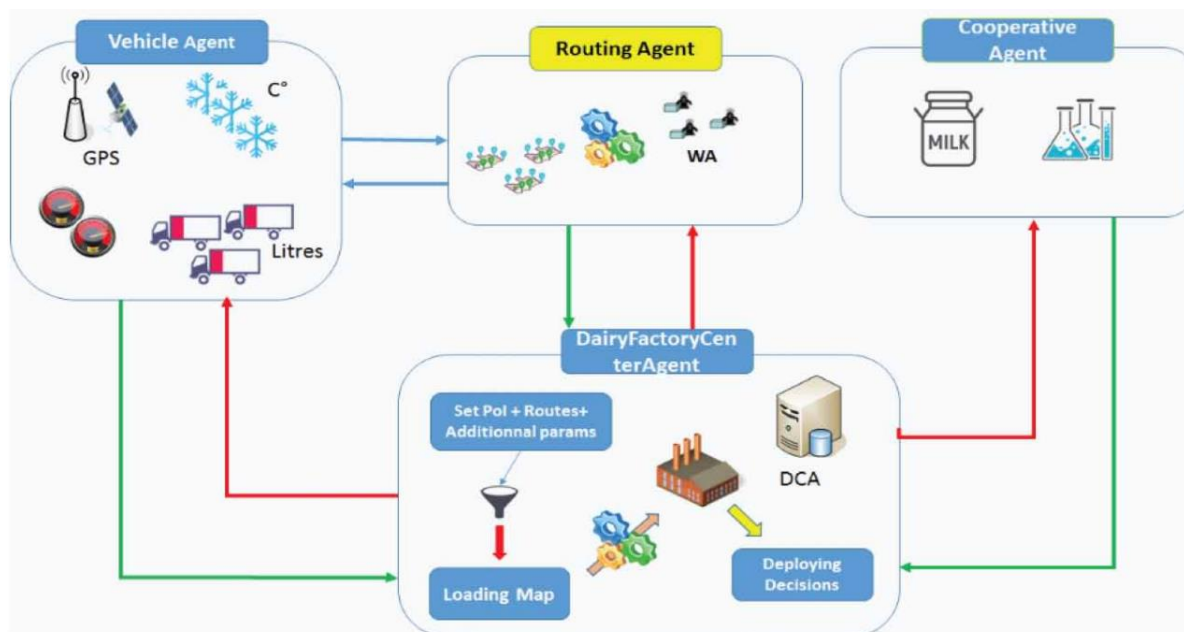


Рисунок 1.11 – Мультиагентна стратегія для системи збору молока [122]

Метою цього підходу є розділення процесу контролю та розрахунку найкращих шляхів і процесу нагляду та підтримки прийняття рішень на основі агентів. Архітектура інформаційної системи складається з агентів, які поділяються на три категорії: 1) збору та формалізації даних; 2) маршрутизації; 3) моніторингу та нагляду.

У роботах [122; 211] пропонується для вирішення задач планування заготівлі сировини використовувати мурашкові алгоритми АСО. Основна концепція АСО полягає в імітації мурах як транспортних засобів, які прагнуть відвідати набір точок (господарств-виробників продовольчої сировини, далі – господарств-виробників), починаючи з кореневого вузла (переробного цеху) (рис. 1.12).

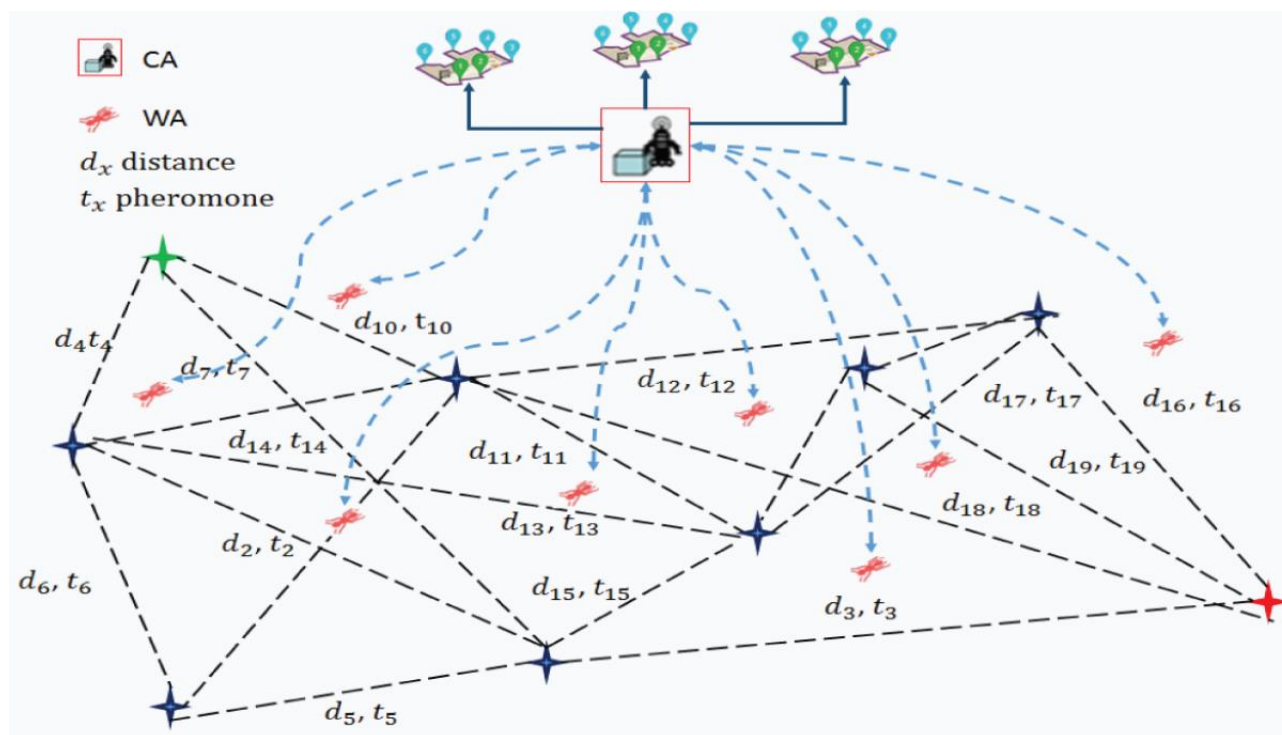


Рисунок 1.12 – Розподілений АСО на основі автономних агентів СА і ВА [122]

На початку кожна мураха починає свою подорож, відвідуючи набір вузлів, після кожного переходу, нова кількість феромона буде осідати на поверхню, щоб позначити шлях, яким пройшла ця мураха, і повідомити іншим цей шлях. Щільність феромона дозволить іншим мурахам оцінити якість шляху, яким йде ця мураха, оскільки якщо більше феромона є на поверхні, то це свідчить про те, що цей шлях є найкоротшим шляхом між переробним цехом та господарствами виробниками продовольчої сировини.

У роботі [211] запропоновано використовувати два програмних інструменти DuvOil і AntRoute, які допомагають планувати доставку вантажів на різних етапах, від попереднього планування на основі прогнозів повторного замовлення до онлайн-планування, офлайн-планування на основі використання розширених метаевристичних методів, таких як мурашиних колоній АСО. DuvOil має два модулі оптимізації: офлайн і онлайн. Особливу увагу було приділено інтеграції цих передових алгоритмічних модулів в інтерфейс користувача DuvOil (див. рис. 1.13).

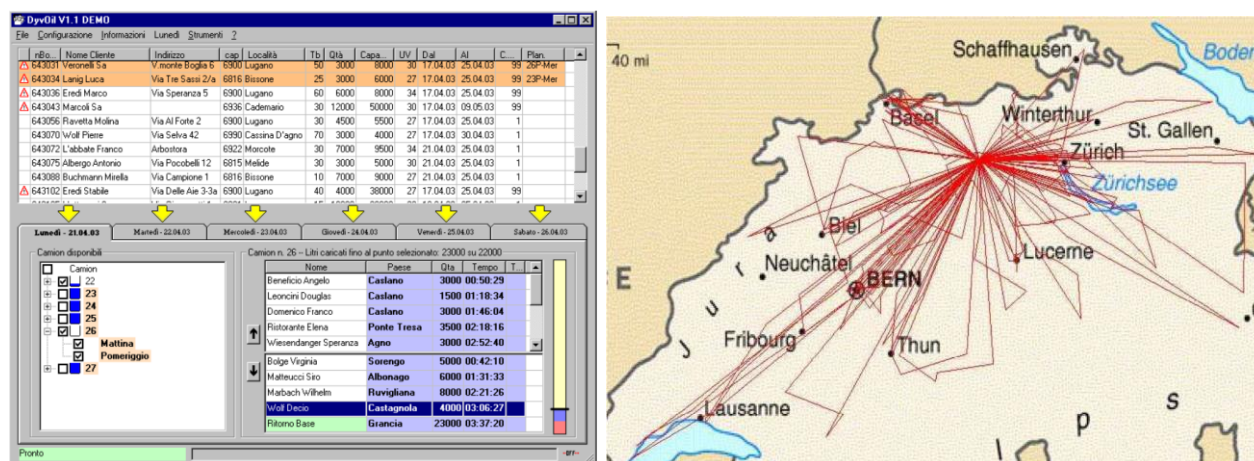


Рисунок 1.13 – Приклад інтерфейсу користувача DuvOil та результати використання AntRoute [211]

Метою програмного компонента AntRoute є інтеграція найсучаснішого алгоритму оптимізації в існуючу структуру управління ланцюгом постачань. AntRoute реалізовано на C++ і розгорнуто як DLL Windows, але його код можна перекомпілювати під більшість операційних систем.

У динамічних задачах маршрутизації транспортних засобів (DVRP) (рис. 1.14), окремі замовлення надходять динамічно, коли транспортні засоби вже почали виконувати свої маршрути та відповідно уже залишили депо.

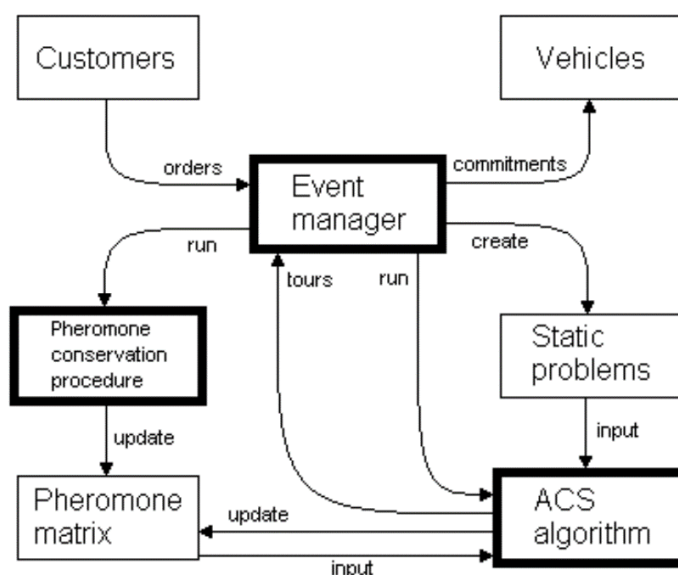


Рисунок 1.14 – Структура алгоритму DVRP [211]

Маршрути транспортних засобів потрібно перепланувати під час виконання, щоб включити ці нові замовлення, оскільки слід забезпечити, щоб транспортні засоби не поверталися із депо у ту частину транспортної мережі, де вони вже були. Автори роботи [211] стверджують, що між транспортними засобами і депо повинна існувати система зв'язку.

Геоінформаційні системи (ГІС) є потужним інструментом, який використовується для комп'ютеризованого картографування та просторового аналізу. ГІС використовується в багатьох прикладних програмах. Окрім того, їх використовують для прийняття рішень у низці предметних галузей. У дослідженні, представленому у науковій праці [125], ГІС використовується для вибору найкращого місця для збору рисової соломи. У цьому дослідженні ArcGIS10.1 було обрано для розробки моделі вибору раціональних місць для збору рисової соломи. Для цього пропонується отримати супутникові знімки (Google Earth program). Програма ENVI була використана для розділення шарів і розміщення їх у файлі для легкого вставлення в програму ArcGIS10.1.

У роботі [125] виконано дослідження, спрямоване на оптимізацію інтелектуальної логістичної системи та управління ланцюгом поставок у рамках периферійних обчислень (EC) та Інтернет речей (IoT). У зазначеній роботі використовують модель eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) для прогнозування інформації про користувача в системі управління інформацією ланцюга постачання продукції (рис. 1.15). Авторами зазначеної роботи доводиться, що значний вплив на розвиток логістичної галузі має інтелектуальна логістична система.

Із постійним розвитком суспільства, мережами 4G було важко задовольнити потреби в інтелекті. Поява технології зв'язку 5G створює основу для взаємозв'язку всіх пристроїв, забезпечує безперервний розвиток інформатизації та має важливий вплив на соціальну економіку та життя. Не винятком є розвиток логістичної галузі на основі 5G та створення нових можливостей у ній [177].

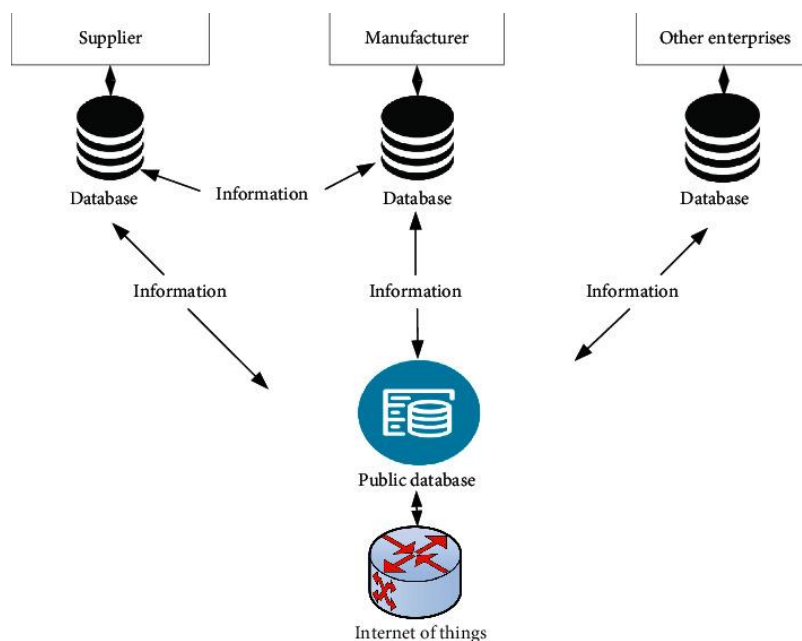


Рисунок 1.15 – Інформаційна взаємодія у системі управління постачанням продукції [125]

Водночас, усе більше уваги під час заготівлі продовольчої сировини приділяють розробленню інформаційних систем та технологій для інтегрованої логістики «холодових ланцюгів». Логістика холодового ланцюга – це системний проект, заснований на технології охолодження, який вимагає, щоб логістична система завжди перебувала в середовищі з низькою температурою на всіх етапах виробництва, зберігання, транспортування та продажу, щоб забезпечити якість продукції та зменшити її втрати.

Логістика холодового ланцюга зазвичай використовується для фруктових та овочевих продуктів, м'яса, квітів, медичних товарів, спеціальної плазми та інших продуктів, які складно зберігати та вони мають високу вартість [175]. Оскільки продукція, яка доставляється транспортними засобами у логістиці «холодових ланцюгів», зазвичай пов'язана з безпекою харчових продуктів і здоров'ям людей, то її розвитку приділяється все більше уваги з боку окремих держав. Окрім того, під час заготівлі продовольчої сировини на території громади сучасні інформаційні технології (штучний інтелект, віртуальна та доповнена реальність, технології 5G та Інтернет речей), які використовують у логістиці «холодових ланцюгів», можна застосувати лише частково, оскільки

специфічні виробничі умови заготівлі і їх мінливість потребують використання інтелектуальних систем.

На даний час режим роботи більшості інтелектуальних логістичних інформаційних систем полягає в тому, що термінальні дані на операційному рівні передаються на системний рівень через інтерфейс даних. Після цього передаються в хмару даних для обробки, контролю та зберігання, виконується надсилання сигналів обробки та потім досягаючи операційного рівня через системний рівень, що використовується для створення операційних інструкцій [172].

У роботі [166] побудована модель інтелектуальної складської інформаційної системи, яка включає інтелектуальну програму на основі 5G та використовує інші сучасні інформаційні технології (рис. 1.16).

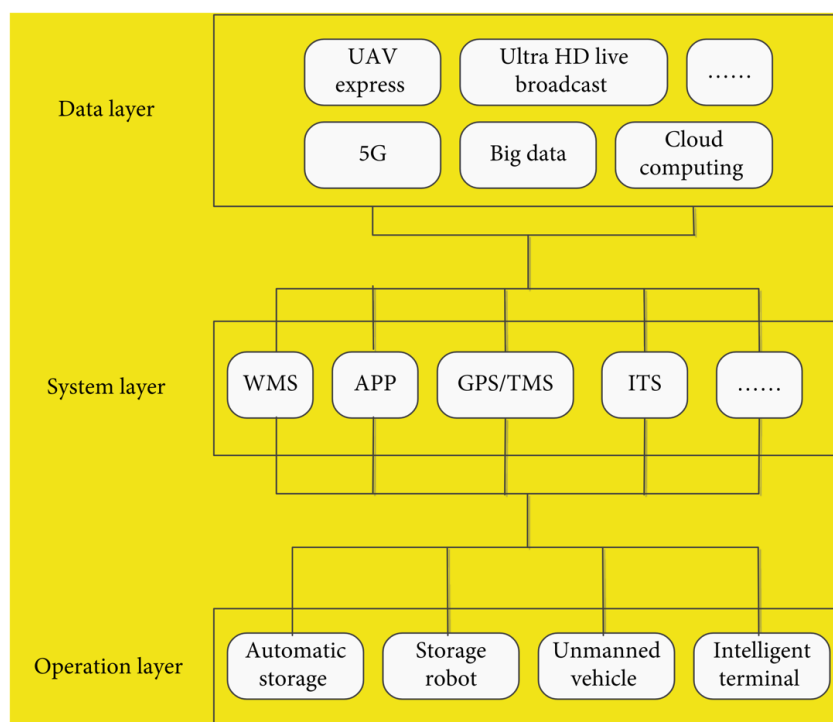


Рисунок 1.16 – Схема моделі інтелектуальної складської інформаційної системи [166]

Основна відмінність запропонованої моделі інтелектуальної складської інформаційної системи, яка подана на рис. 1.16, полягає в тому, що вона може бути децентралізованою. Під час роботи дані в кінці операційного рівня

безпосередньо завантажуються в хмару даних для обробки, а системні інструкції та інструкції з експлуатації надсилаються після обробки системою. У процесі складської роботи товар постійно складається, що зумовлює проводити інвентаризації через окремі проміжки часу та здійснювати очищення деяких неповних та аномальних даних. Однак, традиційний метод розрахунку має великий часовий інтервал і велику похибку між фактичними та інвентарними даними, що призводить до явища інформаційної асиметрії. Після доступу до зв'язку 5G інтелектуальний склад може більш точно проводити онлайн-інвентаризацію в системі в реальному часі за допомогою інформації, надісланої від вантажних транспортних засобів, щоб вирішити задачу асиметрії інформації.

Щоб краще здійснити процес інформатизації сільських підприємств, слід побудувати систему управління даними для ланцюга заготівлі сільськогосподарської продукції, яка має характеристики безпечної, надійної, стабільної, відстежуваної, обмінюваної інформації та високої пропускної здатності. У роботі [210] пропонується система управління даними, заснована на технології блокчейн, яка забезпечує ефективне вилучення даних, управління та контроль доступу до гетерогенних форм даних у всьому ланцюзі заготівлі сільськогосподарської продукції (рис. 1.17).

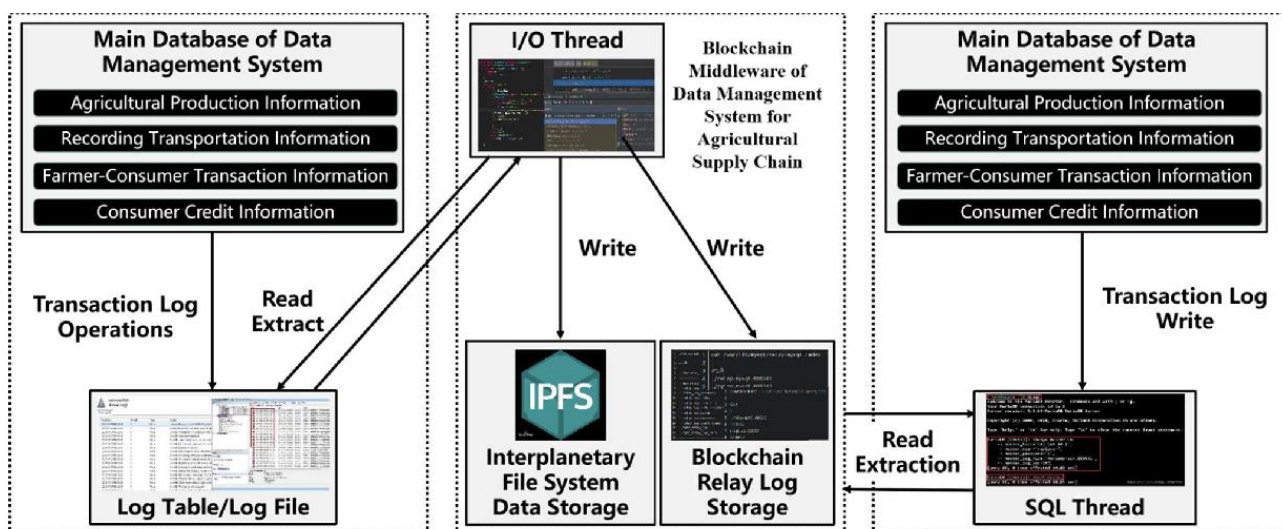


Рисунок 1.17 – Архітектура реплікації Master-slave системи керування даними для ланцюга постачання сільськогосподарської продукції на основі технології блокчейну [210]

Система керування даними включає чотири надійні платформи керування даними, які стосуються отримання інформації про: 1) сільськогосподарське виробництво; 2) транспортування; 3) транзакції між фермерами та споживачами; 4) споживачів кредитів. Також є можливість додавати більше платформ відповідно до потреб користувачів. Запропонована система ефективно захищає інформацію про діяльність ланцюга заготівлі та переробки сільськогосподарської сировини, включаючи виробництво сільськогосподарської продукції, складування, транспортування, розподіл та продаж.

Відомо [39], що інформаційні технології повинні забезпечувати виконання процесів збору, передачі та зберігання інформації, а також аналізу отриманих даних, надання рекомендацій для покращення показників у предметній галузі у зручній та зрозумілій формі для їх користувачів. Чимало науковців присвятили свої праці розробленню та використанню інформаційних технологій у різних прикладних галузях [9; 168]. Вони стосуються розв'язання низки прикладних задач. Окремі з них досліджували особливості створення інформаційних технологій для процесів агропромислового виробництва [188; 190]. Заслуговують на увагу запропоновані інформаційні технології для підтримки прийняття управлінських рішень в агропромисловому виробництві. Однак, використати їх для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад неможливо, оскільки ними вони не враховують особливостей предметної галузі, виробничих, ресурсних та природно-кліматичних умов окремих громад, на території яких здійснюється заготівля цієї сировини. Також вони не враховують нестаціонарних випадкових процесів, характерних для процесу заготівлі молока на території громад, які слід враховувати під час їх планування.

Відомі наукові праці [35; 202], які стосуються розроблення інструментарію для планування нестаціонарних випадкових процесів в агропромисловому виробництві. Однак, їх використати для оперативного

планування процесів заготівлі продовольчої сировини на території громад неможливо, оскільки вони не враховують вищезначених особливостей.

У наукових працях [75; 93], які стосуються проектування інформаційних технологій, автори доводять важливість використання методології SADT на основі нотацій IDEF0 та IDEF3 для моделювання перебігу процесів, яких вони стосуються.

Відома низка наукових праць, які стосуються проектування інформаційних технологій. Однак, публікації стосовно розроблення моделей процесів оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій відсутні. Це зумовлює потребу обґрунтування таких моделей та виконання відповідних досліджень, які забезпечать підвищення якості й точності проектування інформаційних технологій планування заготівлі продовольчої сировини на території громад із врахуванням їх особливостей та специфічних виробничих, ресурсних та природно-кліматичних умов окремих територіальних громад. При цьому доцільним є використання методології SADT на основі нотацій IDEF0 та IDEF3 для розроблення моделей процесів заготівлі продовольчої сировини на території громад, які відображаються інформаційною технологією оперативного планування цієї діяльності на території громад.

1.4. Обґрунтування потреби та постановка завдання для розроблення інформаційної технології планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій

Інформаційні системи та технології лежать в основі ефективної діяльності більшості підприємств, установ та організацій, а також забезпечують розвиток окремих територій та громад [25; 48; 75; 190]. На даний час відомо багато інформаційних технологій для оперативного планування, які використовуються у різних галузях народного господарства. У окремих роботах відображено

особливості створення інформаційних технологій для процесів агропромислового виробництва [25].

Заслужують на увагу запропоновані інформаційні технології для підтримки прийняття управлінських рішень у агропромисловому виробництві та логістиці [46; 101; 164; 197]. Однак, їх використати для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій неможливо оскільки у них не враховуються особливості предметної галузі, виробничі, ресурсні та природно-кліматичні умови громад, на території яких здійснюється заготівля цієї сировини. Також не враховані нестаціонарні випадкові процеси, характерні для заготівлі продовольчої сировини на території громад, які лежать в основі ефективного оперативного планування.

У окремих наукових працях [4; 5], які стосуються створення інформаційних технологій, їх автори наголошують на важливості індивідуального підходу до створення кожного виду інформаційних технологій та їх архітектури із врахуванням особливостей предметної галузі. При цьому поза увагою науковців залишилися питання, які стосуються обґрунтування функціональних моделей процесів, що забезпечує ієрархічне відображення складових предметної області та взаємозв'язків між ними, а також інформаційних потоків під час оперативного планування процесів заготівлі продовольчої сировини на території громад. Саме це значно полегшує розуміння предметної галузі. Окрім того, існує задача створення ефективної архітектури інформаційної технології оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій.

Стосовно громад на сільських територіях, то їх створення зумовило потребу у виконанні низки науково-прикладних задач [168; 197; 194]. Однією із невирішених задач, є створення інформаційної системи підтримки прийняття рішень для ефективного планування ГПЗСГ, що зумовлює розроблення відповідного інструментарію. При цьому існує потреба у створенні інформаційної технології оперативного планування заготівлі продовольчої

сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій. Її вирішення потребує використання сучасних досягнень науки у інформаційних технологіях, а також обґрунтування моделей, методів та алгоритмів, які забезпечать швидке та точне опрацювання даних, а також отримання повної інформації, що забезпечить оперативне планування заготівлі продовольчої сировини на території громад та відповідно підвищить якість відповідного процесу.

На підставі аналізу існуючих методів, моделей, алгоритмів та інформаційних технологій, які лежать в основі створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень, слід зазначити, що існує декілька можливих напрямків розв'язання задач інформаційного забезпечення процесу оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій. Попри значні досягнення у застосуванні інформаційних технологій, які забезпечують розв'язання окремих інформаційних задач планування процесів у системах логістики та агропромислового комплексу, на даний час немає єдиного комплексного підходу до вирішення задачі підвищення якості оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій. Удосконалення процесів інформаційної підтримки оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій дасть можливість знизити тривалість та трудомісткість прийнятих рішень, а також підвищити їх точність завдяки розробленню відповідного інструментарію.

Основним напрямом дисертаційного дослідження є розв'язання багатокритеріальної задачі забезпечення інформаційної підтримки оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій. Для цього у дисертаційному дослідженні слід розв'язати такі завдання:

- проаналізувати предметну галузь, моделі, методи та інструментальні засоби, які використовуються для інформаційної підтримки планування заготівлі продовольчої сировини;
- розробити системну модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту та запропонувати метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ;
- обґрунтувати моделі прогнозування сезонних обсягів надходження сировини та визначення раціонального сценарію виконання робіт, а також алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини, що лежать в основі обґрунтування ефективного оперативного плану ГПЗСГ;
- запропонувати системні моделі, алгоритмічне забезпечення, а також інформаційну технологію підтримки прийняття рішень під час оперативного планування ГПЗСГ;
- розробити систему підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій, а також провести апробацію виконаних досліджень, оцінити ефективність та доцільність використання розробленого інструментарію у предметній галузі.

Висновки до розділу 1

1. На підставі проведеного аналізу особливостей діяльності щодо заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій встановлено, що зазначені процеси є досить актуальними в Україні та світі, а також потребують підвищення ефективності завдяки розробленню інформаційних систем та технологій для виробників продовольчої сировини територіальних громад, що значно пришвидшить та полегшить виконання процесів пошуку

екстрених постачальників продовольчої сировини та забезпечить автоматизований процес створення альтернативних ланцюгів постачання цієї сировини.

2. Аналіз методів та моделей планування заготівлі продовольчої сировини дав можливість стверджувати, що враховуючи виробничі умови заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій, а також особливості виконання відповідних процесів, існує потреба у розробленні моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади та удосконаленні алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій, що базуються на обчислювальному інтелекті.

3. На підставі проведеного аналізу стану використання інформаційних систем та технологій під час заготівлі продовольчої сировини встановлено їх важливість та доцільність використання для розв'язання окремих інформаційних задач планування процесів у системах логістики та агропромислового комплексу. Однак, на даний час немає єдиного комплексного підходу до вирішення задачі підвищення якості оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій, що зумовлює потребу розробки відповідної інформаційної системи підтримки прийняття рішень, яка забезпечить зниження тривалості та трудомісткості отримання управлінських рішень, а також підвищить їх точність завдяки розробленню відповідного інструментарію.

Розділ 2

ІНСТРУМЕНТАРІЙ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ГІБРИДНИХ ПРОЕКТІВ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

2.1. Системна модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій

Одним із трудомістких управлінських процесів під час заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій на території громад є оперативне планування гібридних проектів. Під *гібридним проектом заготівлі продовольчої сировини на території громад* (ГПЗСГ) будемо розуміти проекти, які реалізуються під час операційної діяльності із заготівлі молока на території громад [54; 61; **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Характеризуються ГПЗСГ обмеженим часом виконання множини робіт, які спрямовані на сервісне обслуговування господарств-виробників продовольчої сировини та передбачають своєчасну її доставку від господарств-виробників до переробних цехів. Окрім того, ГПЗСГ характеризуються унікальністю, обмеженістю ресурсів, мінливим проектним середовищем, що зумовлює зміни у структурі виконання робіт (WBS), регламентованими вимогами до тривалості виконання робіт та якості наданих послуг, що системно зумовлюють їх цінність.

Розглянемо одну із задач, яка є досить актуальною на даний час для сільських громад. Вона стосується обґрунтування оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад під час надзвичайних ситуацій (в тому числі і воєнного стану) [20]. Особливістю цієї задачі є те, що вона вирішується в умовах неточності даних та невизначеності проектного середовища, а також наявності пропусків даних або ж їх викидів. Вирішення цієї задачі потребує як цифрової трансформації сільських громад, так і використання «Industry 4.0», що забезпечує створення автоматизованих виробництв та автоматизованого прийняття управлінських рішень, а також

сприяє обміну даними та керування виробничими процесами у єдиній виробничо-інформаційній системі [20]. Між цифровою трансформацією сільських громад та використанням «Industry 4.0» існують системні взаємозв'язки, які відображено у запропонованій системній моделі, що представлена на рис. 2.1.

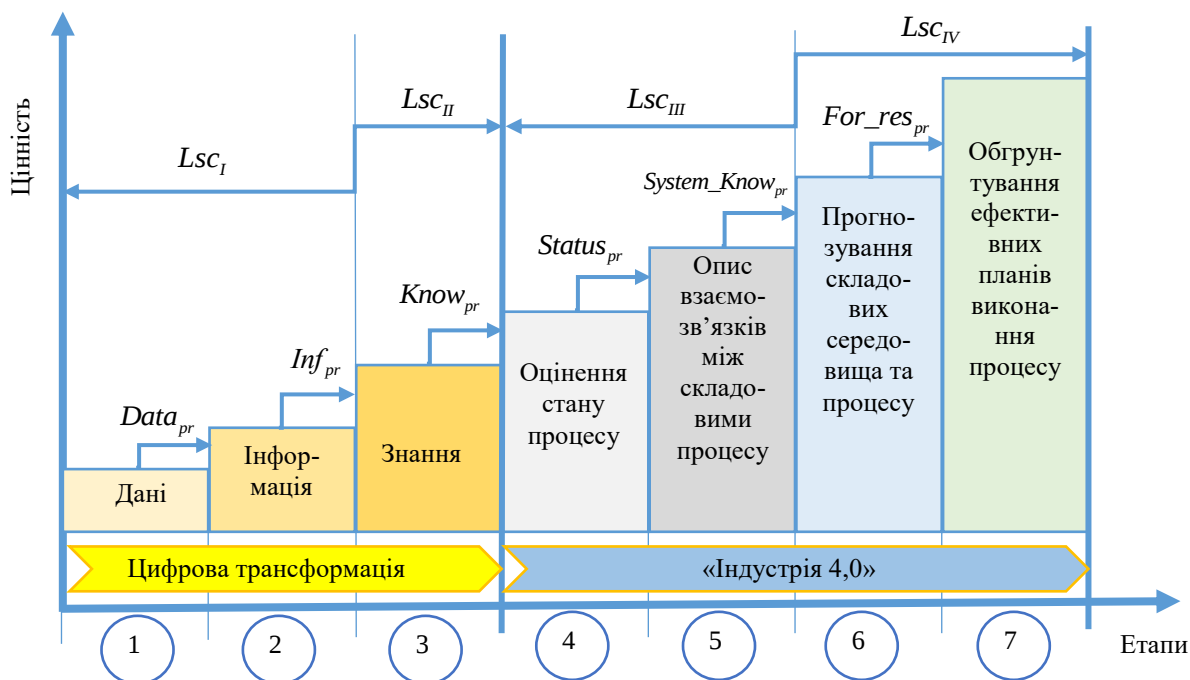


Рисунок 2.1 – Системна модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту: $Lsc_I, Lsc_{II}, Lsc_{III}, Lsc_{IV}$ – відповідно перший, другий, третій та четвертий підцикли трансформції процесу; $Data_{pr}$ – база даних; Inf_{pr} – інформація про стан процесу; $Know_{pr}$ – знання про процес; $Status_{pr}$ – стану процесу та проектного середовища; $System_Know_{pr}$ – системні знання про процес; For_res_{pr} – результати прогнозування складових проектного середовища та процесу із використанням обчислювального інтелекту

На рис. 2.1 представлена системна модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту, яка передбачає виконання семи

рівнів, кожен із яких дає можливість отримати бажаний результат, що має свою цінність для громад:

1. Формування бази даних (*Level1*) – дає можливість зібрати множину даних про стан виробничих об’єктів на території сільських громад та наявність у них сировини із фіксуванням потрібних характеристик цих даних, а також взаємозв’язків між їхніми атрибутами;

2. Оперативне отримання потрібної інформації на підставі зібраних даних (*Level2*) – забезпечує зменшення «інформаційного перевантаження» користувачів, а також лежить в основі розсилання потрібної інформації (information routing) для окремих користувачів, сортування інформації (information filtering), упорядковування (класифікацію) інформації (information categorization) та потрібний відбір інформації (information extraction);

3. Отримання потрібних знань (*Level3*) – забезпечує зафіксовану та перевірену на практиці попередньо оброблену інформацію, що у подальшому може багаторазово використовуватися для прийняття управлінських рішень під час заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад;

4. Оцінення стану процесу та проектного середовища заготівлі продовольчої сировини на території заданої сільської громади (*Level4*) – базується на отриманих знаннях і забезпечує встановлення тенденцій зміни обсягів заготівлі продовольчої сировини за зміни стану проектного середовища;

5. Опис взаємозв’язків між складовими процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад та складовими його проектного середовища (*Level5*) – забезпечує наявність системних знань про них і лежить в основі вибору ефективного інструментарію для використання обчислювального інтелекту;

6. Прогнозування складових проектного середовища та процесу заготівлі продовольчої сировини на території заданої сільської громади із використанням обчислювального інтелекту (*Level6*) – надає можливості

позбутися неточності, невизначеності та наявності пропусків даних щодо стану проектного середовища або ж їх викидів;

7. Обґрунтування ефективних планів заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади (*Level7*) – базується на результатах прогнозування складових проектного середовища та процесу заготівлі продовольчої сировини із використанням обчислювального інтелекту, що забезпечує підвищення якості, точності та тривалості прийняття відповідних управлінських рішень.

Кожен із етапів цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту має свої особливості, які зумовлюють вимоги до інструментарію для їх виконання. Виконання окремих етапів здійснюється послідовно без можливості переходу на наступні етапи, не виконавши попередні етапи цифрової трансформації. При цьому, виконання цифрової трансформації на кожному із етапів дає можливість отримувати цінність для сільських громад. Покращення стану перебування окремих сільських громад щодо трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини призводить до зростання цінності для них. Найбільшу цінність отримують ті сільські громади, які домоглися цифрової трансформації, що забезпечує виконання етапу обґрунтування ефективних планів заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади із використанням обчислювального інтелекту.

Цифрова трансформація процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту здійснюється на підставі виконання чотирьох циклів, кожен із яких забезпечує отримання свого результату, що використовується для прийняття потрібних рішень. Тобто, повний цикл цифрової трансформації зазначеного процесу становить:

$$Lc_{dt} = Lsc_I \cup Lsc_{II} \cup Lsc_{III} \cup Lsc_{IV}, \quad (2.1)$$

де Lc_{dt} – цикл цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади; Lsc_I – перший підцикл, що забезпечує отримання інформації про стан процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади; Lsc_{II} – другий підцикл, що забезпечує отримання знань про процес заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади; Lsc_{III} – третій підцикл, що забезпечує формування системних знань про процес заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади із врахуванням змін проектного середовища; Lsc_{IV} – четвертий підцикл, що забезпечує обґрунтування ефективних планів заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади із використанням обчислювального інтелекту.

Перший підцикл (Lsc_I) включає у себе виконання двох рівнів цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що стосуються формування бази даних ($Level1$) та отримання інформації ($Level2$) про стан процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади:

$$Lsc_I = (Level1 \cup Level2) \rightarrow Inf_{pr}, \quad (2.2)$$

де $Level1$ – перший рівень цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що забезпечує формування бази даних; $Level2$ – другий рівень цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що забезпечує оперативне отримання потрібної інформації; Inf_{pr} – інформація про стан процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади.

Другий підцикл (Lsc_{II}) включає у себе виконання третього рівня цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади ($Level3$), що стосуються отримання потрібних знань щодо зазначеного процесу:

$$Lsc_{II} = (Level3) \rightarrow Know_{pr}, \quad (2.3)$$

де $Level3$ – третій рівень цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що забезпечує отримання потрібних знань; $Know_{pr}$ – знання про процес заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади.

Третій підцикл (Lsc_{III}) включає у себе виконання четвертого та п'ятого рівнів цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що стосуються оцінення стану процесу та проектного середовища ($Level4$) та опису взаємозв'язків між складовими процесу заготівлі продовольчої сировини та складовими його проектного середовища ($Level5$):

$$Lsc_{III} = (Level4 \cup Level5) \rightarrow System_Know_{pr}, \quad (2.4)$$

де $Level4$ – четвертий рівень цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що забезпечує оцінення стану процесу та проектного середовища; $Level5$ – п'ятий рівень цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що забезпечує виконання опису взаємозв'язків між складовими процесу та складовими його проектного середовища; $System_Know_{pr}$ – системні знання про процес заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади із врахуванням змін проектного середовища.

Четвертий підцикл (Lsc_{IV}) включає у себе виконання шостого та сьомого рівнів цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що стосуються прогнозування складових проектного середовища та зазначеного процесу із використанням обчислювального інтелекту ($Level6$), а також обґрунтування ефективних

планів заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади (*Level7*):

$$Lsc_{IV} = (Level6 \cup Level7) \rightarrow Plan_effective_{pr}, \quad (2.5)$$

де *Level6* – шостий рівень цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що забезпечує прогнозування складових проектного середовища та зазначеного процесу із використанням обчислювального інтелекту; *Level7* – сьомий рівень цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади, що забезпечує обґрунтування ефективних планів заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади; *Plan_effective_{pr}* – ефективний план заготівлі продовольчої сировини на території сільської громади.

У результаті виконання повного циклу цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту отримують множину результатів, що сприяють підвищенню ефективності зазначеного процесу:

$$\begin{aligned} Effective_{pr} = Level^{1-7} : \{Lsc_I, Lsc_{II}, Lsc_{III}, Lsc_{IV}\} \rightarrow \\ \rightarrow \{Inf_{pr}, Know_{pr}, System_Know_{pr}, Plan_effective_{pr}\}. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Запропонована системна модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту передбачає виконання семи рівнів, які входять до чотирьох підциклів. Вона лежить в основі вибору рівнів цифрової трансформації для кожної окремої сільської громади із врахуванням їх можливостей і потреби отримання бажаних результатів, а також є основою розроблення інструментарію для підтримки прийняття управлінських рішень

під планування процесів заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту.

2.2. Інформаційна підтримка прийняття рішень під час оперативного планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини на території громад

Кількість реалізованих ГПЗСГ та тривалість їх життєвого циклу залежить від характеристик проектного середовища, що зумовлюють потребу змін як у структурі виконання робіт (WBS), так і щодо кількості використовуваних ресурсів (транспортних засобів, водіїв експедиторів тощо). При цьому вважається, що впродовж реалізації окремих ГПЗСГ кількість використовуваних ресурсів залишається незмінною. Графічна інтерпретація визначення кількості та тривалості життєвого циклу ГПЗСГ (на прикладі заготівлі молока для подальшої переробки) впродовж календарного року на території окремої сільської громади представлена на рис. 2.2.

Визначальними щодо кількості ГПЗСГ (N_n) та тривалості їх життєвих циклів ($t_{жци}$) впродовж календарного року на території окремої громад є множина складових проектного середовища:

$$N_n, t_{жци} = \langle N_{fi}, Q_j, R_m \rangle, \quad (2.7)$$

де $N_n, t_{жци}$ – відповідно кількість ГПЗСГ, що реалізуються на території окремої громади та тривалості їх життєвих циклів впродовж календарного року; N_{fi} – множина господарств-виробників продовольчої сировини, у яких здійснюється її заготівля для подальшої переробки у цеху; Q_j – множина

обсягів заготівлі продовольчої сировини у окремих господарствах; R_m – множина наявних ресурсів для заготівлі продовольчої сировини.

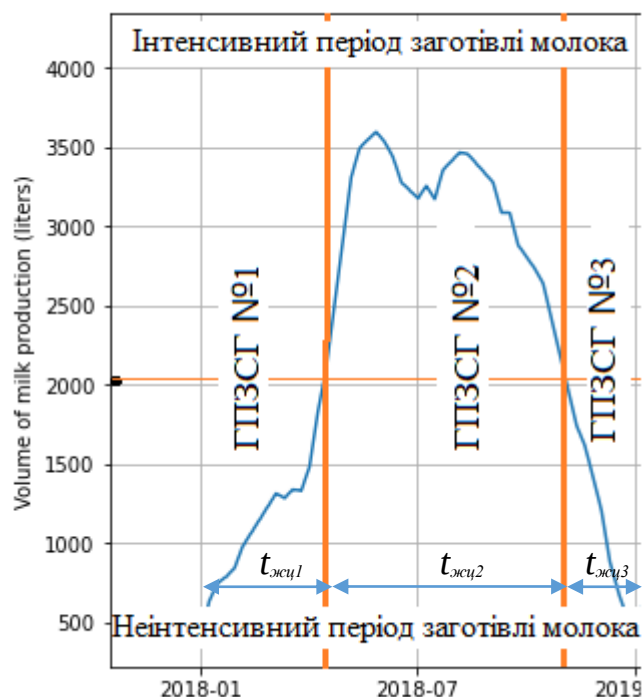


Рисунок 2.2 – Графічна інтерпретація визначення кількості ГПЗСГ (на прикладі заготівлі молока для подальшої переробки) та тривалості їх життєвих циклів впродовж календарного року на території окремої громади: $t_{жц1}$, $t_{жц2}$, $t_{жц3}$ – відповідно тривалість життєвого циклу першого, другого та третього ГПЗСГ

У кожному із ГПЗСГ виникають управлінські задачі, які стосуються їх оперативного планування [61; **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Вони щодоби вирішуються особами, які приймають рішення (ОПР), які у свою чергу потребують достовірних даних та специфічних знань, на підставі яких виконуються трудомісткі розрахунки. Процес прийняття рішень під час оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ виконується за схемою, яка представлена на рисунку 2.3. Схему виконано на підставі використання мови моделювання бізнес-процесів у нотації BPMN [154]. Нотація BPMN (Business Process Model and Notation) являє собою систему умовних позначень (нотацій), які використовуються для моделювання окремих бізнес процесів.

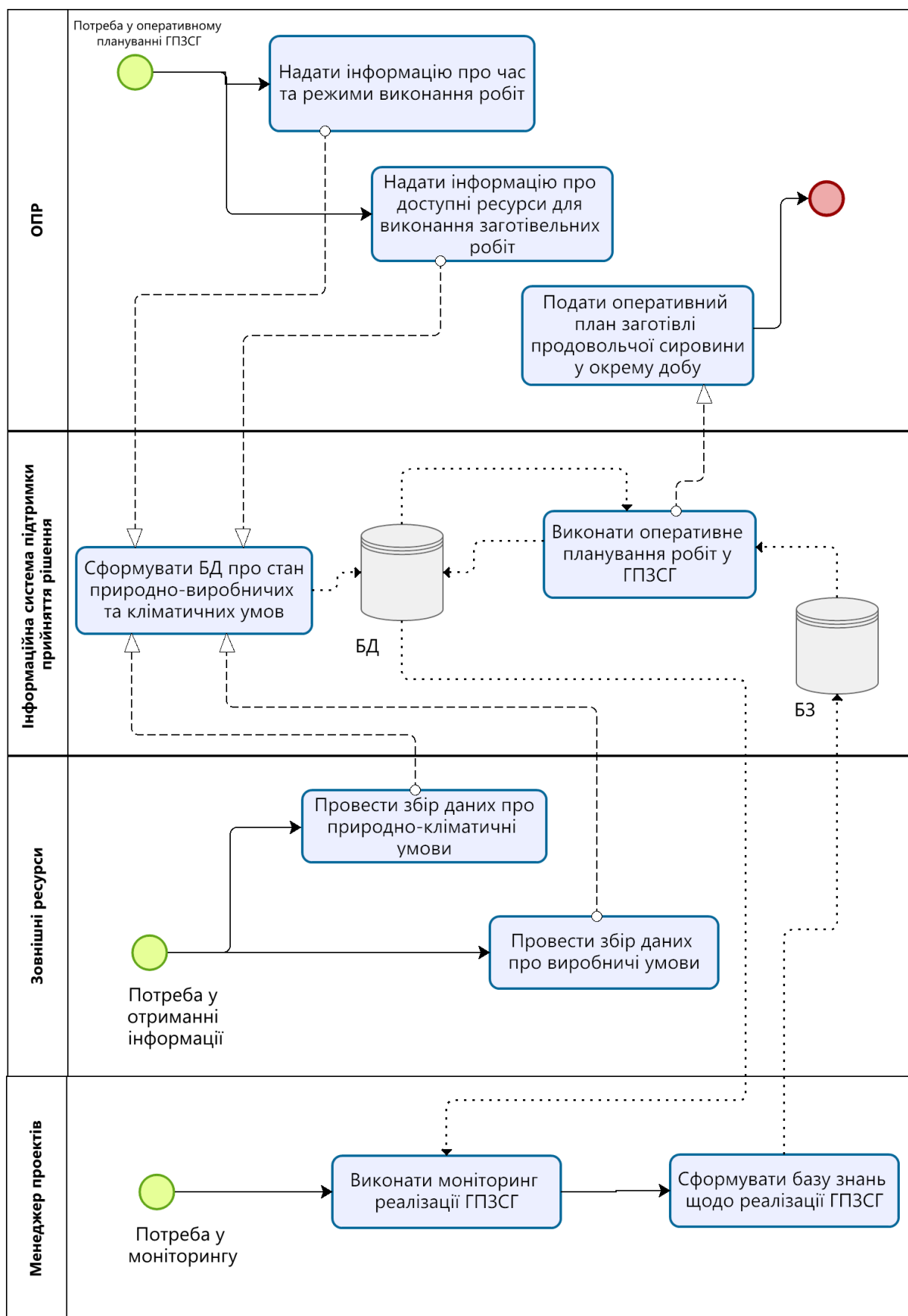


Рисунок 2.3 – Схема управлінської діяльності під час оперативного планування реалізації ГПЗСГ

Запропонована нами нотація виконана на платформі Bizagi [85] та орієнтована на детальний опис управлінської діяльності, що виконується під час оперативного планування робіт у ГПЗСГ.

Управлінська діяльність під час оперативного планування реалізації ГПЗСГ передбачає чотири пули, якими є особи, що приймають рішення (ОПР), інформаційна системи підтримки прийняття рішень (ІСППР), зовнішні ресурси (ЗР) та менеджери проектів (МП). Потреба у отриманні інформації з'являється щодоби на її початку. Перед виконанням робіт із заготівлі продовольчої сировини МП виконують збір та попередню обробку інформації. Це здійснюється завдяки отримуванню даних щодо виробничих та природно-кліматичних умов у системі заготівлі продовольчої сировини, які подаються у вигляді окремих значень чинників, що впливають на вибір змісту та режими виконання робіт у ГПЗСГ.

Інформаційна система підтримки прийняття рішень під час виконання оперативного планування реалізації ГПЗСГ функціонує на підставі використання множини моделей, до яких належать:

1. модель формування бази даних про стан виробничих та природно-кліматичних умов у системі заготівлі продовольчої сировини на території громади;
2. модель прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади;
3. моделі складових виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади;
4. модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Для формування оперативних планів виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади використовують знання проектних менеджерів. Проектні менеджери обґрунтовують множини та кількісні значення показників, що лежать в основі планування виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади, а також визначають

обмеження та критерії оцінення діяльності. Для цього обґрунтовуються залежності тривалості складових виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади у вигляді явних залежностей від окремих змінних (обсягів заготівлі продовольчої сировини, пройденого шляху тощо), а також їх розподіли зважаючи на мінливий характер. Усе вище зазначене забезпечує формування бази знань (БЗ) щодо реалізації ГПЗСГ. Окрім того, у БЗ містяться правила формування оперативного плану виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади із значеннями якісних критеріїв оцінення раціональних сценаріїв.

У диспетчерському пункті переробного цеху ОПР використовує інформаційну систему підтримки прийняття рішень для виконання управлінського процесу оперативного планування реалізації ГПЗСГ. Для цього ОПР задає час початку виконання робіт у окрему календарну добу та їх режим, який обґрунтовується на підставі наявних моделей у БЗ. Окрім того, ОПР аналізує доступні ресурси для заготівлі продовольчої сировини (транспортні засоби, водії-експедитори тощо) та фіксує їх для виконання процесу оперативного планування виконання робіт. На підставі використання ІСППР отримує обґрунтований оперативний план виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на поточну добу.

Запропонована ІСППР лежить в основі інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень під час оперативного планування реалізації ГПЗСГ та включає у себе:

$$DSS = \langle P_d, S_w, M_t, D_t, D_k, P_m \rangle, \quad (2.8)$$

де P_d – множина осіб, що приймають рішення; S_w – множина програмних засобів; M_t – множина завдань, які вирішуються під час оперативного планування реалізації ГПЗСГ; D_t – множина даних, які лежать в основі

прийняття рішень; D_k – множина знань, яку формують проектні менеджери; P_m – множина проектних менеджерів, які формують множину знань.

Процес виконання інформаційної підтримки прийняття рішень під час оперативного планування ГПЗСГ можна записати таким чином:

$$Process \Rightarrow P_d \times S_w \times M_t \times D_t \times D_k \times P_m, \quad (2.9)$$

Множину завдань M_t , які вирішують під час оперативного планування реалізації ГПЗСГ, можна записати наступним чином:

$$M_t = M_{t0} \cup M_{t1} \cup M_{t2} \cup M_{t3} \cup M_{t4}, \quad (2.10)$$

де M_{t0} – множина задач, які стосуються збору та підготовки потрібних даних для оперативного планування реалізації ГПЗСГ; M_{t1} – множина задач, які стосуються прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади; M_{t2} – множина задач, які стосуються кількісного оцінення складових виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади; M_{t3} – множина задач, які стосуються визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади; M_{t4} – множина задач, які стосуються оцінення ефективності оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Функціонування запропонованої ІСППР забезпечує підтримку прийняття рішень під час оперативного планування ГПЗСГ. При цьому підтримка управлінських рішень повинна супроводжуватися виконанням п'яти взаємопов'язаних етапів (рис. 2.4), які системно забезпечують формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

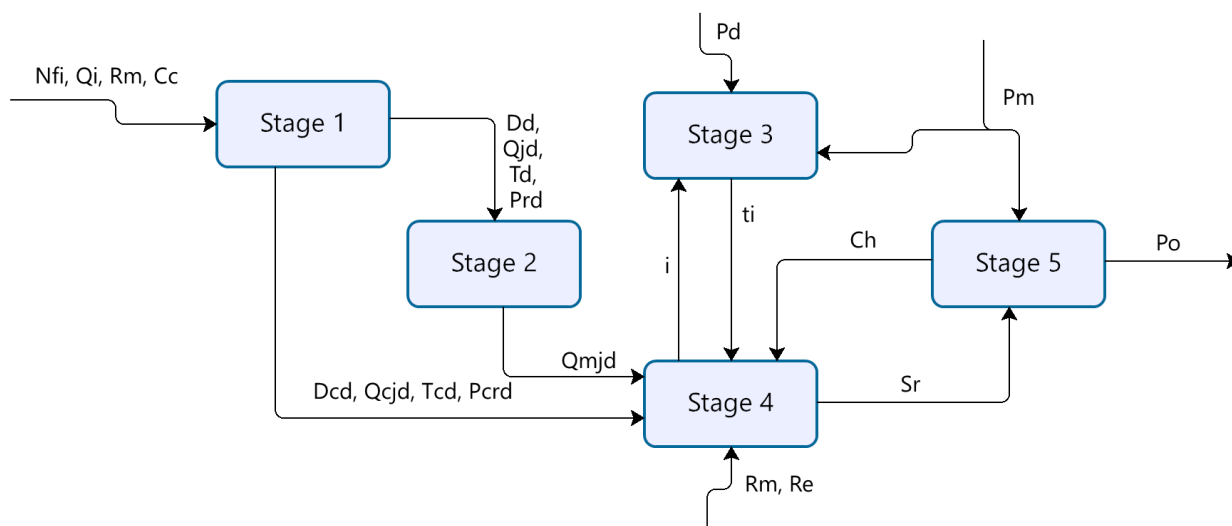


Рисунок 2.4 – Схема процесу формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади

Наявна множина даних включає у себе дані про кількість господарств-виробників продовольчої сировини (N_{fi}), у яких здійснюється її заготівля на території громади для подальшої переробки у цеху, дані про обсяги заготівлі продовольчої сировини у окремих господарствах (Q_j), дані про наявні ресурси (R_m) для заготівлі продовольчої сировини, дані про природно-кліматичні умови (C_c) у період заготівлі продовольчої сировини.

У результаті виконання першого етапу (Stage 1) для кожного із господарств-виробників продовольчої сировини, у яких здійснюється її заготівля, отримують множину історичних підготовлених даних для обґрунтування моделі прогнозування сезонних обсягів надходження цієї сировини. До них належать дані (D_d) стосовно кожної d -ї доби, які характеризують обсяги надходження продовольчої сировини (Q_{jd}) із j -го господарства у d -у добу, а також дані у розрізі кожної із d -х діб про кількісне значення середньодобової температури (T_d) та тиску (P_{rd}), які відображають дані природно-кліматичні умови громади.

Дані на початок кожної d -ї доби щодо обсягів надходження продовольчої сировини (Q_{jd}) подають окремі господарства. Досить часто, із різних причин (відсутність доступу до мережі Internet, відсутність електроенергії, не внесення у базу даних відповідальними особами тощо) такі дані вчасно не надходять із окремих j -х господарств у d -у добу, що потребує виконання прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини для цих господарств на поточну добу. Для цього виконується наступний етап (Stage 2) функціонування запропонованої СППР. У результаті виконання зазначеного етапу здійснюється заповнення пропущених даних щодо обсягів надходження продовольчої сировини (Q_{jd}^m) на поточну d -у добу.

У результаті виконання першого етапу (Stage 1) отримують підготовлені дані щодо обсягів надходження продовольчої сировини (Q_{jd}^c) із j -го господарства для поточної d -ї доби, а також кількісне значення середньодобової температури (T_d^c) та тиску (P_{rd}^c) , які відображають дані природно-кліматичних умов громади. Вони, разом із прогнозованими даними, отримані на другому етапі (Stage 2), що стосуються заповнених пропущених даних щодо обсягів надходження продовольчої сировини (Q_{jd}^m) на поточну d -у добу, формують вхідні дані для виконання четвертого етапу (Stage 4) – визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Попри те, для виконання четвертого етапу (Stage 4) слід забезпечити виконання третього етапу (Stage 3), що передбачає кількісне оцінення складових виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. Цей етап забезпечує отримання знань щодо тривалості (t_i) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини для виробничих умов території громади. Також для цього етапу задаються дані щодо доступних ресурсів (R_m) та режимів (R_e) заготівлі продовольчої сировини на території громади. На

підставі зазначених даних уточняється інформація (i) на етапі Stage 3 стосовно складових тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. Виконання Stage 3 здійснюється із залученням проектних менеджерів, які приймають рішення (P_d) та проводять моніторинг і оцінку потрібних знань.

У результаті виконання Stage 4 отримують раціональний сценарій (s_r) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. При цьому здійснюється оцінка альтернативних сценаріїв виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини за множиною критеріїв, а також вибір з-поміж них раціонального (s_{ro}), як аргумента функції $K_n(s_{ro})$.

Результати етапу Stage 4 лежать в основі виконання п'ятого етапу (Stage 5), що передбачає оцінення ефективності оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади. Для цього етапу залучаються знання проектних менеджерів (P_m). У результаті зазначеного етапу отримуються узгоджені оперативні плани (P_o) заготівлі продовольчої сировини на території громади, або ж обґрунтовується потреба у їх зміні (C_h). При цьому здійснюється повернення до виконання Stage 4 та визначення раціонального сценарію (s_r) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади із запропонованими змінами.

2.3. Метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у гібридних проектах заготівлі продовольчої сировини на території громад

Вагоме значення для підтримки прийняття рішень під час оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ має процес збору та попередньої обробки інформації. Для забезпечення функціонування ІСППР та обґрунтування

ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади слід зібрати дані про:

- господарства виробники продовольчої сировини (вид господарства, територіальне розташування, наявність виробничих ресурсів, частка використання продовольчої сировини на власні потреби);
- обсяги заготівлі продовольчої сировини (дата, назва господарства, обсяг заготівлі продовольчої сировини);
- природно-кліматичні умови (дата, температура повітря, тиск, наявність опадів);
- виробничі умови (відстані від господарств-виробників продовольчої сировини до переробного цеху, стан доріг);
- ресурсне оснащення (вид, вантажність, середня швидкість руху транспортних засобів у населених пунктах та поза населеними пунктами, витрати палива транспортними засобами, чисельність виконавців);
- показники тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини (тривалість виконання елементарних операцій із заготівлі продовольчої сировини).

На підставі означених вище зібраних даних виконують обґрунтування раціонального сценарію виконання робіт та формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади та їх оцінення.

Під час збору та попередньої обробки інформації слід врахувати низку особливостей. До них належить те, що збір даних про обсяги заготівлі продовольчої сировини проводять щодоби. Дані про господарства виробники продовольчої сировини та виробничі умови вносять у базу по мірі включення цих господарств у систему заготівлі продовольчої сировини на території громади. Дані про природно-кліматичні умови збирають у розрізі окремих діб і фіксують їх середньодобові значення на підставі парсингу сайтів. Збір даних про технічне оснащення та показники тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини виконують для умов громади на підставі пасивних

виробничих експериментів і фіксують на період, впродовж якого немає змін у використовуваному технічному оснащенні. У випадку зміни технічного оснащення, збирають дані як про його характеристики на підставі парсингу сайтів виробників, так і виконують визначення показників тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території заданої громади. Врахування таких особливостей забезпечує врахування змін в умовах заготівлі продовольчої сировини на території громади та їх впливу на формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини, а також вибір раціональних алгоритмів обробки зібраних даних та їх представлення за виконаним запитом.

Запропонований метод збору та обробки інформації для підтримки прийняття рішень під час оперативного планування виконання робіт у ГПЗСТ передбачає виконання процесів, що стосуються збору потрібних даних із зовнішніх ресурсів та виконання прогнозування для заповнення пропущених даних. Усі зібрані дані розміщують у базі даних (БД), що забезпечує їх доступність та за потреби – виконання візуалізації. Реалізація зазначених функцій виконується окремою підсистемою «Збирання та попередньої підготовки даних». При цьому слід створити постійний доступ до зібраних та підготовлених даних для програмних додатків, які забезпечують реалізацію функцій, спрямованих на отримання оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Виконаний аналіз стану предметної галузі щодо заготівлі продовольчої сировини на території громад та існуючих підходів до збору даних у зазначених системах вказує на те, що переважно збір даних про обсяги заготівлі продовольчої сировини та природно-кліматичні умови відбувається вручну **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**, а у результаті процесу збору даних про технічне оснащення та виробничі умови заготівлі продовольчої сировини не виконується попередня їх обробка із врахування реальних умов заготівлі продовольчої сировини **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. При цьому під час оперативного планування використовуються дані із середнім значенням

тривалості виконання окремих робіт із заготівлі продовольчої сировини, що не враховує реальних виробничих умов та призводить до отримання хибних результатів у оперативних планах заготівлі продовольчої сировини на території громади.

На рисунку 2.5 представлено етапи запропонованого методу збору та обробки інформації, який використовується для вирішення задачі підтримки прийняття рішень під час оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ.



Рисунок 2.5 – Етапи методу збору та обробки інформації для підтримки прийняття рішень під час оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ

Під час збору даних передбачається їх отримання із зовнішніх ресурсів. Зокрема, дані про обсяги заготівлі продовольчої сировини пропонується збирати завдяки їх внесенню кожним із господарств, які є ОПР, через додаток. Дані про природно-кліматичні умови пропонується вносити на підставі парсингу сайтів із прогнозом погодних умов. При цьому, означені вище дані проходять перевірку щодо коректності та виконується попередня обробка цих даних. За умови наявності пропущених даних про обсяги заготівлі продовольчої сировини виконується їх прогнозування на поточну добу із використанням обґрунтованої моделі (модель прогнозування заготівлі молока сировини подана у п. 3.1 цієї роботи). У результаті виконання вище означених етапів, у БД вносять інформацію про обсяги заготівлі продовольчої сировини в

окремих господарствах на території громади, температуру повітря, тиск та наявність опадів на поточну добу.

Окрім того, за потреби до БД вноситься інформація ОПР про зміни у виробничих умовах (відстані від господарств-виробників продовольчої сировини до переробного цеху, стан доріг) та доступному технічному оснащенні (вид, вантажність, середня швидкість руху у населених пунктах та поза населеними пунктами, витрати палива). Для цього використовують Google Maps Platform.

Вцілому від ОПР, які є у господарствах виробників продовольчої сировини, через спеціальний інтерфейс додатку надходить інформація про обсяги заготівлі продовольчої сировини у них. Проектні менеджери надають уточнену інформацію про доступні господарства виробники продовольчої сировини, виробничі умови та доступні для заготівлі ресурси із режимами виконання робіт. Окрім того, проектні менеджери надають інформацію про показники тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини (тривалість виконання елементарних операцій із заготівлі продовольчої сировини) та формують потрібну базу знань.

На підставі сформованої БД виконуються розрахунки щодо можливих альтернативних сценаріїв виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини, визначаються прогнозовані показники виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади, обґрунтовується структура системи за заданих режимів заготівлі продовольчої сировини, оцінюються та визначаються раціональні сценарії виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини, що забезпечує формування звітів для оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

На підставі вище сказаного ми математично описали процес збору та попередньої обробки інформації із її деталізацією до такого рівня, який забезпечує підтримку прийняття управлінських рішень під час оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ:

$$Inf_{1-3} = Stage^{1-3} : \{D_f, V_m, C_{nc}, P_c, R_e, D_w\} \rightarrow \{R_m, R_e, N_f, Q_j, C_c, P_c, D_w\}. \quad (2.11)$$

Збір потрібної множини інформації (Inf_{1-3}) виконується на підставі трьох груп процесів ($Stage^{1-3}$) функціонування запропонованої ІСППР (рис. 2.5), що забезпечує підтримку прийняття рішень під час оперативного планування реалізації ГПЗСГ. При цьому на підставі збору даних отримують дані про доступні ресурси (R_m) для заготівлі продовольчої сировини та режими (R_e) виконання робіт, кількість господарств-виробників продовольчої сировини (N_{fi}), у яких здійснюється його заготівля, обсяги заготівлі продовольчої сировини у окремих господарствах (Q_j), природно-кліматичні умови (C_c) у період заготівлі продовольчої сировини, виробничі умови (P_c) для заготівлі продовольчої сировини та тривалості виконання робіт (D_w) із заготівлі продовольчої сировини на території громади, де планується виконання робіт у ГПЗСГ.

Водночас, між множинами зазначеної інформації існують взаємозв'язки, які описуються виразом:

$$Inf_{1-3} = C_{nc} \cup P_c \cup D_f \cup V_m \cup R_e \cup D_w. \quad (2.12)$$

У результаті виконання процесів $Stage^{1-3}$ функціонування запропонованої ІСППР забезпечується формування множини даних про вмістимість V_c та витрату палива (F_c) доступними для заготівлі продовольчої сировини транспортними засобами, кількість поїздок впродовж доби (N_{td}), кількість господарств-виробників продовольчої сировини (N_{fi}), у яких виконано її заготівлю на території громади для подальшої переробки у цеху, а також обсяги заготівлі продовольчої сировини (Q_{jd}) у d -ту добу від j -х господарств,

кількісні значення середньодобової температури (T_d^c) та тиску (P_{rd}^c) у поточну добу, кількісні значення віддалі (l_{ij}) та стану доріг (rc_{ij}) між господарствами виробниками продовольчої сировини, а також значення тривалості (t_i) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади, де планується виконання робіт у ГПЗСГ:

$$\begin{aligned} Inf_{1-3} = Stage^{1-3} : \{R_m, R_e, N_f, Q_j, C_c, P_c, D_w\} \rightarrow \\ \rightarrow \{V_c, F_c, N_{id}, N_{fi}, Q_{ji}, T_t^c, P_{rt}^c, D_{ij}, R_{ij}, t_i\} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Множина даних, які характеризують господарства виробники продовольчої сировини:

$$D_f = \left\{ \begin{aligned} &DName_Farm, DType_Farm, DTerritorial_Location, \\ &DLatitude, DLongitude, DPresence_Dairy_Cows, \\ &DProductivity_Cows, DShar_Milk_Needs \end{aligned} \right\}, \quad (2.14)$$

де $DName_Farm$ – назва господарства; $DType_Farm$ – вид господарства (1 – господарство населення, 2 – селянське фермерське господарство, 3 – приватне сільськогосподарське підприємство); $DTerritorial_Location$ – територіальне розташування пункту заготівлі (переробки) продовольчої сировини (населений пункт); $DLatitude$ – широта розташування пункту заготівлі (переробки) продовольчої сировини; $DLongitude$ – довгота розташування пункту заготівлі (переробки) продовольчої сировини; $DPresence_Dairy_Cows$ – наявність виробничих ресурсів (молочних корів, м'ясних тварин, посівних площ тощо), од; $DProductivity_Cows$ – продуктивність виробничих ресурсів, літрів/рік (т/рік, га); $DShar_Milk_Needs$ – частка використання продовольчої сировини на власні потреби, %.

Множина даних, які характеризують обсяги заготівлі продовольчої сировини на території громади:

$$V_m = \{VDate, VType_Farm, VMilk_Production\}, \quad (2.15)$$

де *VDate* – дата (у розрізі окремих календарних діб календарного року); *VType_Farm* – назва господарства; *VMilk_Production* – добовий обсяг заготівлі продовольчої сировини, літрів/добу (т/добу).

Множина даних, які характеризують природно-кліматичні умови заготівлі продовольчої сировини на території громади:

$$C_{nc} = \{CDate, CTemperature, CPressurepre, CCipitation\}, \quad (2.16)$$

де *CDate* – дата фіксування природно-кліматичних умов заготівлі продовольчої сировини (у розрізі окремих календарних діб календарного року); *CTemperature* – середньодобова температура повітря, °C; *CPressurepre* – тиск, мм; *CCipitation* – наявність опадів, мм.

Множина даних, які характеризують виробничі умови заготівлі продовольчої сировини на території громади:

$$P_c = \{PType_Farm, PDistances_Milk_Plant, PCondition_Roads\}, \quad (2.17)$$

де *PType_Farm* – назва господарства; *PDistances_Milk_Plant* – відстань від господарства виробника продовольчої сировини до переробного цеху (пункту заготівлі), км; *PCondition_Roads* – стан дороги від господарства виробника продовольчої сировини до переробного цеху (0 – рух неможливий через непридатність дорожнього полотна; 1 – руху нічого не перешкоджає; 0...1 – рух можливий із зниженням швидкості транспортування продовольчої сировини,

що пов'язано із частково пошкодженим дорожнім полотном або ускладненим рухом через затори, спричинені виникненням надзвичайної ситуації).

Множина даних, які характеризують ресурсне оснащення заготівлі продовольчої сировини на території громади:

$$R_e = \left\{ \begin{array}{l} RType_Transport, RTraffic_Capacity, \\ RSpeed_settlements, RSpeed_outside_settlements, \\ RTransport_fuel, RAmount_Transport, RNumber_Performers \end{array} \right\}, \quad (2.18)$$

де $RType_Transport$ – вид транспортного засобу (0 – автоцистерна; 1 – вантажний автомобіль; 2 – пікап); $RTraffic_Capacity$ – вмістимість продовольчої сировини у транспортному засобі, літрів (тон); $RSpeed_settlements$ – середня швидкість руху транспортного засобу у населених пунктах, км/год; $RSpeed_outside_settlements$ – середня швидкість руху транспортного засобу поза населеними пунктами, км/год; $RTransport_fuel$ – витрати палива транспортним засобом, л/км; $RAmount_Transport$ – кількість транспортних засобів, од; $RNumber_Performers$ – чисельність виконавців, осіб.

На підставі виконання виробничих експериментів встановлюється множина даних, які характеризують питомі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини:

$$D_w = \left\{ \begin{array}{l} DWRoute_Preparation, DWLoading_Transport, \\ DWUnloading_Transport, DWDocuments_Farm, \\ DWDocuments_Plant, DWWashing_Cleaning \end{array} \right\}, \quad (2.19)$$

де $DWRoute_Preparation$ – тривалість підготовки транспортного засобу до маршруту, хв; $DWLoading_Transport$ – питома тривалість завантаження продовольчої сировини у транспортний засіб, хв/1000літрів(1тонну); $DWUnloading_Transport$ – питома тривалість розвантаження транспортного

засобу, хв/1000літрів(1тонну); *DWDocuments_Farm* – тривалість оформлення експедиційних документів у господарстві, хв; *DWDocuments_Plant* – тривалість оформлення експедиційних документів у переробному цеху (пункті заготівлі), хв; *DWWashing_Cleaning* – тривалість миття та очищення транспортного засобу, хв.

Висновки до розділу 2

1. Запропонована системна модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту передбачає виконання семи рівнів, які входять до чотирьох підциклів, кожен із яких забезпечує отримання бажаного результату для підвищення ефективності зазначеного процесу. Розроблена системна модель цифрової трансформації є основою розроблення інструментарію для підтримки прийняття управлінських рішень під час планування процесів заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту.

2. Виконаний математичний опис повного циклу цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту із означенням отриманих результатів забезпечує вибір потрібних рівнів цифрової трансформації для кожної окремої сільської громади із врахуванням їх можливостей.

3. Розроблена схема управлінської діяльності під час оперативного планування реалізації ГПЗСГ, яку виконано із використанням мови моделювання бізнес-процесів у нотації BPMN (Business Process Model and Notation) дала можливість встановити, що управлінська діяльність під час оперативного планування зазначених проектів передбачає чотири пули, якими є особи, що приймають рішення (ОПР), інформаційна система підтримки прийняття рішень (ІСППР), зовнішні ресурси (ЗР) та менеджери проектів (МП).

4. Інформаційна система підтримки прийняття рішень під час виконання оперативного планування реалізації ГПЗСГ функціонує на підставі використання множини означених моделей, які умовно належать до чотирьох груп – формування бази даних, прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини, визначення складових виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини та обґрунтування раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади.

5. Встановлено, що функціонування запропонованої СППР забезпечує підтримку прийняття рішень під час оперативного планування реалізації ГПЗСГ. Обґрунтовано, що підтримка управлінських рішень повинна супроводжуватися на підставі виконання п'яти взаємопов'язаних етапів (рис. 2.4), які системно забезпечують формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

6. Запропонований метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ усуває недоліки існуючого стану збору та попередньої обробки інформації у сільських громадах. Він передбачає системне формування бази даних та знань на підставі виконання десяти етапів, які забезпечують своєчасне та повне отримання достовірної інформації із зовнішніх ресурсів (господарств-виробників продовольчої сировини, проектних менеджерів, доступних геоінформаційних систем та інших сервісів), а також завдяки проведенню інтелектуальних розрахунків, забезпечує якісну підтримку прийняття рішень під час оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ.

7. Виконаний математичний опис процесу збору та попередньої обробки інформації з її деталізацією до такого рівня, який забезпечує розробку моделей формування бази даних для підтримки прийняття управлінських рішень під час оперативного планування виконання робіт у ГПЗСГ.

Розділ 3

МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ПРОЦЕСУ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ГІБРИДНИХ ПРОЕКТІВ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

3.1. Обґрунтування моделі прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади із використанням штучних нейронних мереж

Обсяги виробництва продовольчої сировини на території громади, де планується реалізовувати ГПЗСГ, значною мірою залежать як від характеристик господарств-виробників цієї сировини, так і від природно-кліматичних умов. Характеристики господарств-виробників молока представлено у виразі (2.14) і на території громади вони відображаються кількістю господарств-виробників молока, чисельністю у них виробничих ресурсів (посівних площ, молочних корів, м'ясних тварин тощо), їх продуктивністю та часткою продовольчої сировини, яка залишається на власні потреби.

Розглянемо модель прогнозування обсягів заготівлі молока на території громади із використанням штучних нейронних мереж. При цьому вагоме значення мають періоди лактації корів у кожному із господарств-виробників молока, що зумовлюють сезонність надходження молока у переробні цехи (пункти заготівлі). Природно-кліматичні умови заготівлі молока на території громади описано виразом (2.16) і вони відображаються умовами навколишнього середовища (температура, тиск, вологість, характер опадів тощо).

Для виконання наших досліджень було зібрано історичні дані щодо виробничої складової проектного середовища для умов Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Золочівського району Львівської області (Україна) за період 2018-2022 роки. За цей же період проаналізовано дані щодо

природно-кліматичної складової проектного середовища із використанням даних районованої метеорологічної станції. Отримані дані зібрано у розрізі окремих календарних діб. Насамперед ми їх підготували до досліджень, а саме виключили аномальні дані та заповнили пропущені дані. Для цього використовували Mito, який являє собою графічний інтерфейс для швидкої роботи із окремими наборами даних, що забезпечує створення коду підготовки даних мовою Python. Фрагмент підготовлених даних для обґрунтування моделі прогнозування сезонних обсягів надходження молока подано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фрагмент підготовлених даних для обґрунтування моделі прогнозування сезонних обсягів надходження молока

<i>VDate</i>	<i>VMilk_Production</i>	<i>CTemperature</i> (°C)	<i>CPressurepre</i> (mm)
2018-01-01 07:00:00	411	6	728
2018-01-02 07:00:00	442	2	111
2018-01-03 07:00:00	477	4	724
2018-01-04 07:00:00	510	5	724
2018-01-05 07:00:00	541	2	725
...	...	...	...
...	...	...	...
2022-03-11 07:00:00	1562	4	752
2022-03-12 07:00:00	1569	8	755
2022-03-13 07:00:00	1582	13	752
2022-03-14 07:00:00	1592	7	748
2022-03-15 07:00:00	1600	5	757

На підставі підготовлених даних для обґрунтування моделі прогнозування сезонних обсягів надходження молока, дані із атрибутом «*VMilk_Production*» вважаються за базові. На їх кількісне значення впливають дані природно-кліматичних умов із атрибутами «*CTemperature*» та

«CPressurepre». На підставі відомих історичних даних ми побудували часовий ряд обсягів надходження сировини для реалізації ГПЗСГ, представлений на рисунку 3.1.

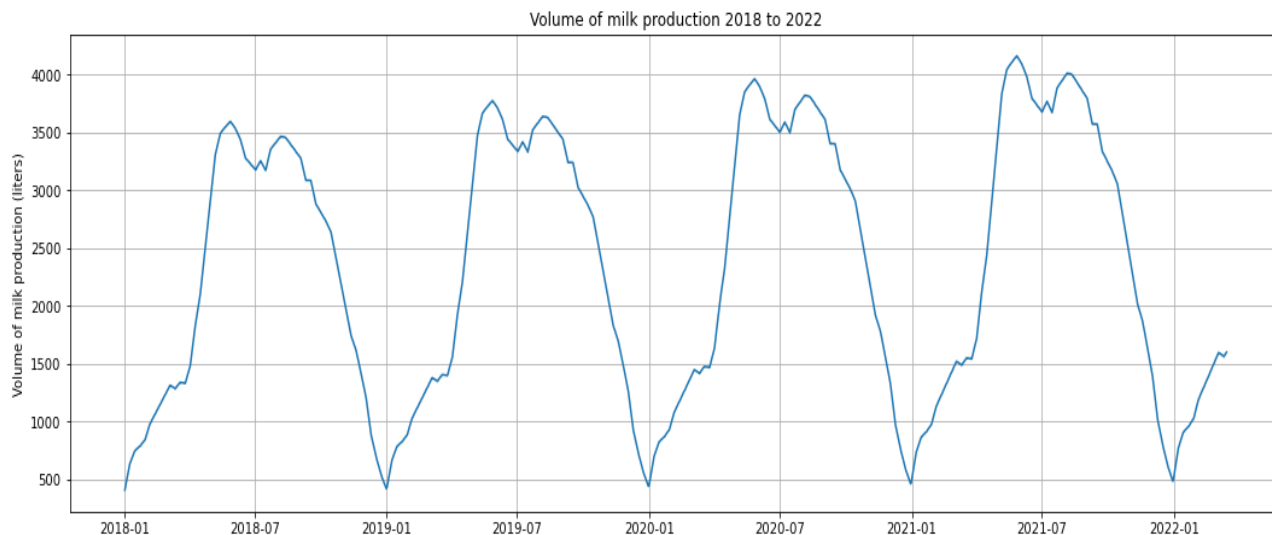


Рисунок 3.1 – Тенденції зміни обсягів надходження молока для реалізації ГПЗСГ

Із рисунка 3.1 чітко видно, що обсягам заготівлі молока для реалізації ГПЗСГ притаманна сезонність, а відповідно представлений часовий ряд є нестационарним.

З метою вибору раціональної моделі прогнозування обсягів заготівлі молока на території громади ми виконали моделювання сезонності в моделях авторегресії. Для порівняння використано моделі SARIMA із різними параметрами.

На отриманому графіку (рис. 3.1) прослідковується щорічна сезонність обсягів надходження сировини для реалізації ГПЗСГ та яскраво виражений тренд. Тому, перед побудовою моделі нам необхідно позбутися тренду та сезонності. Для обґрунтування моделі SARIMA з метою прогнозування сезонних обсягів надходження молока виконується додавання сезонних термінів у модель ARIMA. При цьому модель SARIMA можна записати таким чином:

$$ARIMA(p, d, q) \cdot (P, D, Q)_m, \quad (3.1)$$

де (p, d, q) , $(P, D, Q)_m$ – відповідно несезонна та сезонна складові моделі SARIMA; m – параметр, який характеризує кількість періодів надходження сировини за календарний рік.

Сезонна складова моделі SARIMA дуже подібна до несезонної, але вона характеризує зміни сезонного періоду. На підставі використання підготовленого набору даних із обсягами надходження молока для реалізації ГПЗСГ, модель ARIMA завершується зміною значень (p, d, q) . Для визначення параметрів моделі ARIMA використовують інформаційний критерій Akaike's (AIC), який записується таким чином:

$$AIC(p) = 2k + n \cdot \ln \left(\frac{RSS}{n} \right), \quad (3.2)$$

де n – кількість наборів даних за досліджуваний період; RSS – залишкова сума квадратів, яка характеризує величину дисперсії у заданому наборі даних, що не пояснюється самою моделлю регресії.

Модель SARIMA, яка має мінімальне значення AIC , вважається найкращою моделлю прогнозування обсягів надходження сировини для реалізації ГПЗСГ. Окрім того, використовують методи визначення параметрів моделі ARIMA, які передбачають аналіз графіків функції автокореляції (ACF) та часткової автокореляційної функції ($PACF$).

Обґрунтувати параметрів моделі SARIMA для прогнозування сезонних обсягів надходження сировини під час реалізації ГПЗСГ із врахуванням характеристик її проектного середовища виконано у такій послідовності. Насамперед визначаються із класом моделі та висувають гіпотези про її особливості і параметри. Після цього оцінюються параметри ідентифікованої моделі.

Під час процесу визначення класу моделі, насамперед, слід обробити початкові дані і виявити будь-які відхилення від загальної тенденції їх зміни. З метою стабілізації дисперсії початкові дані за потреби змінюють завдяки їх масштабуванню із використанням формули:

$$V_i = \frac{a_i - \min(a_i)}{\max(a_i) - \min(a_i)}, \quad (3.3)$$

де V_i – масштабоване значення даних; a_i – початкові вхідні дані; $\min(a_i), \max(a_i)$ – мінімальне та максимальне значення заданого набору даних.

Після цього функції автокореляції (ACF) та часткової автокореляційної функції ($PACF$) змінених даних наносять на графік. Результати виконання цього етапу представлено на рисунку 3.2.

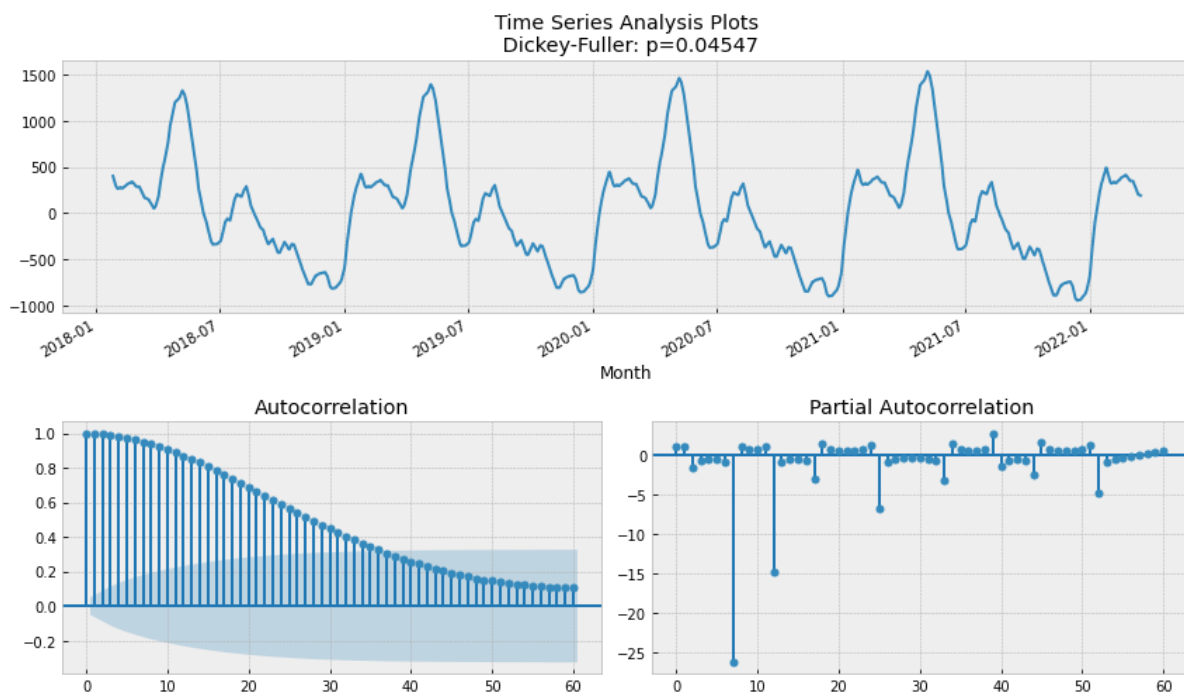


Рисунок 3.2 – Результати оцінення функцій автокореляції (ACF) та часткової автокореляційної ($PACF$) даних обсягів надходження сировини

На підставі отриманих даних (рис. 3.2) набагато краще видно, що видима сезонність усунута. Однак функція автокореляції все ще має занадто багато

значних лагів. Щоб видалити їх, візьмемо перші різниці, віднімаючи ряд із самого себе з відставанням 1. Отримані результати представлено на рисунку 3.3.

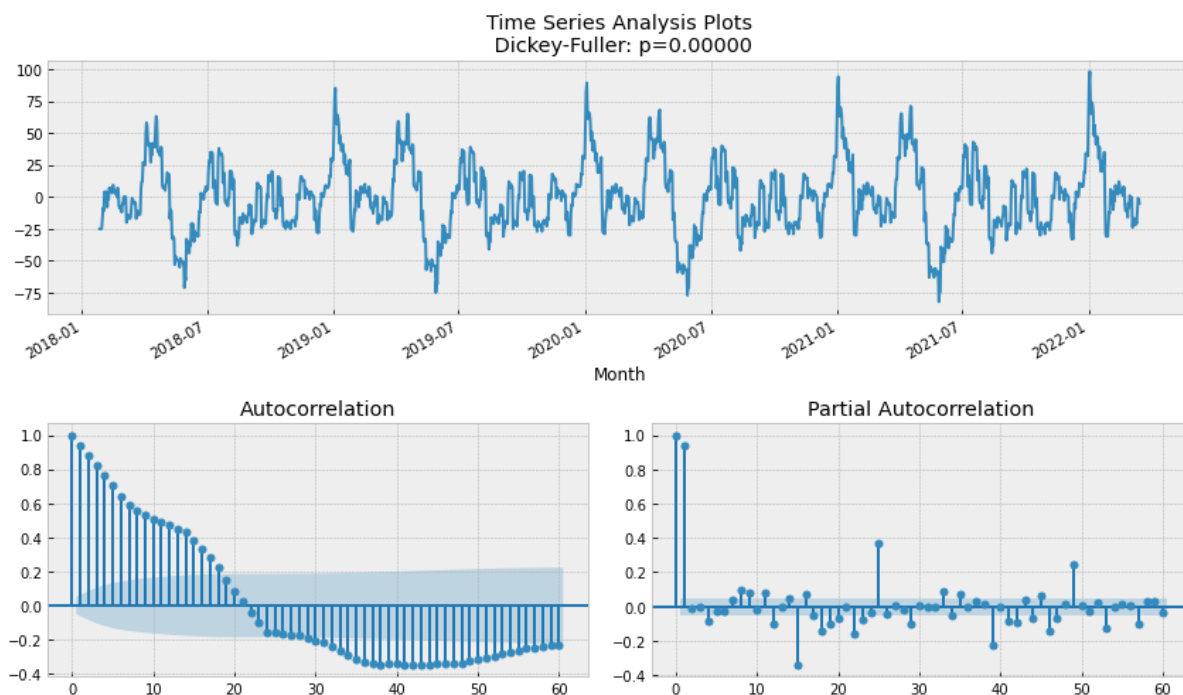


Рисунок 3.3 – Результати оцінення функцій автокореляції (ACF) та часткової автокореляційної ($PACF$) масштабованих даних обсягів надходження сировини

На підставі аналізу функції автокореляції (ACF) та часткової автокореляційної функції ($PACF$) змінених даних виконується визначення параметрів моделей $AR(p)$ та $MA(q)$. Окрім того, аналіз графіків ACF і $PACF$ дає можливість визначити значення для сезонної моделі.

Для прогнозування сезонних обсягів надходження молока під час реалізації ГПЗСГ для заданої громади із врахуванням характеристик її проектного середовища застосовується модель SARIMA. Для середньомісячного значення обсягів заготівлі молока з інтервалом у один календарний рік у часовому ряді x_t можна моделювати як:

$$\delta(B^{365})\Delta_{365}^D x_t = \Theta(B^{365})\alpha_t, \quad (3.4)$$

де $\Delta_{365}^D x_t = (1 - B^{365})x_t = x_t - x_{t-365}$, або $\delta(B^{365})\Theta(B^{365})\alpha_t$ відповідно поліноми від p і q . Обидва доданки задовольняють відповідним умовам стаціонарності та оберненості [207; 209]. Як правило, очікується, що складова помилки буде корелювати із заданим часовим рядом.

Методом, використаним у цьому дослідженні для пошуку відповідних параметрів моделей прогнозування сезонних обсягів надходження сировини, є оптимізація гіперпараметрів. У нашому дослідженні модель $ARIMA(p, d, q) \cdot (P, D, Q)_m$ вимагає використання шести параметрів: p, d, q, P, D, Q . Значення m встановлено як 365, оскільки використані дані обсягів заготівлі молока є щоденними даними із періодом у календарний рік. Значення AIC вибраних моделей наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення AIC моделей SARIMA прогнозування сезонних обсягів надходження сировини під час реалізації ГПЗСГ

Parameters	AIC Value
(4, 3, 0, 1)	10091,87
(4, 3, 1, 1)	10098,74
(3, 3, 1, 1)	10118,54
(3, 4, 1, 1)	10156,71
(3, 4, 0, 1)	10158,53

Відповідно до таблиці 3.2, можемо сказати, що модель SARIMA із параметрами (4, 3, 0, 1) показує найнижче значення AIC . Таким чином, зазначену модель слід вважати раціональною моделлю для прогнозування сезонних обсягів надходження сировини під час реалізації ГПЗСГ. Результати оптимізації моделі SARIMA представлено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати оптимізації моделі SARIMA прогнозування сезонних обсягів надходження сировини під час реалізації ГПЗСТ

SARIMAX Results						
Dep. Variable:	MilkProduction		No. Observations:	1535		
Model:	SARIMAX(4, 1, 3)x(0, 1, [1], 24)		Log Likelihood	-5036.939		
Date:	Tue, 26 Apr 2022		AIC	10091.879		
Time:	21:37:52		BIC	10139.758		
Sample:	01-01-2018		HQIC	10109.709		
	- 03-15-2022					
Covariance Type:	opg					
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
ar.L1	-0.4300	0.021	-20.272	0.000	-0.472	-0.388
ar.L2	-0.0211	0.018	-1.175	0.240	-0.056	0.014
ar.L3	0.4266	0.016	26.426	0.000	0.395	0.458
ar.L4	0.9639	0.018	53.017	0.000	0.928	1.000
ma.L1	1.3816	0.026	52.949	0.000	1.330	1.433
ma.L2	1.3709	0.019	72.067	0.000	1.334	1.408
ma.L3	0.9374	0.026	36.008	0.000	0.886	0.988
ma.S.L24	-0.9786	0.023	-42.981	0.000	-1.023	-0.934
sigma2	42.2587	0.891	47.430	0.000	40.512	44.005
Ljung-Box (L1) (Q):	1.26	Jarque-Bera (JB):	5961.24			
Prob(Q):	0.26	Prob(JB):	0.00			
Heteroskedasticity (H):	1.25	Skew:	0.11			
Prob(H) (two-sided):	0.01	Kurtosis:	12.73			

Представлені дані у таблиці 3.3 узагальнено. Другий стовпець – показує вагові коефіцієнти (тобто важливість) кожної функції та те, як вони впливають на часовий ряд. Оскільки всі значення $P > |z|$ менші за 0,05, отримані результати є статистично значущими.

Отримані результати свідчать про те, що залишки не мають явної сезонності і є білим шумом. Аналогічно, автокореляція, що показана на рисунку 3.4, означає те, що залишки вихідних даних мають низьку кореляцію з даними затримки.

Встановлено, що залишки розподіляються за нормальним законом розподілу. Загалом, модель демонструє хорошу точність прогнозування сезонних обсягів надходження сировини і може використовуватися під час планування ГПЗСТ. Обґрунтовану модель тепер можна використовувати для прогнозування часових рядів зміни сезонних обсягів надходження сировини під час планування ГПЗСТ.

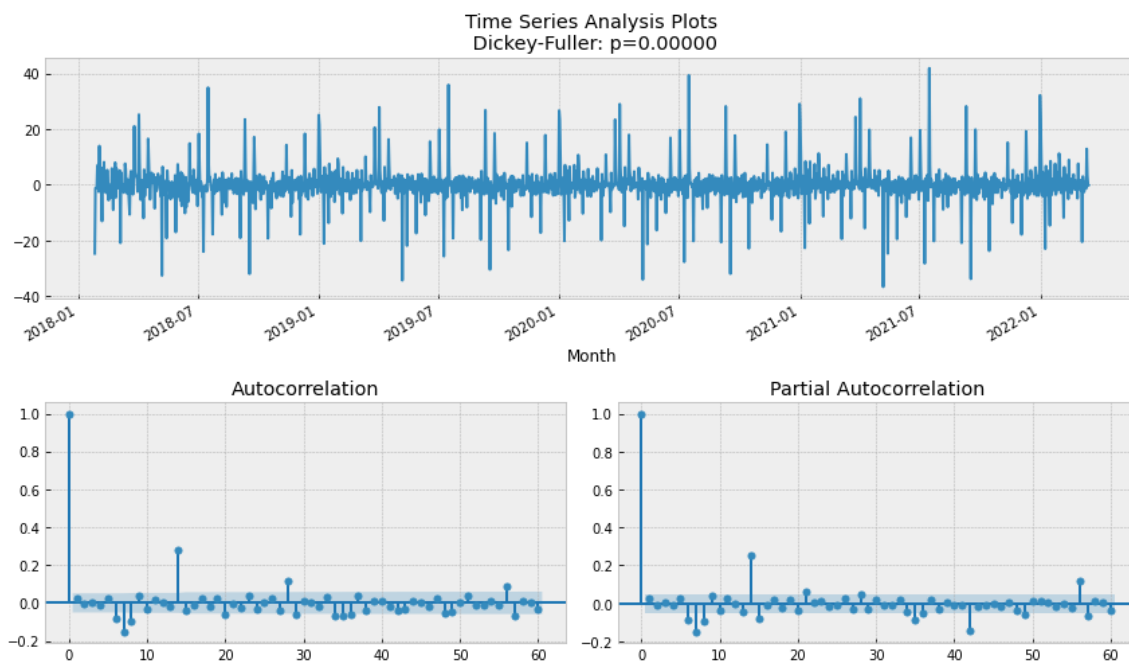


Рисунок 3.4 – Результати оцінення функцій автокореляції (ACF) та часткової автокореляційної ($PACF$) залишків прогнозованих даних обсягів надходження сировини

Через принципову важливість точності прогнозу, необхідно провести перевірку точності виконаного прогнозу сезонних обсягів надходження сировини на підставі порівняння значень прогнозу із відомими історичними даними (рис. 3.5).

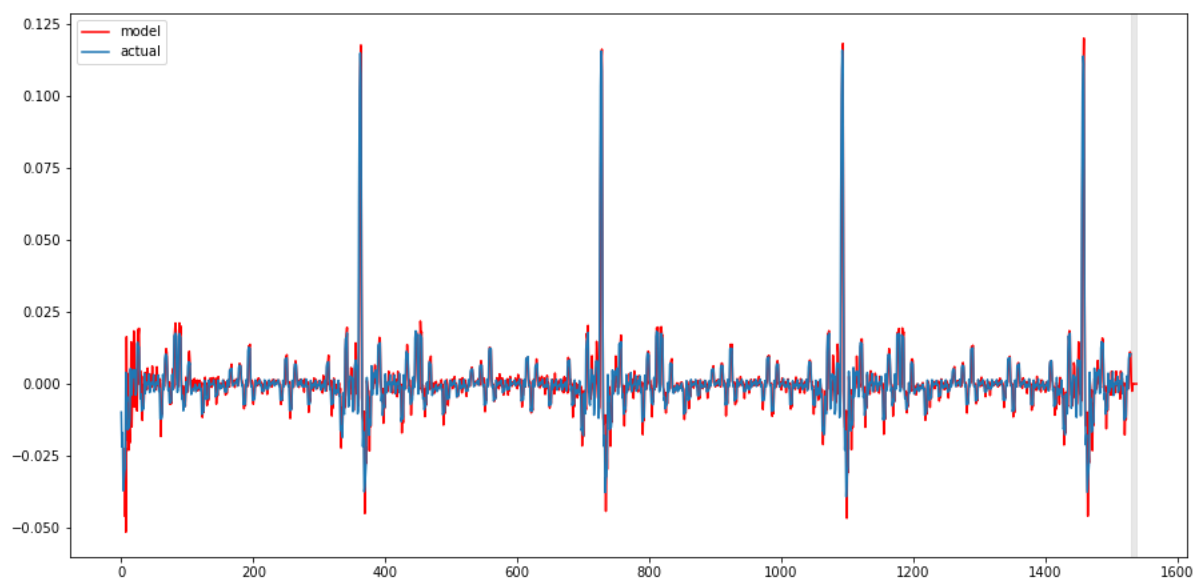


Рисунок 3.5 – Результати перевірки точності виконаного прогнозу сезонних обсягів надходження сировини на підставі порівняння значень прогнозу із відомими історичними даними

Модель передбачає прогнозування обсягів заготівлі молока на території громади Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Золочівського району Львівської області (Україна) за період 2018-2022 роки. Статистичні дані із січня 2018 року до серпня 2020 року використовували для навчання (навчальний набір даних), а дані з вересня 2020 року по березень 2022 року – як тестові (тестовий набір даних) (рис. 3.6).

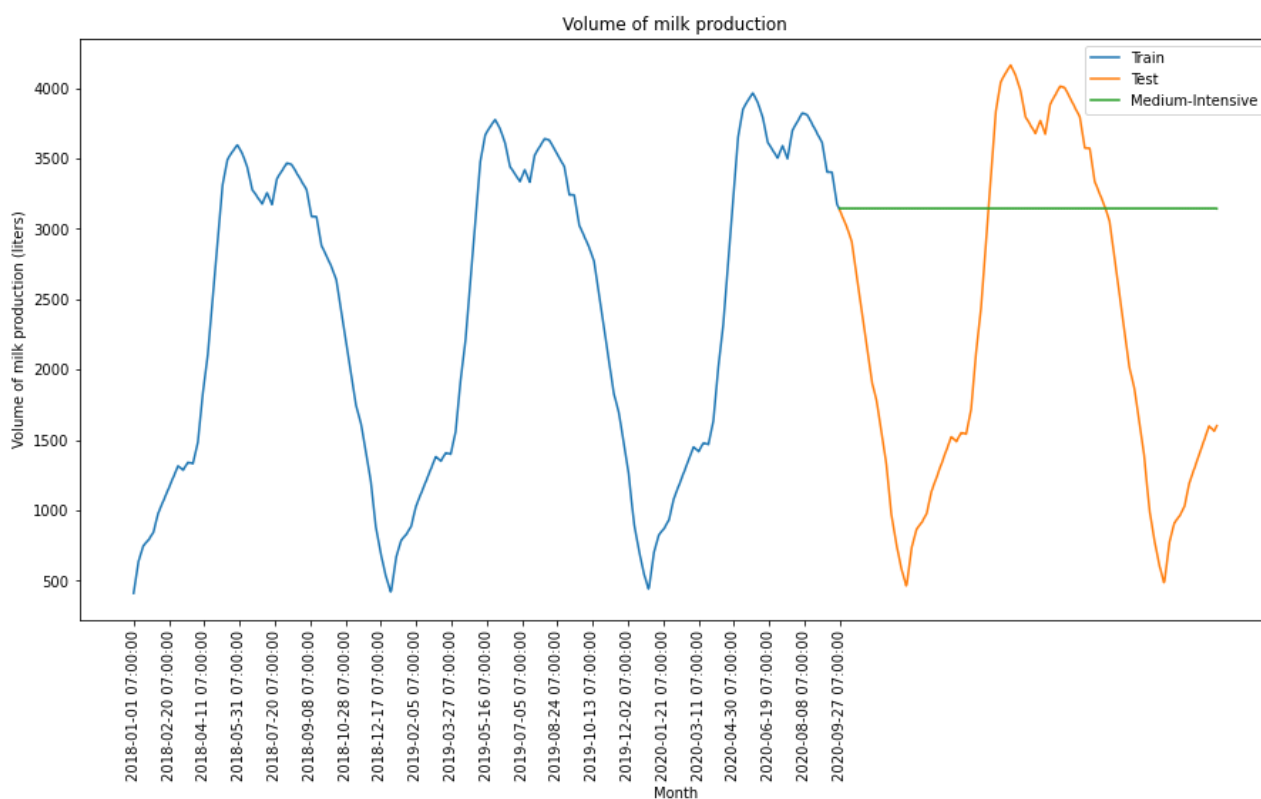


Рисунок 3.6 – Результати тестування моделі прогнозування обсягів заготівлі молока на території Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Золочівського району Львівської області

Встановлено, що середньоквадратична помилка (MSE) прогнозу обсягів заготівлі молока на території громади у період із вересня 2020 року по березень 2022 року становить 0,24 (рис. 3.7).

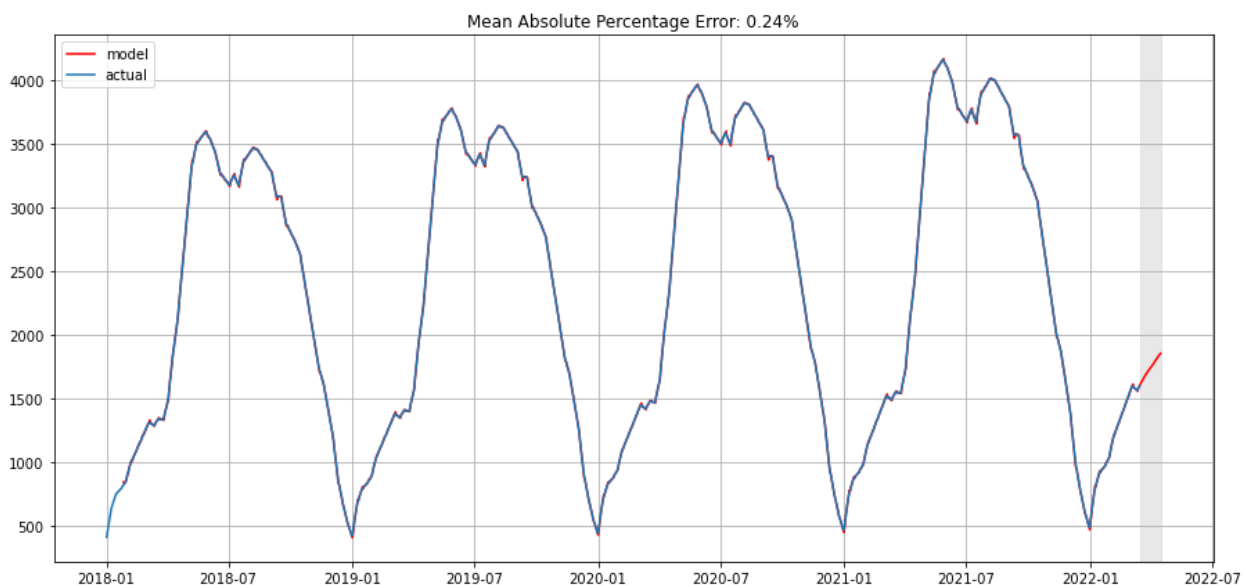


Рисунок 3.7 – Результати прогнозування обсягів заготівлі молока на території Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Золочівського району Львівської області

Отримані результати свідчать про те, що кількісне значення MSE є відносно низьким. Обґрунтована модель демонструє якісне прогнозування обсягів заготівлі молока на території громади, що підтверджує точність тестового набору даних і може використовуватися під час виконання процесів планування ГПЗСГ.

3.2. Удосконалений алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій

Формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій потребує вирішення однієї із досить відомих задач маршрутизації транспортних засобів CR (The Collection Route), що належить до комбінаторної оптимізації. При цьому зазначена задача належить до задач формування зв'язних маршрутів доставки швидкопсувних продуктів, де транспортний засіб починає рух із початкового пункту (цех переробки продовольчої продукції), поступово об'їжджає господарства

виробники продовольчої сировини, які розташовані на території заданої громади та повертається у початковий пункт (цех переробки продовольчої продукції). Для вирішення цієї задачі використовують багато алгоритмів, однак окремі дослідники вказують на те, що досить ефективним є мурашиний алгоритм ACO (Ant Colony Optimization) [43; 103; 142]. Однак, мурашиний алгоритм у класичному вигляді або ж відомі його удосконалені варіанти для вирішення задач комбінаторної оптимізації маршрутів доставки вантажів переважно використовувалися для сталих умов як заданої транспортної мережі, так і незмінного середовища [184]. При цьому транспортну мережу подавали у вигляді окремого графа, де відстань між точками доставки вантажів, а відповідно і величина ребер, що зумовлюється відстанню між населеними пунктами та умовами (вид транспортного засобу та стан доріг, що зумовлює швидкість руху транспортного засобу) доставки вантажів задавалися незмінними. Це не відповідає умовам заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, оскільки мережа доріг може бути частково пошкодженою, що зумовлює обмежений рух транспортних засобів, або в цілому непридатною до використання. Окрім того, окремий транспортний засіб має обмежену вантажність, яка може бути меншою від обсягу доставки продовольчої сировини, що зумовлює формування декількох маршрутів збору продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій. Враховуючи вище означені умови формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади виникає потреба удосконалення алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Запропонований алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади передбачає врахування мінливих виробничих умов, що зумовлюють обмеження у русі транспортних засобів під час надзвичайних ситуацій, а також того, що на окремих ділянках доріг рух транспортних засобів неможливий. При цьому транспортну мережу можна представити у вигляді двоспрямованих орієнтованих зважених графів, які

відображають виробничі умови окремих громад. Вузлами цих графів є j -і господарства виробники продовольчої сировини із певним пунктом її збору або переробки. Ребрами, які з'єднують вузли графа, є дороги, якими здійснюється доставка продовольчої сировини від виробників до пункту її збору або переробки. При цьому існують свої ваги ребер, характеристика яких залежить від виду продовольчої сировини (молоко, тварини на м'ясо, овочі тощо), які поєднують окрему пару вузлів графа між собою. Ці ваги ребер, залежно від умов розв'язуваної задачі, можна представити у вигляді відстаней між господарства виробниками продовольчої сировини, швидкістю руху на заданих ділянках між окремими господарствами, тривалістю руху транспортних засобів на окремих ділянках доставки продовольчої сировини, вартістю доставки продовольчої сировини на певних ділянках транспортної мережі тощо (рис. 3.8).

Виходячи із вище сказаного, на підставі математичного формулювання транспортної мережі доставки продовольчої сировини на території громади, окремий j -ий вузол (господарства виробники продовольчої сировини та пункт її збору або переробки) з'єднані між собою множиною ребер, які являють собою z_j частину мережі, кожна i -та ділянка якої характеризується окремою відстанню l_{ij} (рис. 3.8 а), середньою швидкістю v_{ij} руху k -го виду транспортного засобу (рис. 3.8 б), тривалістю t_{ij} руху k -го виду транспортного засобу (рис. 3.8 в) та вартістю pr_{ij} доставки продовольчої сировини на певних ділянках транспортної мережі (рис. 3.8 г).

Особливістю виробничих умов заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій є те, що окремі ребра, які являють собою z_j частину мережі, мають незмінну відстань l_{ij} , але через повні пошкодження дорожнього полотна, проїзд неможливий, за часткових пошкоджень дорожнього полотна та заторів кожна i -та ділянка характеризується своєю зниженою швидкістю v_{ij} руху k -го виду транспортного засобу, зростаючою тривалістю t_{ij} руху k -го

виду транспортного засобу та зростаючою вартістю pr_{ij} доставки продовольчої сировини на заданій ділянці транспортної мережі.

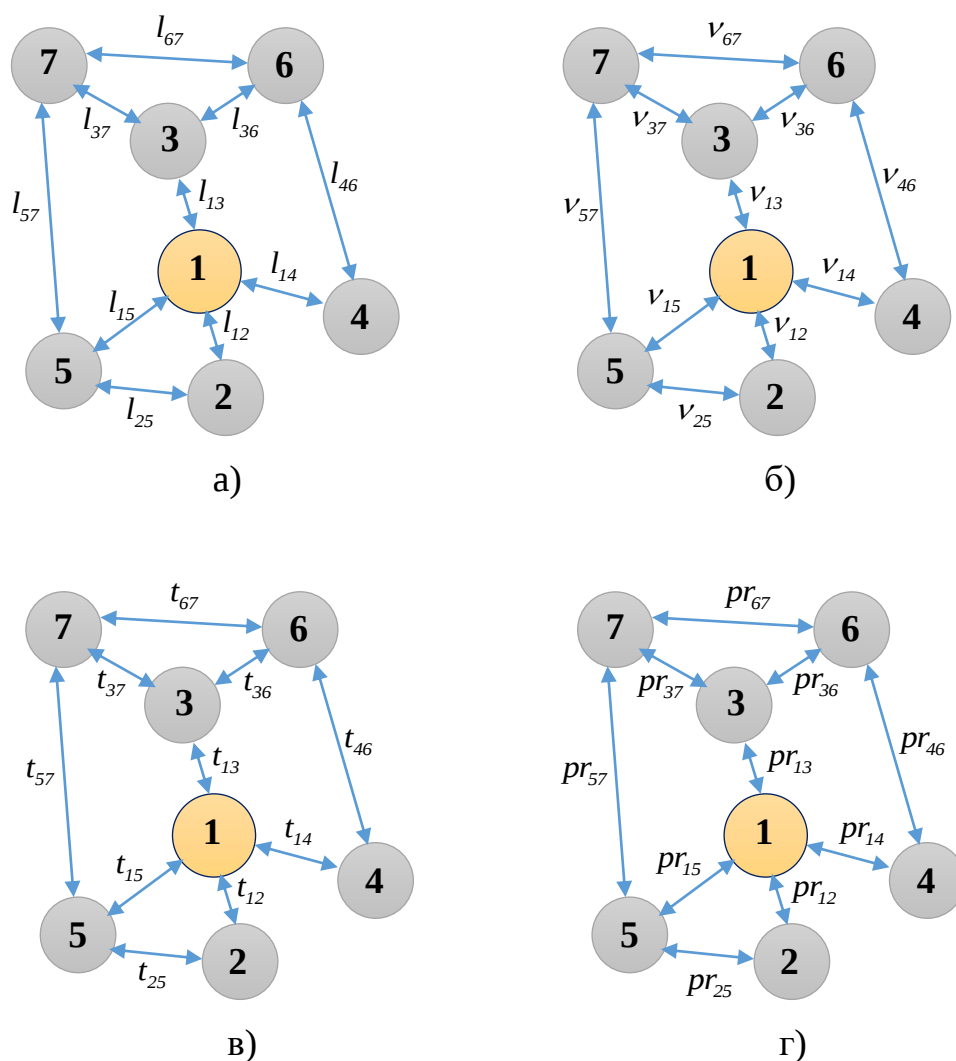


Рисунок 3.8 – Двоспрямовані орієнтовані зважені графи відображають виробничі умови заготівлі продовольчої сировини: а) відстані між господарствами виробниками продовольчої сировини; б) швидкості руху транспортних засобів; в) тривалості руху транспортних засобів; г) вартість доставки продовольчої сировини; 1 – пункт збору або переробки продовольчої сировини; 2-7 – господарства виробники продовольчої сировини

Отже, визначальними є графи відстаней між господарства виробниками продовольчої сировини (рис. 3.8 а) та швидкостей руху транспортних засобів

(рис. 3.8 б), які зумовлюють похідні графи тривалості руху транспортних засобів (рис. 3.8 в) та вартості доставки продовольчої сировини (рис. 3.8 г).

На підставі використання інтернет-ресурсів OpenStreetMap [155], Google Maps [106] або Bing Maps [83] виконується формування матриці M_L^m відстаней між господарствами виробниками продовольчої сировини та матриці M_V^m швидкостей руху транспортних засобів на транспортній мережі m -ї сільської громади. При цьому, за наявності пошкоджень дорожнього полотна, де проїзд неможливий, зазначені ділянки вилучаються із графів транспортної мережі. За наявності часткових пошкоджень дорожнього полотна та заторів на кожній i -тій ділянці, яка є складовою z_j частини транспортної мережі, спостерігається зниження швидкості v_{ij} руху k -го виду транспортного засобу. При цьому середню швидкість руху транспортних засобів між j -ми населеними пунктами сільських громад враховують як змінну величину на i -тих ділянках, що забезпечує врахування реальних виробничих умов на заданому відрізку транспортної мережі. Наприклад, розглянемо i -у ділянку транспортної мережі Заболотцівської об'єднаної територіальної громади (Золочівський район Львівська область) між населеними пунктами с. Заболотці та с. Велин (рис. 3.9).

У зазначеному прикладі отримаємо:

➤ відстань між населеними пунктами

$$l_{ij} = l_{11} + l_{12} + l_{13} = 0,5 + 1,3 + 6,4 = 8,2 \text{ км};$$

➤ середня тривалість руху транспортного засобу між населеними пунктами

$$t_{ij} = t_{11} + t_{12} + t_{13} = 2 + 3 + 11 = 16 \text{ хв} \approx 0,26 \text{ год};$$

➤ середня швидкість руху транспортного засобу між населеними пунктами

$$V_{ij}^c = \frac{l_{ij}}{t_{ij}} = \frac{8,2}{0,26} = 30,8 \text{ км / год.}$$

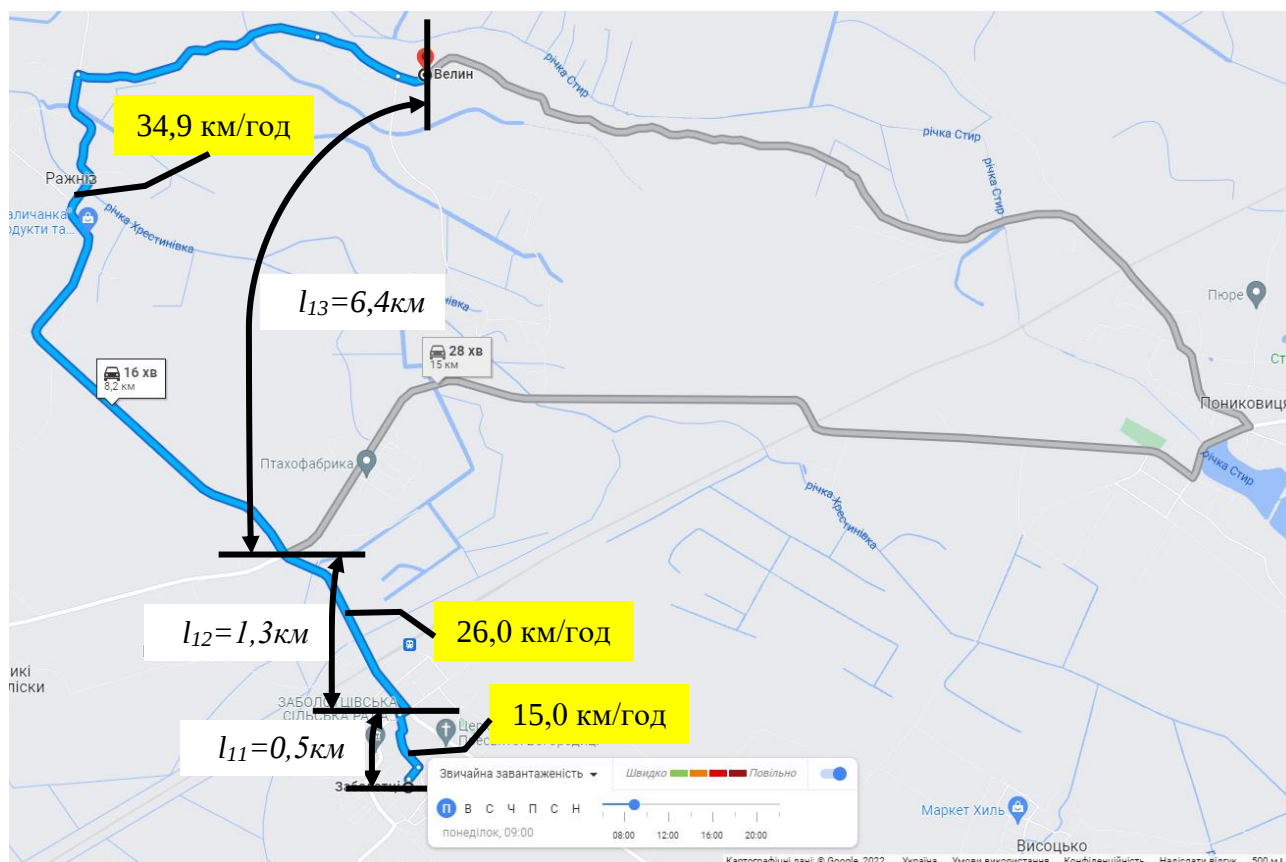


Рисунок 3.9 – Визначення середньої швидкості руху транспортного засобу на фрагменті ділянки транспортної мережі Заболотцівської об'єднаної територіальної громади (Золочівський район Львівська область) між населеними пунктами с. Заболотці та с. Велин

Формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій здійснюється на підставі розв'язання задачі VRP. Основними критеріями, за якими здійснюється оптимізація маршрутів, є сумарний пройдений шлях l_{ij} транспортними засобами, середня швидкість v_{ij} доставки продовольчої сировини, тривалість t_{ij} доставки продовольчої сировини та вартість pr_{ij} доставки продовольчої сировини із використанням k -го виду транспортних засобів. Вибір критеріїв залежить як від вимог щодо доставки продовольчої сировини, так і від виробничих умов транспортування, які зумовлені дією надзвичайних ситуацій. При цьому

приймається умова, що транспортні засоби виїжджають із пункту збору або переробки продовольчої сировини, об'їжджають господарства виробники та повертаються до них із вантажем.

Для формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади та врахування реальних виробничих умови під час надзвичайних ситуацій (наявність пошкоджень дорожнього полотна, де проїзд неможливий, пошкоджень дорожнього полотна та заторів на кожній i -тій ділянці транспортної мережі) пропонується використовувати мурашиний алгоритм, або ж його ще називають алгоритм оптимізації мурашиних колоній (ACO) (Ant Colony Optimization) [100; 102; 119; 142]. При цьому пропонується виконати удосконалення класичного алгоритму мурашиної колонії для врахування вище зазначених реальних виробничих умов під час надзвичайних ситуацій, а саме використовувати такі правила поведінки мурах:

1) мурахи запам'ятовують окремий j -ий вузол (господарства виробники продовольчої сировини) і їх можна відвідувати лише один раз. При цьому формується для кожної мурахи список відвіданих j -х вузлів графа транспортної мережі, які вносяться до списку заборон на їх відвідування. Існує множина господарств-виробників продовольчої сировини $C = \{1, \dots, n\}$, які можуть відвідувати наявні k -ті транспортні засоби із доступної множини $K = \{1, \dots, k\}$. Для кожного k -го транспортного засобу, який розташований у i -му вузлі (господарстві виробників продовольчої сировини) є множина J_{ik} доступних для відвідування j -их вузлів (господарств-виробників продовольчої сировини);

2) мурахи характеризуються заданою видимістю η_{ij} та добровільно обирають який із j -х вузлів графа транспортної мережі (господарство виробник продовольчої сировини) хочуть відвідати, якщо знаходяться у i -му вузлі. При цьому приймається, що видимість становить:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{l_{ij}}, \quad (3.5)$$

де l_{ij} – відстань між i -м та j -м вузлами (господарствами виробниками продовольчої сировини).

3) мурахи здатні розпізнати шлях завдяки запахам феромона η_{ij} , що дає їм можливість подолати відстань між i -м та j -м вузлами (господарствами виробниками продовольчої сировини) враховуючи досвід інших мурах, які уже проходили цим шляхом. При цьому кількість феромона τ_{ij} на ребрі між i -м та j -м вузлами (господарствами виробниками продовольчої сировини) у заданий момент часу t становить $\tau_{ij}(t)$;

4) пропонується однозначний циклічний вид руху колонії мурах замінити на можливий змінний вид руху кожної окремо взятої мурахи із заданою швидкістю її руху;

5) забезпечується фіксування отриманих результатів оптимізації частини пройденого шляху на окремій ділянці мережі після відвідування j -х вузлів (господарств-виробників продовольчої сировини);

6) надається можливість виконувати зміни та розрахунки маршруту за зміни виробничих умов, які задаються довжиною ребра графу транспортної мережі доставки продовольчої сировини (швидкість, тривалість, вартість тощо) під час виконання маршруту;

7) правило класичного алгоритму АСО стосовно вибору наступного господарства виробника продовольчої сировини із використанням імовірно-пропорційного переходу k -ої мурахи із i -го у j -й вузол (господарство виробник продовольчої сировини) має вигляд:

$$\begin{cases} P_{ij,k}(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_{i,k}} [\tau_{il}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{il}]^\beta}, j \in J_{i,k}, \\ P_{ij,k}(t) = 0, j \notin J_{i,k} \end{cases}, \quad (3.6)$$

8) пропонується (3.6) замінити на ймовірнісно-пропорційне правило вибору наступного господарства виробника продовольчої сировини, що враховує стан виробничих умов (дорожнього полотна) між окремими вузлами i, j і записується таким виразом:

$$\begin{cases} P_{ij,k}(t) = \frac{rc_{ij} \cdot [\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_{i,k}} rc_{il} \cdot [\tau_{il}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{il}]^\beta}, j \in J_{i,k}, \\ P_{ij,k}(t) = 0, j \notin J_{i,k} \end{cases}, \quad (3.7)$$

де a, b – відповідні параметри, що характеризують відносні значущості кількості феромона та відстані під час вибору наступного j -го вузла (господарства виробника продовольчої сировини); rc_{ij} – показник стану виробничих умов (дорожнього полотна) між окремими вузлами i, j ; τ_{ij}, η_{ij} – відповідність кількості феромона та показника відстані на ребрі, що з'єднує i -й у j -й вузол (господарства виробники продовольчої сировини).

Показник rc_{ij} стану виробничих умов (дорожнього полотна) між окремими вузлами i, j може набувати трьох значень:

– $rc_{ij} = 0$ – рух із i -го у j -й вузол (господарства виробники продовольчої сировини) неможливий через непридатність дорожнього полотна, що пошкоджене під час виникнення надзвичайної ситуації;

– $rc_{ij} = 1$ – руху із i -го у j -й вузол (господарства виробники продовольчої сировини) нічого не перешкоджає. У цьому випадку показником rc_{ij} стану виробничих умов можна нехтувати;

– $0 < rc_{ij} < 1$ – рух із i -го у j -й вузол (господарства виробники продовольчої сировини) можливий із зниженням швидкості транспортування продовольчої сировини, що пов'язано із частково пошкодженим дорожнім

полотном або ускладненим рухом через затори, спричинені надзвичайною ситуацією.

За умови $0 < rc_{ij} < 1$, що характеризує випадок часткового пошкодження дорожнього полотна або ускладнення руху через затори, показник rc_{ij} стану виробничих умов визначається за виразом:

$$rc_{ij} = \frac{V_{ij}^c}{V_{ij}^n}, \quad (3.8)$$

де V_{ij}^c – середня швидкість руху із i -го у j -й вузол (господарство виробник продовольчої сировини), км/год; V_{ij}^n – прогнозована швидкість руху із i -го у j -й вузол (господарство виробник продовольчої сировини) із врахуванням випадків часткового пошкодження дорожнього полотна або ускладнення руху через затори, км/год.

Якщо приймається умова $a = 0$, то алгоритм вироджується і стає жадібним алгоритмом, який обирає найближче господарство виробник продовольчої сировини. Параметри a, b , що характеризують відносні значущості кількості феромона та відстані, під час вибору наступного j -го вузла (господарства виробника продовольчої сировини), визначаються на підставі проведення відповідних експериментів.

З метою оновлення сліду феромона, насамперед, проводять імітацію випаровування феромона, після чого оновлюють слід залежності від одержуваного результату. Для імітації випаровування феромона використовують формулу:

$$\tau_{ij} = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \sigma, \quad (3.9)$$

де ρ – параметр, що характеризує інтенсивність випарування феромона; σ – параметр, що забезпечує найменшу концентрацію феромона на ребрі між i -м та

j -м вузлами (господарствами виробниками продовольчої сировини), що має довільне невелике кількісне значення.

На ребрі між i -м та j -м вузлом (господарствами виробниками продовольчої сировини) для окремого маршруту кількість феромона задають:

$$\Delta T_{ij,k} = \begin{cases} \frac{O}{L_k}, (i,j) \in T_k, \\ O, (i,j) \notin T_k \end{cases}, \quad (3.10)$$

де O – параметр, який відображає оптимальну довжину всіх маршрутів.

При цьому, на ребрі між i -м та j -м вузлами (господарствами виробниками продовольчої сировини) загальна кількість феромона може бути визначена за формулою:

$$\Delta T_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta T_{ij,k}, \quad (3.11)$$

де m – кількість мурах в окремій колонії.

Отже, враховуючи вищесказане кількість феромона визначається за формулою:

$$\tau_{ij} = (1 - p) \cdot \tau_{ij} + \sigma + \tau_{ij}. \quad (3.12)$$

У подальшому під час проведення наших досліджень будемо використовувати значення $\alpha=1, \beta=5$, які були визначені на підставі проведення відповідних експериментів (див. табл. А.1, додаток А). Окрім того, це підтверджують також результати досліджень [1, 184].

Запропонований алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час

надзвичайних ситуацій, який базується на алгоритмі оптимізації мурашиних колоній (ACO) (Ant Colony Optimization), дає можливість врахувати реальні виробничі умови (пошкоджені ділянки транспортного полотна, наявність часткової можливості проїзду транспортних засобів, затори, викликані надзвичайною ситуацією, тощо). При цьому, мурашині агенти, які є аналогами транспортних засобів, рухаються у заданих виробничих умовах із допустимими швидкостями, що зумовлюють час перебування на маршруті, вартість доставки продовольчої сировини тощо. Запропоноване удосконалення алгоритму враховує той випадок $rc_{ij} = 0$, який відображає неможливий рух із i -го у j -й вузол (господарства виробники продовольчої сировини) через непридатність дорожнього полотна, пошкодженого під час надзвичайної ситуації, що унеможливорює додаткові затрати часу на доставку продовольчої сировини через повторне планування маршрутів.

За умови $\sum Q > q_k$, що сумарний обсяг продовольчої сировини у господарствах перевищує вантажність транспортного засобу, виконується розподіл та закріплення маршрутів за транспортними засобами.

На підставі вищесказаного ми побудували блок-схему удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій (рис. 3.10).

Під час використання алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій прийнято такі умови [128; 20]:

- кількість вершин (господарств-виробників продовольчої сировини) на графі рівна кількості мурах, які розпочинають рухатися із різних вершин;
- інтенсивність феромона, що наявна на окремих ребрах перед початком руху мурах із i -го у j -й вузол (господарство виробник продовольчої сировини) є однаковою;

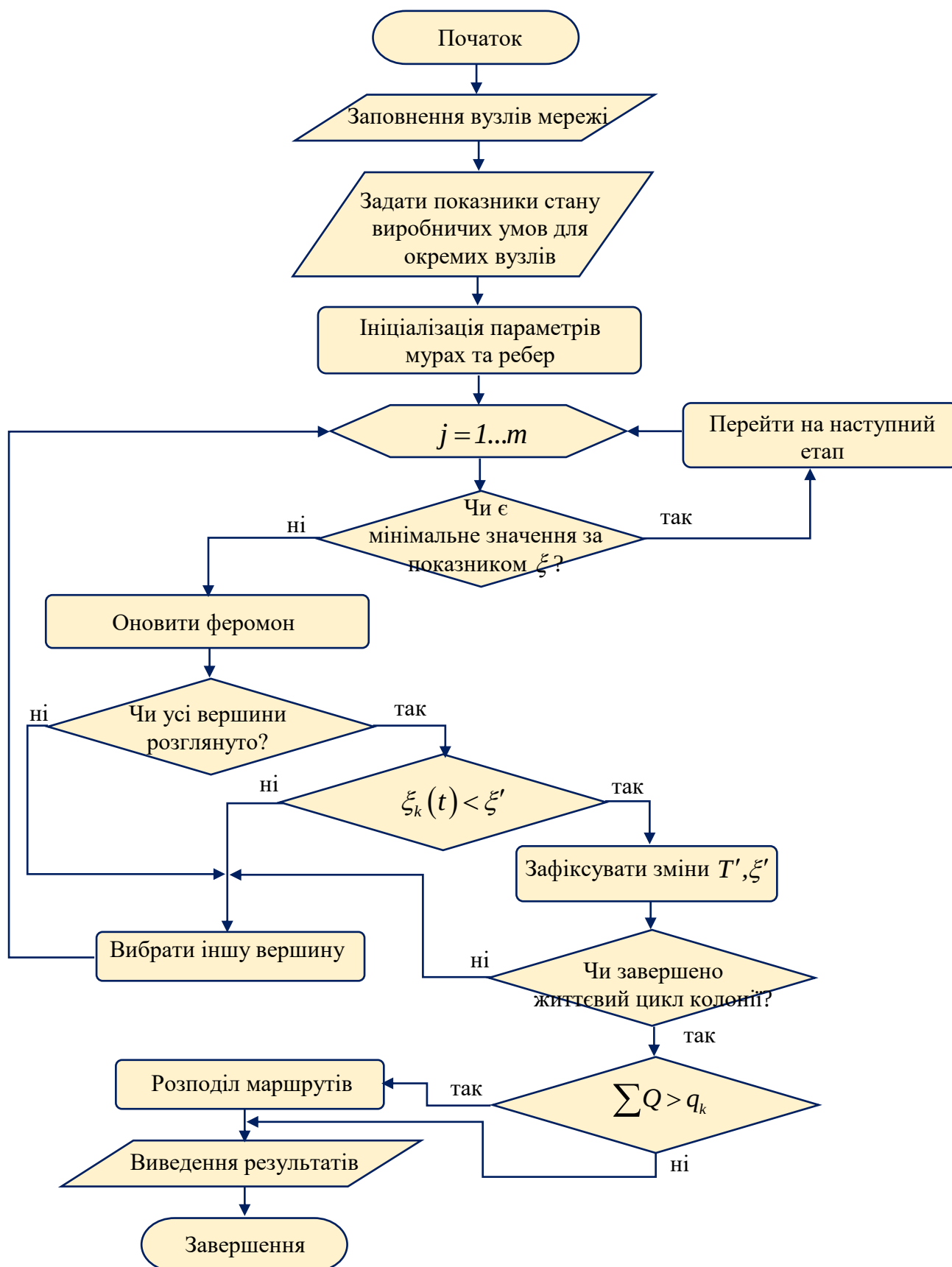


Рисунок 3.10 – Блок-схема удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій: ξ – показник вибору раціонального варіанта (шлях, час, вартість тощо); T', ξ' – відповідно поточний маршрут та його показники; m – кількість мурах (агентів) у колонії

– на початку для окремої мурахи вибирають найближчу вершину (господарство виробник продовольчої сировини), а наступні етапи виконують із використанням виразу (3.7).

Удосконалений алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій передбачає:

1) введення (завантаження) початкових даних у вигляді матриці базових показників (відстаней, часу, вартості тощо), що характеризують процес заповнення вузлів мережі;

2) внесення показників стану виробничих умов для окремих j -х вузлів (господарств-виробників продовольчої сировини), які мають пошкодження дорожнього полотна або ускладнення руху через затори під час надзвичайних ситуацій;

3) виконання ініціалізації параметрів мурах та ребер a, b від i -го у j -ий вузол (господарства виробники продовольчої сировини);

4) розміщення агентів у окремі випадково вибрані j -і вузли (господарства виробники продовольчої сировини) без збігів;

5) виконання циклу руху мурашкової колонії, що передбачає знаходження раціонального маршруту за заданим показником ξ . за умови пошкодження дорожнього полотна або ускладнення руху через затори під час надзвичайних ситуацій, перебудовується попередньо створений маршрут і це стосується лише частини маршруту, який не пройдено;

6) фіксується поточний кільцевий маршрут та його показники T', ξ' ;

7) перевіряється умова $\sum Q > q_k$, що сумарний обсяг продовольчої сировини у господарствах перевищує вантажність транспортного засобу, якщо вона виконується, то проводять розподіл та закріплення маршрутів за транспортними засобами, якщо ні, то закріплюється маршрут за одним транспортним засобом;

8) виводяться результати знаходження раціональних маршрутів T' та їх показників ξ' .

Ми порівняли результати визначення маршрутів за пройденим шляхом L' , отримані із використанням класичного алгоритму АСО та удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій. Отримані результати проведених досліджень представлено у таблиці 3.4 та на рис. 3.11.

Таблиця 3.4 – Порівняння результатів, отриманих із використанням класичного алгоритму АСО та удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади

Задача	К-сть вершин, n , од	Найкраще відоме значення L' , км	Класичний алгоритм АСО		Удосконалений алгоритм		Відхилення, %	
			L' , км	t , сек	L' , км	t , сек	L' , км	t , сек
Els 19	19	532	532	0,37	532	0,37	0	0
R208.25	25	332	332	0,38	332	0,38	0	0
Bur 26a	26	280	280	0,41	280	0,4	0	2
Oliver 30	30	423	423	0,42	422	0,41	0,24	2
Eilon 50	50	428	428	1,52	427	1,43	0,23	6
Eil 51	51	429	429	1,72	427	1,52	0,47	12
Berlin 52	52	755	755	2,13	755	1,85	0,00	13
St 70	70	681	681	3,95	680	3,38	0,15	14
Eilon 75	75	548	548	4,54	543	3,89	0,91	14
Eil 76	76	551	551	5,15	546	4,38	0,91	15
KroA 100	100	21452	21452	10,65	21392	9,08	0,28	15

Отримані результати стосовно використання класичного алгоритму АСО та удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої

сировини на території громади свідчать про те, що запропонований алгоритм забезпечує відхилення, яке не перевищує 1% за сумарним шляхом у маршруті. Стосовно тривалості отримання управлінського рішення, то запропонований алгоритм забезпечує його скорочення за наявності вершин до 50 одиниць – до 6%, а за наявності вершин від 51 до 100 одиниць – 12...15%.

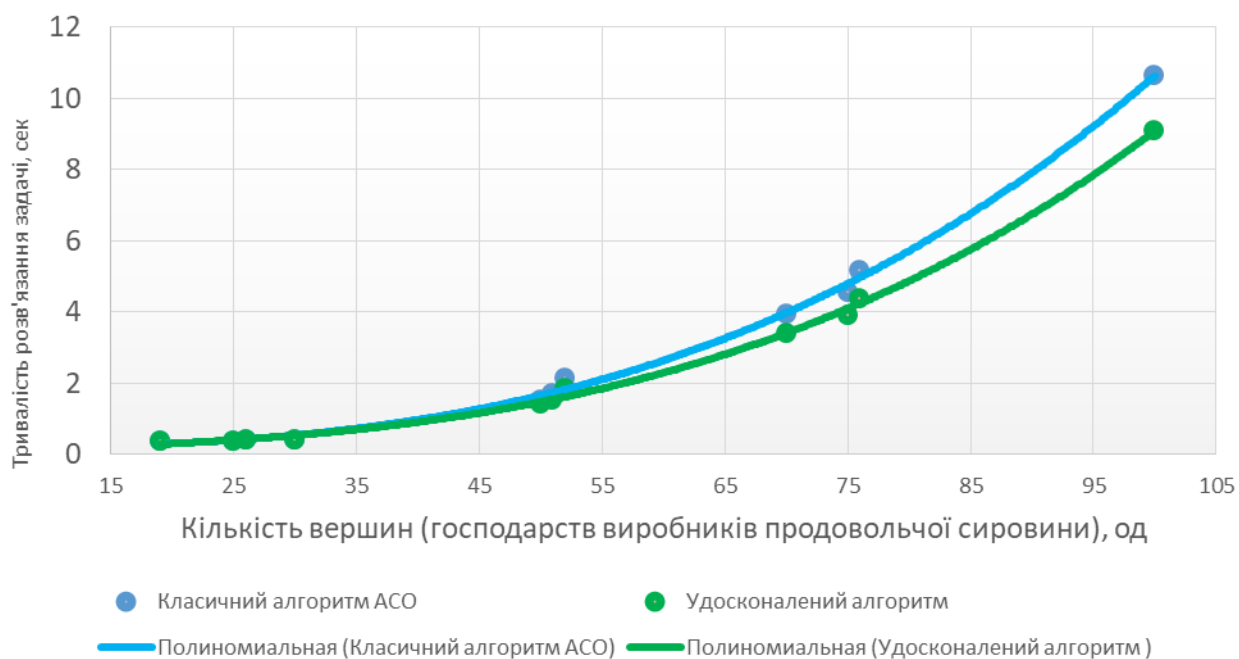


Рисунок 3.11 – Залежність тривалості визначення маршрутів від кількості вершин за використання класичного алгоритму АСО та удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади

Отримані результати удосконаленого алгоритму свідчать про те, що формування маршрутів із його використанням під час заготівлі продовольчої сировини на території громади дає досить точні результати. Зокрема, удосконалений алгоритм забезпечує відповідну точність та зниження тривалості формування маршрутів, що лежить в основі підвищення якості прийняття відповідних управлінських рішень. Запропонований алгоритм доцільно використовувати для визначення раціонального сценарію виконання

робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

3.3. Моделі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади

Тривалість t_i виконання i -их робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади залежить від низки чинників. Зазначена тривалість t_i має мінливий характер та залежить від:

$$t_i = f(Te_i, Type_{wi}, N_{Rei}, Re_i, Type_{fmi}, Type_{coi}, C_{oi}), \quad (3.11)$$

де Te_i – технології заготівлі продовольчої сировини; $Type_{wi}$ – вид продовольчої сировини; N_{Rei} – наявності ресурсів (технічне оснащення, виконавці, витратні матеріали тощо) для виконання робіт; Re_i – вид ресурсів для виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини; $Type_{fmi}$ – вид продовольчої сировини; $Type_{coi}$ – вид тари, у якій перевозиться продовольча сировина; C_{oi} – виробничі умови для виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Оскільки заготівля продовольчої сировини на території громади залежить від її доставки від виробників до пункту заготівлі (цеху переробку), то переважна більшість виконання робіт здійснюється за попередньо обґрунтованими маршрутами. Орієнтовний перелік та черговість виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади представлено на рис. 3.12.

Усі роботи із заготівлі продовольчої сировини на території громади поділяють на три групи, які стосуються місця їх виконання: 1) у переробному цеху; 2) на транспортній мережі сільської громади; 3) у господарствах виробників продовольчої сировини. Окрім того, зазначені роботи виконуються

у двох циклах: 1) великий – стосується виконання окремого маршруту доставки продовольчої сировини на території громади; 2) малий – стосується обслуговування окремих господарств-виробників продовольчої сировини на території громади.

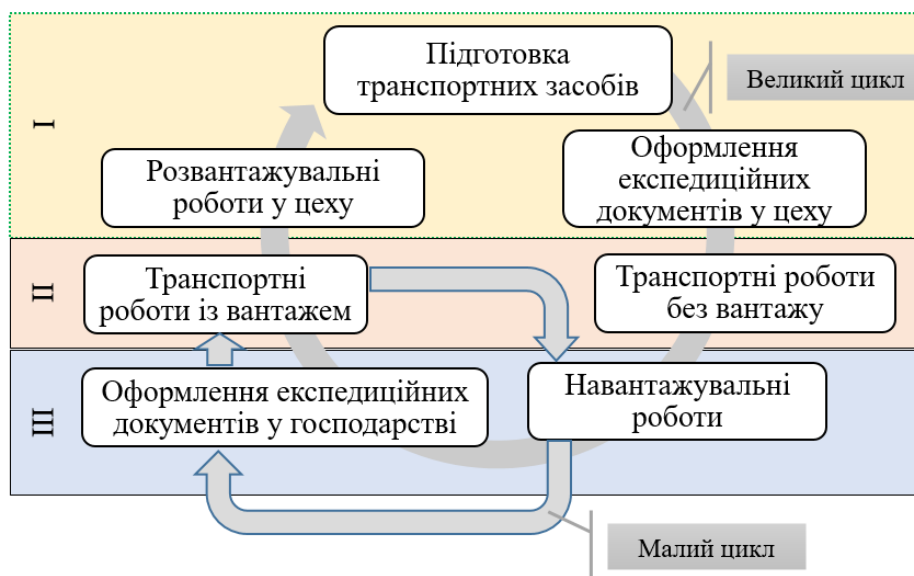


Рисунок 3.12 – Схема переліку та черговості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади: I, II, III – відповідно роботи, які виконуються у переробному цеху, на транспортній мережі сільської громади та у господарствах виробників продовольчої сировини

Тривалість виконання робіт на транспортній мережі сільської громади визначається під час формування маршрутів із врахуванням реальних виробничих умов (пошкоджені ділянки транспортного полотна, наявність часткової можливості проїзду транспортних засобів, затори, викликані надзвичайною ситуацією, тощо) та виду використовуваних транспортних засобів.

Стосовно тривалостей виконання окремих робіт у переробному цеху та у господарствах виробників продовольчої сировини, то вони мають мінливий характер, що зумовлений низкою чинників, які описані в умові (3.11). Для обґрунтування моделей тривалостей виконання зазначених робіт сформовано відповідну базу даних. Для цього виконували пасивні виробничі експерименти

на території Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Золочівського району Львівської області. Зокрема, проводилося хронометрування виконання окремих робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади із використанням транспортного засобу Mercedes-Benz Sprinter 516 (Mercedes Sprinter II 2.2 CDI, термофургон 2014 р.в.), технічні характеристики якого подано у додатку Б (табл. Б.1). При цьому здійснювалася заготівля молока у флягах та овочів у сітках (картопля, столовий буряк, морква, капуста, цибуля).

На підставі зібраних даних розраховувалася питома тривалість виконання окремих робіт у переробному цеху (пунктах заготівлі) та у господарствах виробників продовольчої сировини. Отримані експериментальні дані опрацьовувалися відомими методами теорії ймовірностей та математичної статистики [24; 23; 2]. Статистичні характеристики моделей тривалості виконання окремих робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади подано у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Статистичні характеристики моделей тривалості виконання робіт із заготівлі окремих видів продовольчої сировини на території громади

Назва роботи	Вид сировини	Статистичні характеристики			
		Математичне сподівання $M[t_i]$	Дисперсія $D[t_i]$	Серед.-квадр. відхил. $\sigma[t_i]$	Коефіцієнт варіації $v[t_i]$
1	2	3	4	5	6
Виконання робіт у переробному цеху					
Підготовка транспортних засобів, хв	молоко у флягах	15,9	21,45	4,63	0,59
	овочі у сітках	12,6	8,57	2,93	0,54
Оформлення експедиційних документів, хв	молоко у флягах та овочі у сітках	4,38	1,21	1,1	0,48

продовження табл. 3.5

1	2	23	4	5	6
Розвантаження транспортних засобів, хв/тону	молоко у флягах	16,55	8,95	3,0	0,47
	овочі у сітках	13,51	5,57	2,36	0,48
Виконання робіт у господарствах виробників сировини					
Навантаження транспортних засобів, хв/тону	молоко у флягах	37,69	23,24	4,82	0,57
	овочі у сітках	18,48	6,58	2,56	0,6
Оформлення експедиційних документів	молоко у флягах та овочі у сітках	3,52	0,34	0,58	0,41

Для візуалізації моделей тривалості виконання робіт із заготівлі окремих видів продовольчої сировини на території громади розроблено програму мовою Python 3.10 із використанням бібліотек Matplotlib, Numpy та Scipy. Встановлено, що модель тривалості оформлення експедиційних документів у переробному цеху (пункті) під час заготівлі як молока у флягах, так і овочів у сітках, описується законом розподілу Гауса (рис. 3.13), який має такі статистичні характеристики: математичне сподівання – $M[t_{oni}] = 4,38 \text{ хв}$; середньоквадратичне відхилення $\sigma[t_{oni}] = 1,1 \text{ хв}$, коефіцієнт варіації $v[t_{oni}] = 0,48$.

Густина та функція розподілу тривалості оформлення експедиційних документів у переробному цеху (пункті) під час заготівлі продовольчої сировини відповідно описуються рівняннями:

$$f(t_{oni}) = 0,831 \cdot \exp \left[-\frac{(t_{oni} - 4,38)^2}{0,46} \right], \quad (3.12)$$

$$F(t_{oni}) = 0,831 \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(t_{oni} - 4,38)^2}{0,46}\right] dt_{oni}. \quad (3.13)$$

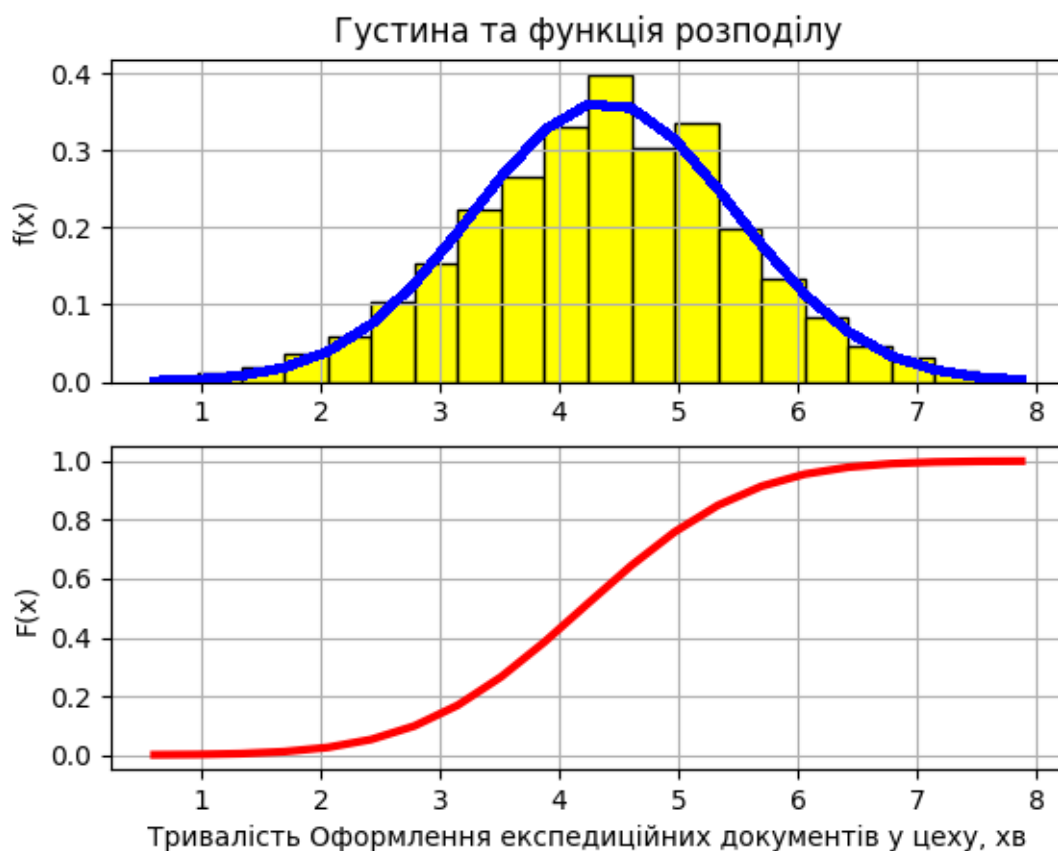


Рисунок 3.13 – Густина та функція розподілу тривалості оформлення експедиційних документів у переробному цеху (пункті) під час заготівлі продовольчої сировини, хв

Модель тривалості розвантаження транспортних засобів у переробному цеху (пункті) із молоком у флягах описується законом розподілу Гауса (рис. 3.14), який має такі статистичні характеристики: математичне сподівання – $M[t_{pmi}] = 16,55 \text{ хв}$; середньоквадратичне відхилення $\sigma[t_{pmi}] = 3,0 \text{ хв}$, коефіцієнт варіації $v[t_{pmi}] = 0,47$.

Густина та функція розподілу тривалості розвантаження транспортних засобів у переробному цеху (пункті) із молоком у флягах відповідно описуються рівняннями:



Рисунок 3.14 – Густина та функція розподілу тривалості розвантаження транспортних засобів у переробному цеху (пункті) із молоком у флягах, хв

$$f(t_{pmi}) = 0,133 \cdot \exp \left[-\frac{(t_{pmi} - 16,55)^2}{18} \right], \quad (3.14)$$

$$F(t_{pmi}) = 0,133 \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[-\frac{(t_{pmi} - 16,55)^2}{18} \right] dt_{pmi}. \quad (3.15)$$

Модель тривалості розвантаження транспортних засобів у переробному цеху (пункті) із овочами у сітках описується законом розподілу Гауса (рис. 3.15), який має такі статистичні характеристики: математичне сподівання – $M[t_{poi}] = 13,51 \text{ хв}$; середньоквадратичне відхилення $\sigma[t_{poi}] = 2,36 \text{ хв}$, коефіцієнт варіації $v[t_{poi}] = 0,48$.



Рисунок 3.15 – Густина та функція розподілу тривалості розвантаження транспортних засобів у переробному цеху (пункті) із овочами у сітках, хв

Густина та функція розподілу тривалості розвантаження транспортних засобів у переробному цеху (пункті) із овочами у сітках відповідно описуються рівняннями:

$$f(t_{poi}) = 0,169 \cdot \exp \left[-\frac{(t_{poi} - 13,51)^2}{11,14} \right], \quad (3.16)$$

$$F(t_{poi}) = 0,169 \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[-\frac{(t_{poi} - 13,51)^2}{11,14} \right] dt_{poi}. \quad (3.17)$$

Модель тривалості підготовки транспортних засобів у переробному цеху (пункті) для доставки молока у флягах описується законом розподілу Вейбулла (рис. 3.16), який має такі статистичні характеристики: математичне сподівання

- $M[t_{nmi}] = 15,9 \text{ хв}$; середньоквадратичне відхилення $\sigma[t_{nmi}] = 4,63 \text{ хв}$, коефіцієнт варіації $v[t_{nmi}] = 0,59$.

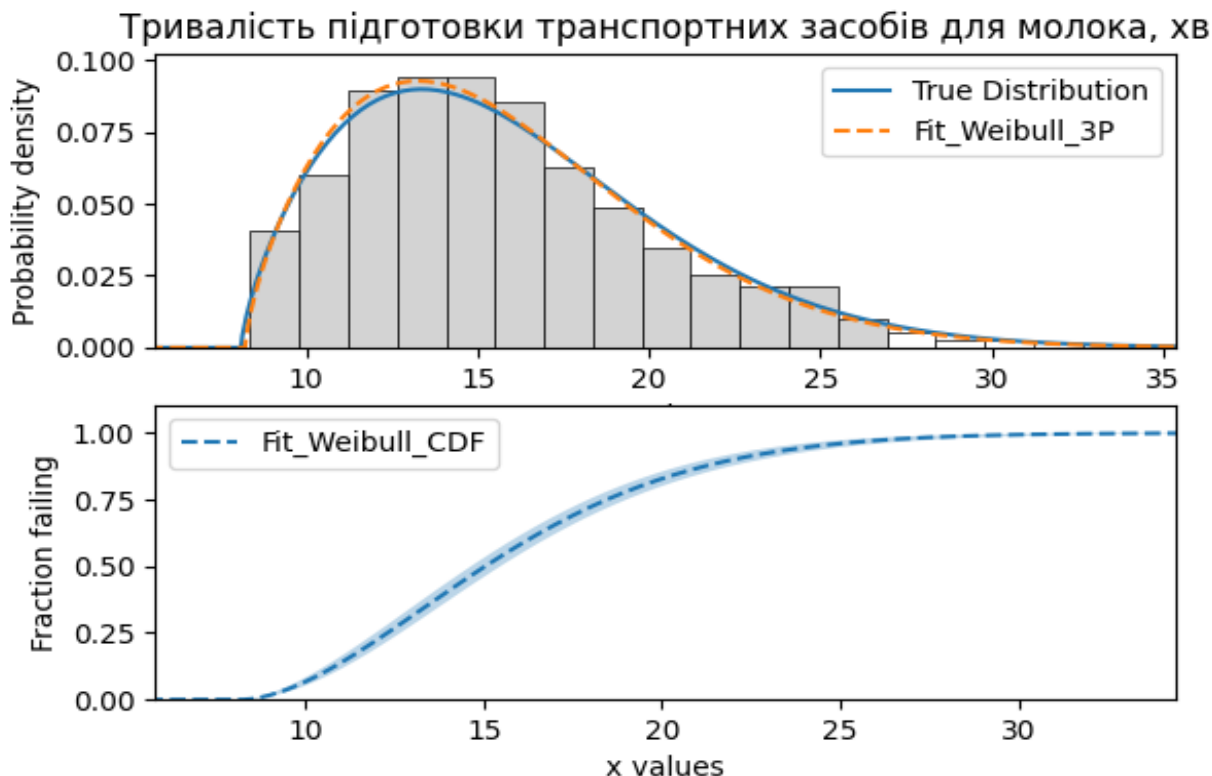


Рисунок 3.16 – Густина та функція розподілу тривалості підготовки транспортних засобів у переробному цеху (пункті) для доставки молока у флягах, хв

Густина та функція розподілу тривалості підготовки транспортних засобів у переробному цеху (пункті) для доставки молока у флягах відповідно описуються рівняннями:

$$f(t_{nmi}) = 0,197 \cdot \left(\frac{t_{nmi} - 8,1}{8,75} \right)^{0,72} \times \exp \left[- \left(\frac{t_{nmi} - 8,1}{8,75} \right)^{1,72} \right], \quad (3.18)$$

$$F(t_{nmi}) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t_{nmi} - 8,1}{8,75} \right)^{1,72} \right]. \quad (3.19)$$

Модель тривалості підготовки транспортних засобів у переробному цеху (пункті) для доставки овочів у сітках описується законом розподілу Вейбулла (рис. 3.17), який має такі статистичні характеристики: математичне сподівання – $M[t_{noi}] = 12,6 \text{ хв}$; середньоквадратичне відхилення $\sigma[t_{noi}] = 2,93 \text{ хв}$, коефіцієнт варіації $v[t_{noi}] = 0,54$.

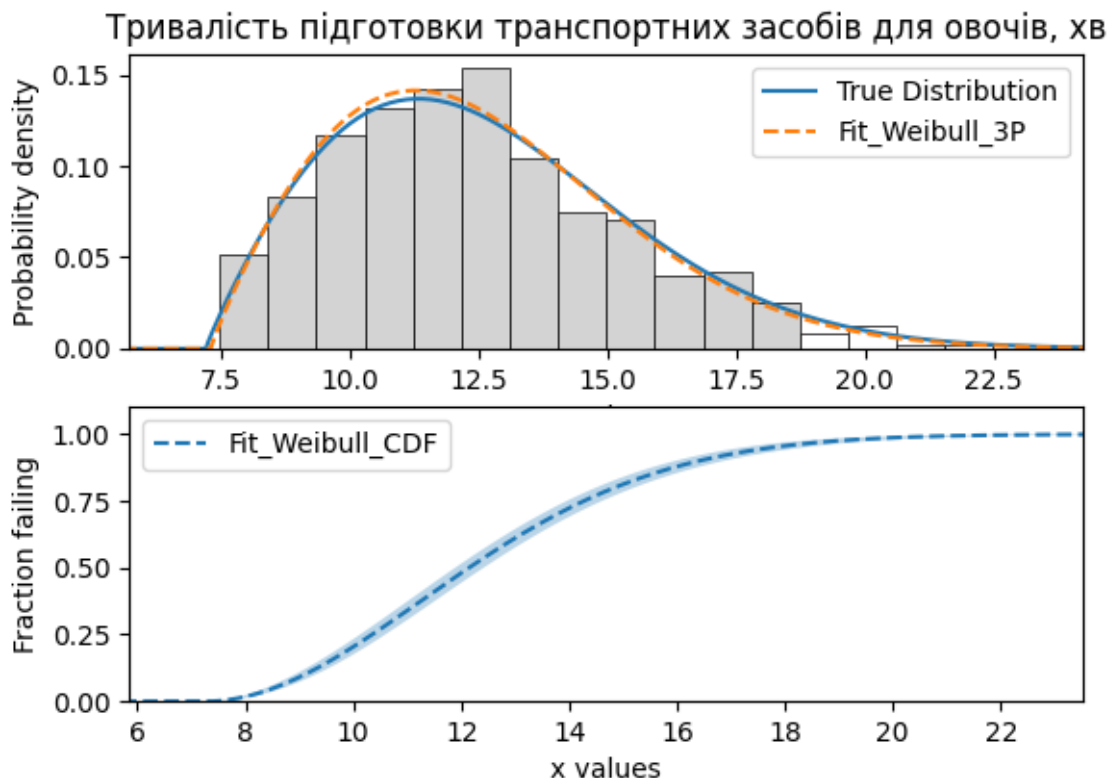


Рисунок 3.17 – Густина та функція розподілу тривалості підготовки транспортних засобів у переробному цеху (пункті) для доставки овочів у сітках, хв

Густина та функція розподілу тривалості підготовки транспортних засобів у переробному цеху (пункті) для доставки овочів у сітках відповідно описуються рівняннями:

$$f(t_{noi}) = 0,312 \cdot \left(\frac{t_{noi} - 7,2}{6,09} \right)^{0,9} \times \exp \left[- \left(\frac{t_{noi} - 7,2}{6,09} \right)^{1,9} \right], \quad (3.20)$$

$$F(t_{noi}) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t_{noi} - 7,2}{6,09} \right)^{1,9} \right]. \quad (3.21)$$

Модель тривалості навантаження транспортних засобів у господарствах для доставки молока у флягах описується законом розподілу Вейбулла (рис. 3.18), який має такі статистичні характеристики: математичне сподівання – $M[t_{hmi}] = 37,69 \text{ хв} / \text{тону}$; середньоквадратичне відхилення $\sigma[t_{hmi}] = 4,82 \text{ хв} / \text{тону}$, коефіцієнт варіації $v[t_{hmi}] = 0,57$.

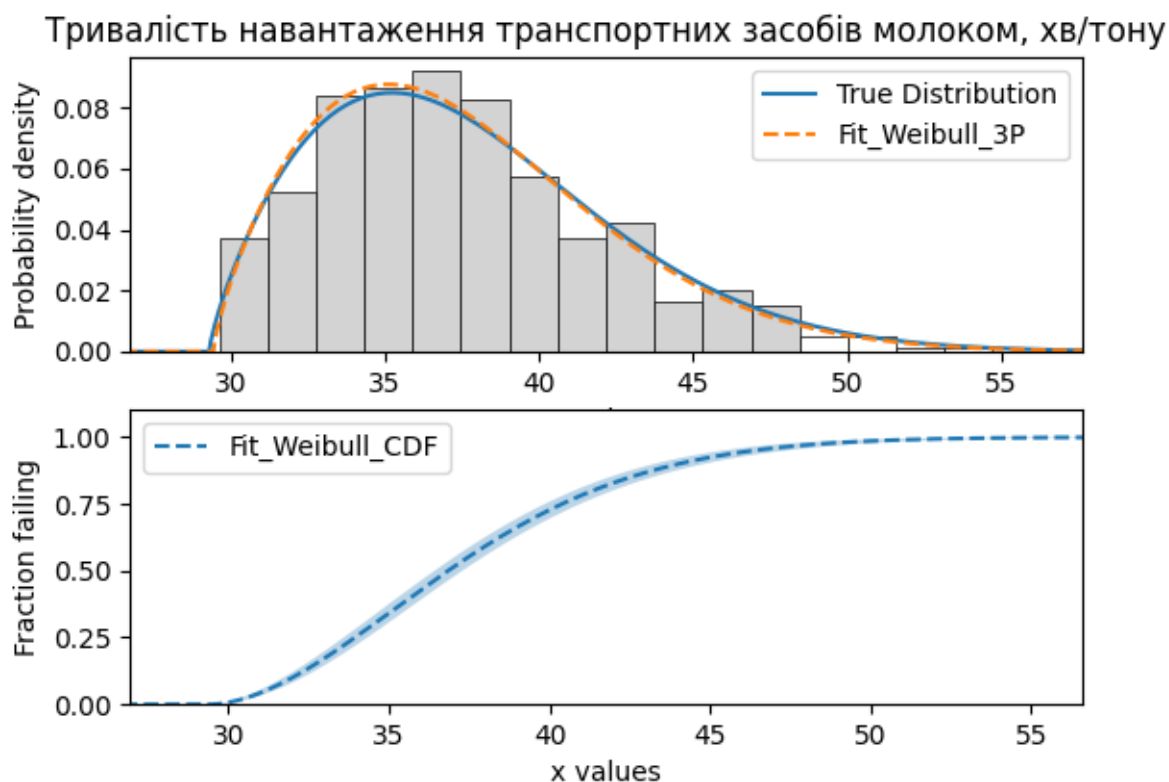


Рисунок 3.18 – Густина та функція розподілу тривалості навантаження транспортних засобів у господарствах для доставки молока у флягах, хв/тону

Густина та функція розподілу тривалості навантаження транспортних засобів у господарствах для доставки молока у флягах відповідно описуються рівняннями:

$$f(t_{hmi}) = 0,189 \cdot \left(\frac{t_{hmi} - 29,3}{9,43} \right)^{0,78} \times \exp \left[- \left(\frac{t_{hmi} - 29,3}{9,43} \right)^{1,78} \right], \quad (3.22)$$

$$F(t_{hmi}) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t_{hmi} - 29,3}{9,43} \right)^{1,78} \right]. \quad (3.23)$$

Модель тривалості навантаження транспортних засобів у господарствах для доставки овочів у сітках описується законом розподілу Вейбулла (рис. 3.19), який має такі статистичні характеристики: математичне сподівання – $M[t_{noi}] = 18,48 \text{ хв} / \text{тону}$; середньоквадратичне відхилення $\sigma[t_{noi}] = 2,56 \text{ хв} / \text{тону}$, коефіцієнт варіації $v[t_{noi}] = 0,54$.

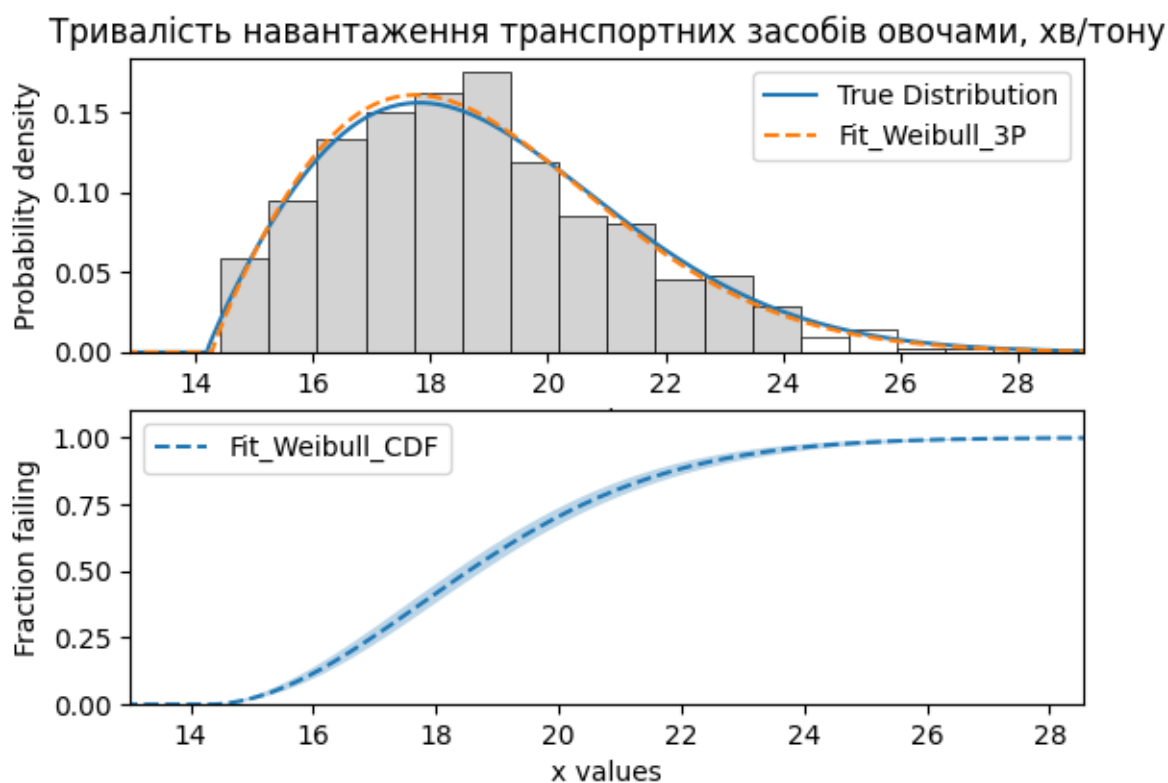


Рисунок 3.19 – Густина та функція розподілу тривалості навантаження транспортних засобів у господарствах для доставки овочів у сітках, хв/тону

Густина та функція розподілу тривалості навантаження транспортних засобів у господарствах для доставки овочів у сітках відповідно описуються рівняннями:

$$f(t_{noi}) = 0,358 \cdot \left(\frac{t_{noi} - 14,2}{5,33} \right)^{0,91} \times \exp \left[- \left(\frac{t_{noi} - 14,2}{5,33} \right)^{1,91} \right], \quad (3.24)$$

$$F(t_{noi}) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t_{noi} - 14,2}{5,33} \right)^{1,91} \right]. \quad (3.25)$$

Отримані моделі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини дають можливість враховувати їх мінливість та є основою для визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

3.4. Модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій

Визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій здійснюється на підставі моделі, яка включає у себе три кроки. Модель представлена на рис. 3.20.

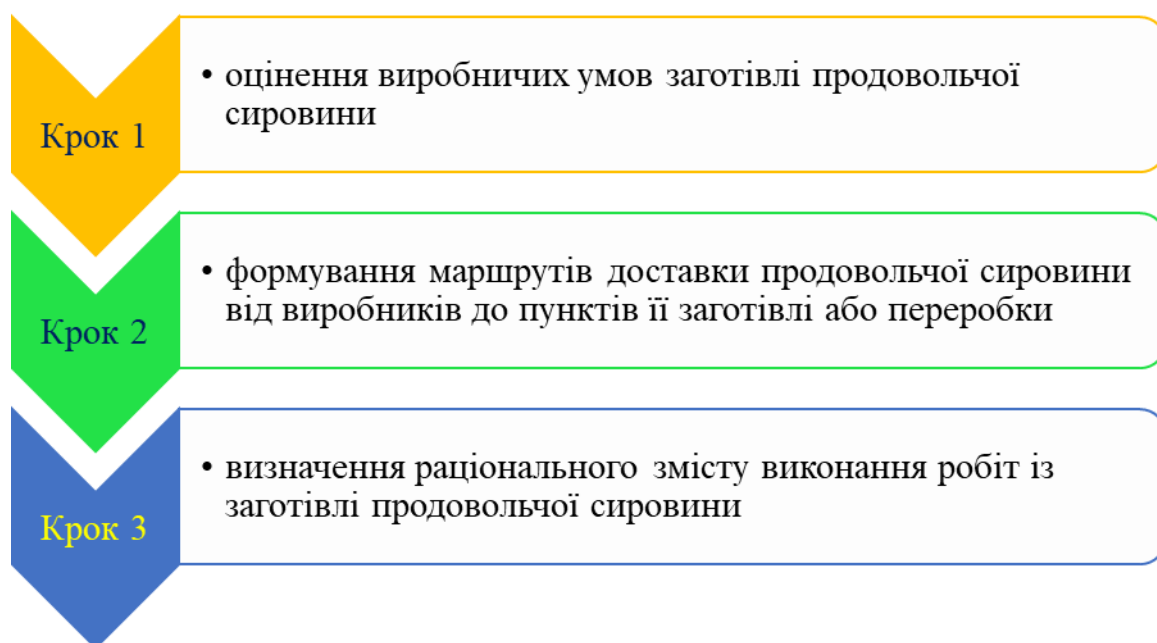


Рисунок 3.20 – Етапи моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій

Крок 1. Початковим кроком визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій є оцінення виробничих умов. Для цього розглядають окрему сільську громаду. На території m -х сільських громад є обмежена кількість господарств-виробників (C_z^m), які переважно розосереджені на території j -х населених пунктів цих громад:

$$C_z^m = \{n_{o_j}\}, j=1, n, \quad (3.26)$$

де C_z^m – господарства-виробники, що перебувають на території m -х сільських громад, од; n_{o_j} – кількість господарств, що розташовані на території j -х населених пунктів, од; n – кількість господарств-виробників на території m -х сільських громад, од.

На підставі отриманої інформації від кожного із господарств-виробників n_{o_j} , або ж на підставі прогнозування (див. п. 3.1 цієї роботи, де обґрунтовано модель прогнозування обсягів заготівлі молока на території громади), формують масив обсягів продовольчої сировини M_Q^m , яку слід доставити до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад:

$$M_Q^m = \{Q_j^m\}, j=1, n, \quad (3.27)$$

де M_Q^m – матриця обсягів продовольчої сировини у j -х господарствах населених пунктах m -х сільських громад, яку слід доставити до пункту її збору або переробки; Q_j^m – обсяг продовольчої сировини j -му господарстві, т (кг); n – кількість господарств-виробників на території m -х сільських громад, од.

Наступним етапом є обґрунтування моделі територіального розташування j -х господарств на території m -ої сільської громади із врахуванням наявної

мережі доріг. Її представляють як матрицю найкоротших віддалей дорогами загального призначення між j -ми господарствами на території m -ої сільської громади:

$$M_L^m = \{L_{i,j}^m\}, i = 1, n, j = 1, n, \quad (3.28)$$

де M_L^m – матриця найкоротших віддалей дорогами загального призначення між j -ми господарствами на території m -ої сільської громади; $L_{i,j}^m$ – віддалі між i -ми та j -ми господарствами на території m -ої сільської громади, км; n – кількість господарств-виробників на території m -ої сільської громади, од.

Швидкості руху транспортних засобів на дорогах загального призначення m -ої сільської громади описують моделлю, яка являє собою матрицю M_V^m середніх швидкостей руху V_{ij}^{cm} між окремими господарствами-виробниками i, j :

$$M_V^m = \{V_{ij}^{cm}\}, i = 1, n, j = 1, n, \quad (3.29)$$

де M_V^m – матриця середніх швидкостей руху транспортних засобів між окремими i -ми та j -ми господарствами-виробниками на території m -ої сільської громади; V_{ij}^{cm} – середні швидкості руху транспортних засобів між окремими i -ми та j -ми господарствами-виробниками на території m -ої сільської громади; n – кількість господарств-виробників на території m -ої сільської громади, од.

Стан доріг загального призначення на території m -ої сільської громади описують моделлю, яка є матрицею M_{rc}^m показників rc_{ij} стану виробничих умов (дорожнього полотна) між окремими i -ми та j -ми господарствами-виробниками:

$$M_{rc}^m = \{rc_{i,j}^m\}, i = 1, n, j = 1, n, \quad (3.30)$$

де M_{rc}^m – матриця показників стану виробничих умов (дорожнього полотна) між окремими i -ми та j -ми господарствами-виробниками на території m -ої сільської громади; $rc_{i,j}^m$ – показники стану виробничих умов (дорожнього полотна) між окремими господарствами i, j виробниками продовольчої сировини на території m -ої сільської громади; n – кількість господарств-виробників продовольчої сировини на території m -ої сільської громади, од.

На підставі отриманих моделей (3.28-3.30), що відображають територіальне розташування виробничих умов (дорожнього полотна) між окремими i -ми та j -ми господарствами-виробниками на території m -ої сільської громади створюють матрицю M_t^m , яка відображає часові характеристики доставки продовольчої сировини до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад:

$$M_t^m = \{t_{i,j}^m\}, i = 1, n, j = 1, n, \quad (3.31)$$

де M_t^m – матриця тривалостей руху транспортних засобів між окремими i -ми та j -ми господарствами-виробниками на території m -ої сільської громади; $t_{i,j}^m$ – тривалість руху транспортних засобів між окремими i -ми та j -ми господарствами-виробниками на території m -ої сільської громади, год; n – кількість господарств-виробників на території m -ої сільської громади, од.

Для побудови моделей дорожньо-транспортної мережі між j -ми господарствами на території m -ої сільської громади можна використовувати доступні геоінформаційні системи або сервіси, що дають можливість отримати потрібну для цього інформацію. Однією із зазначених систем є OpenStreetMap (OSM), яка являє собою безкоштовну електронну карту світу, що створювана та

редагується спільнотою її користувачів [155]. Окрім того окремі картографічні дані для території m -ої сільської громади можна отримувати із електронних карт Google Maps [106] або Bing Maps [83]. Зазначені картографічні дані можна використовувати для побудови моделей дорожньо-транспортної мережі території m -ої сільської громади, що є початковими даними для формування маршрутів доставки продовольчої сировини від виробників до пунктів її заготівлі або переробки.

Для створення інформаційних систем та технологій із використання цих даних OpenStreetMap забезпечує редакторами та утилітами, схемами баз даних для роботи із СУБД MySQL та PostgreSQL. Зазначені дані, зберігаються у форматі XML та за потреби можна завантажити у локальну базу даних і виконувати їх обробку.

Надалі формують масив вмістимості транспортних засобів M_q^m , доступних для доставки продовольчої сировини від j -их господарств-виробників до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад:

$$M_q^m = \{q_K^m\}, K = 1, k, \quad (3.32)$$

де M_q^m – матриця вмістимості транспортних засобів для доставки продовольчої сировини від j -их господарств-виробників до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад; q_K^m – вмістимість транспортних засобів для доставки продовольчої сировини від j -их господарств-виробників до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад, т (кг); k – кількість транспортних засобів для доставки продовольчої сировини, од.

Крок 2. Наступним кроком визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій є формування маршрутів доставки продовольчої сировини від виробників до пунктів її заготівлі або переробки. Для цього використовують удосконалений алгоритм формування маршрутів заготівлі

продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій, який описано у п. 3.2 цієї роботи.

Формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій належить до задач CR (The Collection Route), які передбачають зведення продовольчої сировини від господарств-виробників на території громади до пунктів збору або її переробки. Ці задачі стосуються визначення множини циклічних зв'язних маршрутів, які не перетинаються між собою у окремих господарствах виробників продовольчої сировини, а також починаються та завершуються у пункті збору або її переробки. При цьому слід забезпечити мінімальні сумарні витрати ресурсів на процес доставки продовольчої сировини від виробників до пунктів її збору або переробки. Окрім того, слід забезпечити зведення усього обсягу продовольчої сировини від виробників до пунктів її збору або переробки за умови не перевищення вантажності транспортних засобів на усіх сформованих маршрутах.

Позначимо множину господарств-виробників продовольчої сировини як $C = \{1, \dots, n\}$, а наявні транспортні засоби як $K = \{1, \dots, k\}$. Введемо поточні змінні y_{ij} , які характеризують обсяг продовольчої сировини у окремому транспортному засобі під час його прибуття до j -го господарства виробника після обслуговування i -го господарства виробника. При цьому зазначені господарства виробники належать до певної їх множини $i, j \in N$ та формують логічні змінні x_{ij}^k , які становлять $x_{ij}^k = 1$, за умови що k -й транспортний засіб рухається від i -го господарства-виробника до j -го господарства виробника, а також $x_{ij}^k = 0$, за умови що транспортний засіб рухається у протилежному напрямку.

У результаті виконання цього кроку отримують раціональні маршрути T' доставки продовольчої сировини від j -их господарств-виробників до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад та показників використання транспортних засобів на цих маршрутах ξ' .

Крок 3. Завершальним кроком визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій є формування раціонального змісту виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини. Цей крок виконується із перевіркою низки умов, які застосовуються до попередньо сформованих маршрутів. Зокрема, приймається умова $\sum_{j=1}^n x_{0j}^k$, що сумарна кількість транспортних засобів залучених до перевезення продовольчої сировини заданого виду рівна k . Під час формування раціонального змісту виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини потрібно знайти мінімум функції:

$$F_{DR} = \sum_{k \in V} F_k \sum_{j \in C} x_{0j}^k + \sum_{k \in V} \sum_{j \in N} f_j^k \left(\sum_{i \in C} |(y_{ij} - y_{ji})| x_{ji}^k \right) + \sum_{k \in V} \sum_{i, j \in N} f_{ij}^k x_{ij}^k, \quad (3.33)$$

Аналізуючи вираз (3.33) слід сказати, що перша його складова забезпечує врахування витрат коштів на залучення (оренду) транспортних засобів, а водночас друга та третя складові цієї формули характеризують витрати коштів на виконання навантажувально-розвантажувальних робіт та транспортування продовольчої сировини.

При цьому існують такі обмеження:

$$\sum_{k \in V} \sum_{i \in N} x_{ij}^k = 1, \quad \forall j \in C, \quad (3.34)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ij}^k - \sum_{i \in N} x_{ji}^k = 0, \quad \forall j \in C, \quad \forall k \in V, \quad (3.35)$$

$$\sum_{j \in C} y_{0j} = \sum_{j \in C} a_j, \quad \sum_{j \in C} y_{j0} = 0, \quad (3.36)$$

$$\sum_{i \in N} y_{ij} - \sum_{i \in N} y_{ji} = a_j, \quad \forall j \in C, \quad (3.37)$$

$$y_{0j} \leq \sum_{k \in V} Q_k x_{0j}^k, \quad \forall j \in C, \quad (3.38)$$

$$y_{ij} \leq \sum_{k \in V} (Q_k - a_i) x_{ij}^k, \quad \forall i \in C, \quad \forall j \in N, \quad i \neq j, \quad (3.39)$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\}, \quad y_{ij} \geq 0 \text{ та цілі значення, } \forall i, j \in N, \quad \forall k \in V. \quad (3.40)$$

Умови (3.33) та (3.34) забезпечують те, що кожне j -те господарство-виробник обслуговується лише один раз окремим транспортним засобом k -го виду. При цьому зазначений транспортний засіб після завантаження a_j продовольчої сировини у j -му господарстві повинен обов'язково його залишити.

Умова (3.35) передбачає, що загальний обсяг продовольчої сировини завантажений у господарствах-виробниках повинен дорівнювати обсягу цієї сировини, що доставлена до пунктів збору або її переробки та жодна продовольча сировина не повертається її виробникам.

Умова (3.36) передбачає, що у кожному із господарств-виробників продовольча сировина повинна бути завантажена. Тобто після обслуговування j -го господарства-виробника її обсяг у транспортному засобі зростає на її обсяг a_j у j -му господарстві. Саме ця умова виключає можливість не забрати продовольчу сировину за відвідування окремого j -го господарства.

Умова (3.37) встановлює, що обсяг продовольчої сировини y_{0j} , що доставляється із j -х господарств до пунктів збору або її переробки, не може перевищувати вантажності транспортного засобу, що обслуговує зазначене господарство.

Умови (3.38) та (3.40) забезпечують взаємозв'язок змінних y_{ij} та x_{ij}^k . Це означає, що жодна продовольча сировина не транспортується від i -го до j -го господарства-виробника, через відсутність транспортного засобу, що обслуговує зазначені господарства, тобто якщо $x_{ij}^k = 0 \quad \forall k \in V$.

Представлені у виразі (3.40) обмеження можна записати таким чином:

$$a_j x_{ij}^k \leq y_{ij} \leq (Q_k - a_i) x_{ij}^k, \quad \forall i \in C, \quad \forall j \in N, \quad i \neq j, \quad \forall k \in V. \quad (3.41)$$

Умова (3.39) встановлює межі окремих змінних. Обмеження (3.41) забезпечує, що після руху транспортного засобу від i -го до j -го господарства-

виробника, залишковий час не повинен перевищувати допустиму тривалість руху транспортного засобу, який обмежується як тривалістю робочої зміни, так і вимогами до транспортування швидкопсувної продукції, до якої належить продовольча сировина.

Якщо існують обмеження K_k у кількості транспортних засобів k -го виду, то при цьому слід дотримуватися умови:

$$\sum_{j \in C} x_{0j}^k \leq K_k, \quad \forall k \in V. \quad (3.42)$$

Умова (3.42) забезпечує те, що залишкова тривалість руху транспортного засобу після виїзду із j -го господарства не перевищує різниці між допустимою тривалістю руху транспортного засобу та тривалістю, необхідною для переміщення до пунктів збору або переробки продовольчої сировини.

Враховуючи те, що перевезення продовольчої сировини належить до транспортування швидкопсувної продукції (молоко, м'ясо, овочі, зелень тощо) то слід встановити обмеження на максимальну тривалість виконання окремих маршрутів. Для цього у модель слід включити такі часові показники, як максимальна тривалість t_k перебування k -го виду транспортного засобу на маршруті, а також тривалість t_{ij} руху між i -ми та j -ми господарствами-виробниками. Окрім того, слід передбачити безперервні змінні r_{ij} , які характеризують різницю між значеннями t_k та поточними значеннями тривалості руху транспортного засобу після переміщення від i -го до j -го господарства-виробника. При цьому додатково виникають обмеження:

$$r_{ij} \leq \sum_{k \in V} t_k x_{ij}^k, \quad \forall (i, j) \in A, \quad (3.43)$$

$$r_{0j} = \sum_{k \in V} t_k x_{0j}^k - \sum_{k \in V} t_{0j} x_{0j}^k, \quad \forall j \in C, \quad (3.44)$$

$$\sum_{i \in N} r_{ip} - \sum_{j \in N} r_{pj} = \sum_{k \in V} \sum_{j \in N} t_{pj} x_{pj}^k, \quad \forall p \in C, \quad (3.45)$$

$$r_{ij} \geq 0, \quad \forall (i, j) \in A. \quad (3.46)$$

Умова (3.43) забезпечує те, що кожного разу під час руху від i -го до j -го господарства виробника продовольчої сировини, залишкова допустима тривалість руху транспортного засобу зменшується на тривалість руху між цими господарствами.

За невідповідності поданих вище умов виконуються зміни у змісті виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини. Головні показники виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій на території m -х сільських громад залежать від варіантів їх організації та доби календарного року, що впливає на інтенсивність надходження сировини. Зокрема, у період виконання збиральних робіт окремих видів продовольчої сировини її обсяги будуть значно більшими, порівняно із зимовими періодами, коли вона уже зберігається у j -х господарствах її виробниках.

Визначення показників виконання заготівельних робіт проводиться для окремих маршрутів, а отримані їх кількісні значення зберігаються у масиві результатів MR , а саме:

– пройдений шлях транспортними засобами

$$l_{T'd} = l_x + \sum_{i=1}^{n_{T'}} l_{ij} + l_z, \quad (3.47)$$

де $l_{T'd}$ – пройдений шлях транспортними засобами на T'_d -му маршруті доставки продовольчої сировини до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад у d -ту добу, км; l_x, l_{ij}, l_z – відповідно пройдений шлях транспортними засобами до першого у маршруті господарства виробника продовольчої сировини, від i -го до j -го та від останнього у маршруті

господарства виробника продовольчої сировини до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад, км.

$$MR[km, 2] := l_{T'd}, \quad (3.48)$$

де km – номер маршруту доставки сировини до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад у d -ту добу, км.

– тривалість маршруту визначають із врахуванням виконання навантажувально-розвантажувальних робіт та оформлення експедиційних документів:

$$t_{T'd} = t_x + \sum_{i=1}^{n_{T'}} t_{ni} + \sum_{i=1}^{n_{T'}} t_{oni} + \sum_{i=1}^{n_{T'}} t_{mi} + t_{mi} + t_p + t_{om}, \quad (3.49)$$

де t_x – тривалість руху транспортного засобу до першого у маршруті господарства-виробника, год; t_{ni} , t_{oni} – відповідно тривалість навантаження продовольчої сировини та оформлення експедиційних документів у i -му господарстві-виробнику, год; t_{mi} , t_{mi} – відповідно тривалість доставки продовольчої сировини між i -ми господарствами-виробниками та від останнього у маршруті господарства-виробника продовольчої сировини до пункту її збору або переробки, год; t_p , t_{om} – відповідно тривалість розвантаження продовольчої сировини та оформлення експедиційних документів у пункті її збору або переробки, год.

$$MR[km, 3] := t_{T'd}, \quad (3.50)$$

– вантажообіг на окремому маршруті

$$W_{T'd} = \sum_{i=1}^{n_{T'}} Q_{mi} \cdot L_i + Q_{zi} \cdot L_{zi}, \quad (3.51)$$

де $W_{T'd}$ – виконаний вантажообіг транспортним засобом на T'_d -му маршруті доставки продовольчої сировини до пункту її збору або переробки на території m -х сільських громад у d -ту добу, т.км; Q_{mi} , Q_{zi} – відповідно обсяг продовольчої сировини у транспортному засобі після завантаження у i -му господарстві-виробнику та у останньому господарстві на маршруті, т; L_i , L_{zi} – відповідно пройдений шлях транспортним засобом від i -го до j -го господарства-виробника та від останнього у маршруті господарства-виробника, км.

$$MR[km, 4] := W_{T'd}, \quad (3.52)$$

На підставі показників (3.47), (3.49) та (3.51) для кожного із варіантів організації заготівлі продовольчої сировини визначається раціональний зміст виконання робіт за вартісними показниками. Завжди для заданих виробничих умов та сценарію заготівлі продовольчої сировини на території m -х сільських громад існує своє значення витрат ресурсів R_i на виконання заготівельних робіт. З-поміж цих варіантів заготівлі продовольчої сировини існує раціональний сценарій S^{opt} , який забезпечує отримання мінімальних витрат ресурсів $R_i \rightarrow \min$ щодо виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

На підставі вище сказаного ми побудували блок-схему моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій (рис. 3.21).

Під час використання моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій приймають такі умови [128; 20]:

- кількість режимів w виконання робіт відповідає кількості робочих змін і може змінюватися у межах від 1 до 3 робочих змін;
- кількість сценаріїв z виконання робіт є скінченною множиною, яка визначається проектними менеджерами із врахуванням технології та регламентів на виконання робіт, що зумовлюють їх зміст, наявності ресурсів (технічне оснащення, виконавці тощо) та їх виду, а також стану виробничих умов (територіальне розташування господарств, мережа доріг та їх стан, вид та обсяги доступної продовольчої сировини у кожному із господарств тощо).

Запропонований алгоритм моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій передбачає:

1. Формування бази даних (БД) про виробничі умови, наявність господарств-виробників продовольчої сировини, обсяги сировини у них для заготівлі, територіальне розташування, наявні ресурси, мережу та стан доріг. За відсутності повних даних про обсяги продовольчої сировини у господарствах виконують заповнення пропущених даних на підставі прогнозування (п. 3.1).
2. Задати доступні ресурси та показники стану виробничих умов, які зафіксовані у БД. За зміни стану виробничих умов вносять зміни у БД.
3. Задати кількість режимів w виконання робіт, що відповідає кількості робочих змін (від 1 до 3 робочих змін) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій;
4. Задати кількість сценаріїв z виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій із врахуванням технології та регламентів на їх виконання робіт, наявності доступних ресурсів та їх виду, а також виробничих умов.
5. Сформувати маршрут заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій на підставі удосконаленого алгоритму, який подано у п. 3.2.

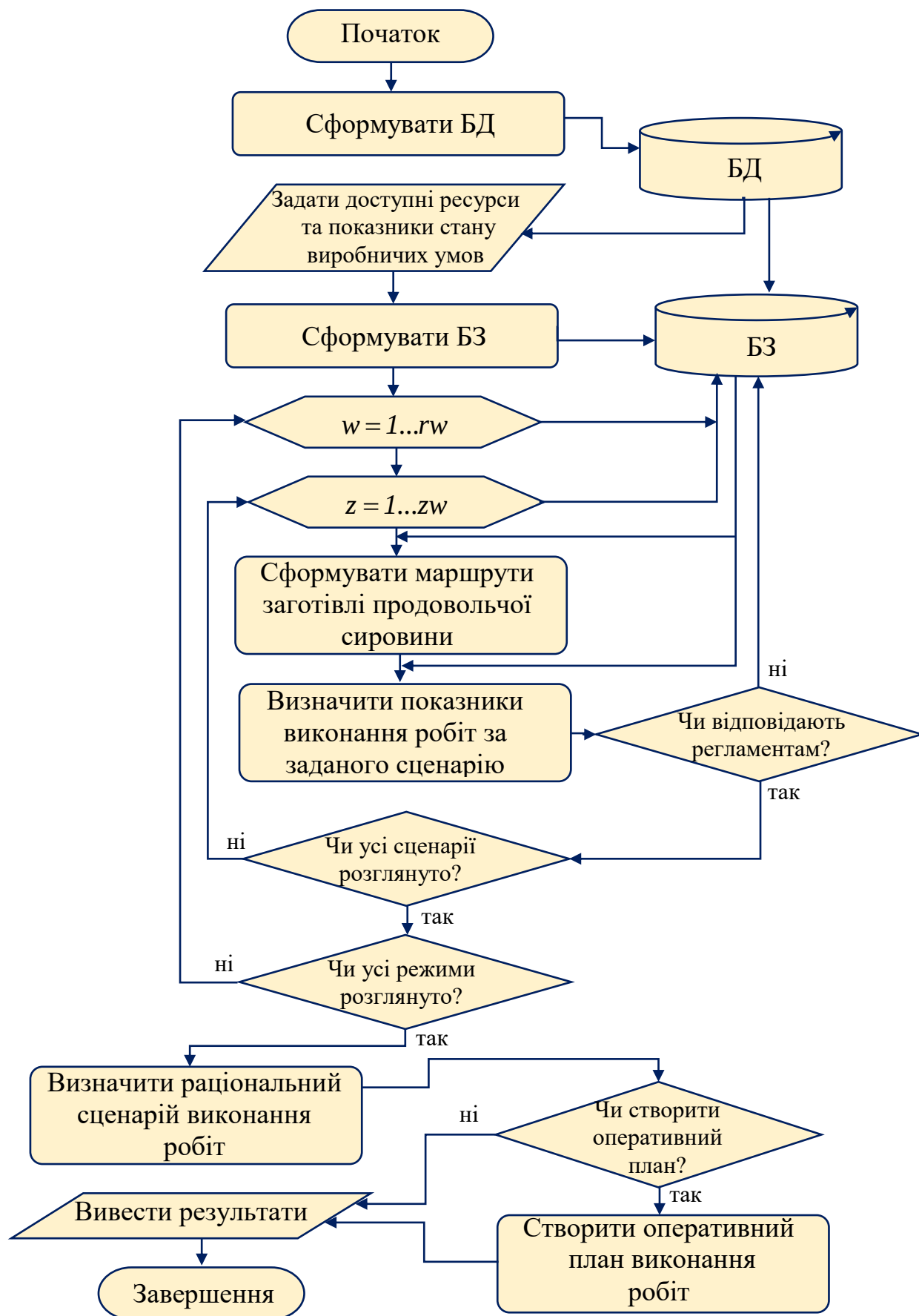


Рисунок 3.21 – Блок-схема алгоритму моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій: w – режим виконання робіт; z – сценарій виконання робіт

6. Визначити показники (3.47-3.52) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій за заданого сценарію.

7. Перевірити відповідність робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій до задекларованих регламентів, за критеріями, як прописано у виразах (3.34-3.46).

8. Виконати перевірку повного розгляду усіх режимів w та можливих сценаріїв z виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

9. Визначити раціональний сценарій S^{opt} , який забезпечує отримання мінімальних витрат ресурсів $R_i \rightarrow \min$ під час виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади у заданих виробничих умовах під час надзвичайних ситуацій.

10. За запитом створити оперативний план виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади у заданих виробничих умовах під час надзвичайних ситуацій.

11. Вивести результати визначення раціонального сценарію та за потреби оперативний план виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Висновки до розділу 3

1. На підставі виконаного аналізу стану питання у теорії та практиці реалізації ГПЗСГ встановлено доцільність проведення досліджень для обґрунтування параметрів моделі SARIMA, що забезпечить якісне прогнозування сезонних обсягів надходження сировини. Із використанням платформи Mito виконано підготовку даних та вибрано метод прогнозування сезонних обсягів надходження сировини під час реалізації ГПЗСГ.

Пропонується використовувати метод визначення параметрів моделі SARIMA на підставі аналізу графіків функцій автокореляції (*ACF*) та часткової автокореляційної функції (*PACF*).

2. У результаті виконаних досліджень обґрунтовано параметри моделі SARIMA. Встановлено, що модель SARIMA із параметрами (4, 3, 0, 1) показує найнижче значення інформаційного критерію Akaike's. Виконано оптимізацію моделі SARIMA для прогнозування сезонних обсягів надходження сировини під час реалізації ГПЗСГ. Встановлено, що середньоквадратична помилка (MSE) прогнозу обсягів заготівлі молока становить 0,24, а отримана модель може використовуватися для точного виконання процесів планування ГПЗСГ.

3. Удосконалено алгоритм формування маршрутів транспортних засобів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, який передбачає виконання 8 кроків та базується на класичному алгоритмі оптимізації мурашиних колоній (ACO) (Ant Colony Optimization), а також на відміну від нього враховує реальні виробничі умови (пошкоджені ділянки транспортного полотна, наявність часткової можливості проїзду транспортних засобів, затори викликані надзвичайною ситуацією тощо), що забезпечує підвищення точності та зниження тривалості формування маршрутів і лежить в основі підвищення якості прийняття відповідних управлінських рішень.

4. Обґрунтовано, що усі роботи із заготівлі продовольчої сировини на території громади поділяють на три групи за місцем виконання (переробний цех, транспортна мережа сільської громади та господарства-виробники), реалізація яких здійснюється у двох циклах (великий – стосується виконання окремого маршруту доставки продовольчої сировини та малий – стосується обслуговування окремих господарств-виробників). Тривалості виконання окремих робіт у переробному цеху та у господарствах-виробниках мають мінливий характер, зумовлений низкою чинників, які описано в умові (3.11). Отримані моделі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини дають можливість враховувати їх мінливість та є основою для визначення

раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

5. Запропонована модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади, яка передбачає виконання трьох етапів завдяки реалізації дванадцяти кроків, якими враховуються мінливі виробничі умови під час надзвичайних ситуацій завдяки використанню обґрунтованих моделей стану виробничих умов та тривалостей виконання робіт, а також завдяки використанню удосконаленого алгоритму формування маршрутів, що системно забезпечують визначення раціонального сценарію S^{opt} виконання робіт за критерієм мінімальних витрат ресурсів

$R_i \rightarrow \min$. Розроблена модель є основою для створення інформаційної технології оперативного планування ГПЗСГ.

Розділ 4

СИСТЕМНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЛАНУВАННЯ ГІБРИДНИХ ПРОЕКТІВ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬНОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Цей розділ виконаної роботи вміщує результати розроблення системних моделей, алгоритмічного забезпечення, а також інформаційної технології для підтримки прийняття рішень під час планування ГПЗСГ. Також подано отримані результати щодо системного аналізу інформаційних взаємозв'язків, які наявні між складовими процесу планування ГПЗСГ.

Науково-прикладну задачу проектування інформаційної технології планування ГПЗСГ розв'язували на основі використання методології SADT із нотаціями IDEF0 та IDEF3, системного підходу, теорії та методів моделювання систем, аналізу та синтезу чинників впливу складових проектного середовища на обсяги заготівлі сировини на території громад, індукції та дедукції.

У результаті проведених досліджень побудована функціональна модель та описані етапи запропонованої інформаційної технології планування ГПЗСГ, що поєднує окремі розроблені моделі та алгоритмічне забезпечення для розв'язання задач:

- збір та попередня обробка інформації;
- прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади, формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій;
- узгодження виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади;
- визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій;
- планування ГПЗСГ.

4.1. Інформаційна технологія планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій

Інформаційна технологія – це багатозмістовне поняття, яке стосується сукупності інформаційних процесів, новітніх способів обробки інформації, сукупності опрацьованих інформаційних знань, які зафіксовані на носіях та використовуються у інформаційному просторі, що системно забезпечують отримання користувачами доступної та поданої у повному обсязі інформації, потрібної для їх діяльності [15]. Інформаційна технологія процесу планування ГПЗСГ забезпечує поєднання у собі моделей та алгоритмічного забезпечення таких процесів:

- збору та обробки інформації про природно-виробничі умови заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій;
- прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади на підставі зібраних даних;
- синтезу можливих сценаріїв виконання заготівлі продовольчої сировини на території громади за окрему добу з врахування прогнозованих обсягів її надходження у пункти заготівлі;
- моделювання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади з врахуванням прогнозованих обсягів її надходження у пункти заготівлі для визначення функціональних показників використання технічного оснащення;
- розрахунку вартісних показників використання технічного оснащення для кожного з можливих сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади та визначення з-поміж них раціонального, який забезпечує мінімальні витрати ресурсів за прогнозованих обсягів надходження продовольчої сировини у пункти заготівлі;
- розробки оперативного плану виконання робіт щодо заготівлі продовольчої сировини на території громади на основі раціональної конфігурації залученого технічного оснащення та режимів його використання.

У запропонованій інформаційній технології забезпечується поєднання розроблених у роботі моделей, а також відомих технологій, методів та їх програмних реалізацій. Зазначена інформаційна технологія реалізовується у інформаційній системі планування ГПЗСГ.

Основні дії, які виконуються у відповідній інформаційній системі стосуються збору, передачі та зберігання інформації, а також аналізу даних, прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади, синтезу можливих сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади, моделювання процесів заготівлі продовольчої сировини на території громади, розрахунку вартісних показників використання технічного оснащення для кожного з можливих сценаріїв та визначення з-поміж них раціонального, надання рекомендацій для підтримки прийняття відповідних рішень, створення оперативного плану виконання робіт щодо заготівлі продовольчої сировини на території громади та його відображення у зручному та зрозумілому вигляді для користувача.

Пропонується виконувати оперативне планування ГПЗСГ на основі моделювання відповідних процесів із врахуванням прогнозованих обсягів надходження продовольчої сировини у пункти заготівлі. Для цього за удосконаленим алгоритмом формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади та враховуючи виробничі умови під час надзвичайних ситуацій визначали функціональні показники використання ресурсів (технічного оснащення та виконавців). Визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій проводити на основі запропонованої моделі, яка базується на використанні обґрунтованих моделей тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. У результаті використання запропонованої інформаційної технології за запитом проектних менеджерів, створюється оперативний план виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади у заданих виробничих умовах під час надзвичайних ситуацій. Також виконується виведення

результатів визначення раціонального сценарію та за потреби виведення оперативного плану виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій. Потрібна для проектних менеджерів та ОПР вихідна інформація доступна для перегляду та є достатньо зрозумілою. Передбачається накопичення даних, які попередньо оброблені та у подальшому зберігаються у БД. Окрім того, формується БЗ щодо виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Ми розробили контекстну діаграму процесу планування ГПЗСГ у нотації IDEF0, яка наведена на рис. 4.1.

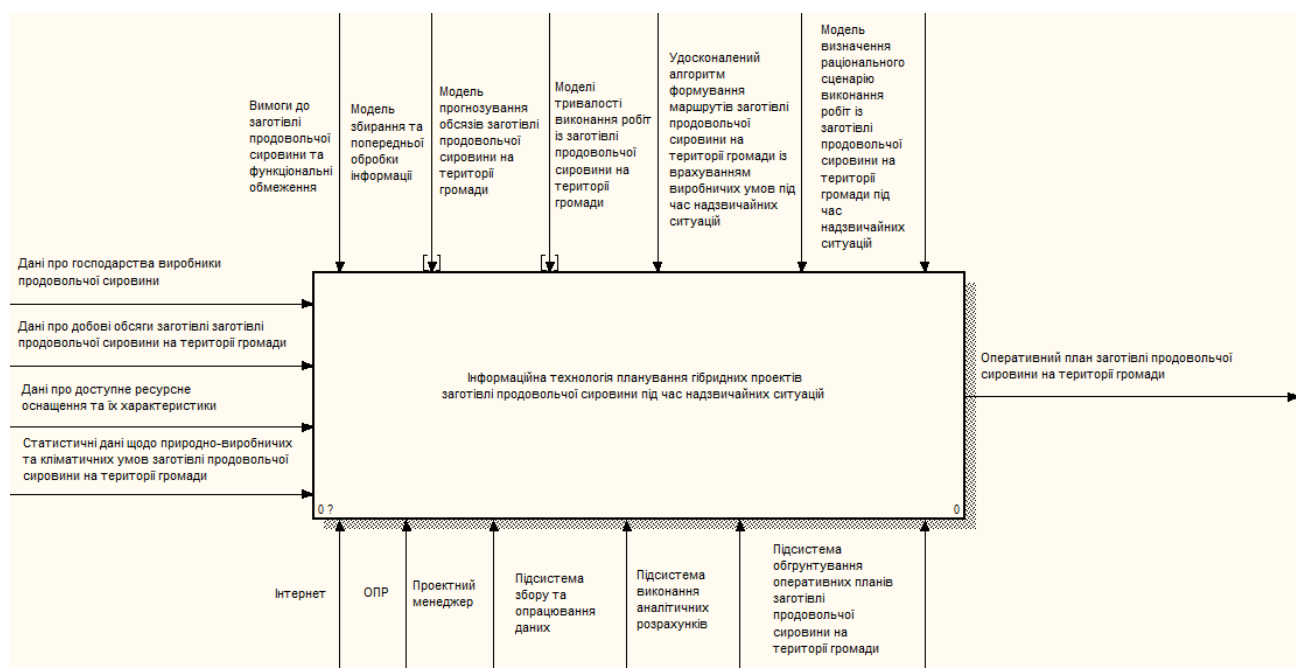


Рисунок 4.1 – Контекстна діаграма інформаційної технології планування ГПЗСГ

Інформаційна технологія оперативного планування ГПЗСГ передбачає виконання п'яти системно взаємопов'язаних етапів. Функціональна модель запропонованої інформаційної технології оперативного планування ГПЗСГ виконана у нотації IDEF0 та подана на рис. 4.2.

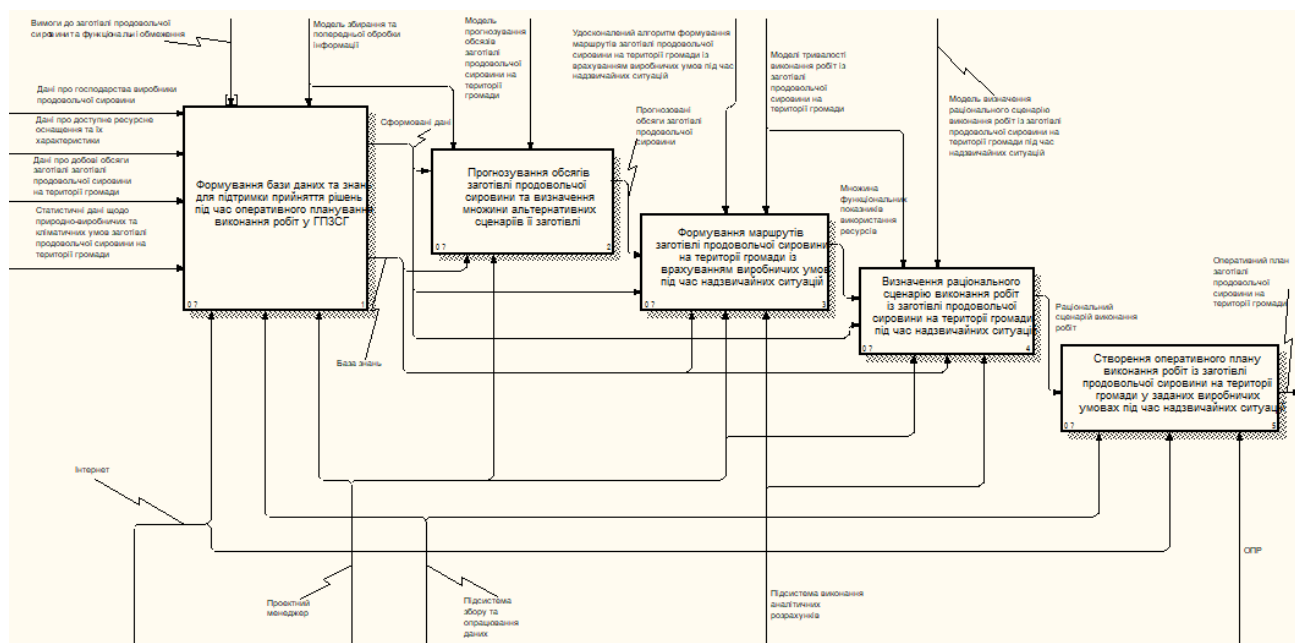


Рисунок 4.2 – Функціональна модель інформаційної технології оперативного планування ГПЗСГ

Запропонована функціональна модель інформаційної технології оперативного планування ГПЗСГ передбачає 5 етапів.

Етап 1. *Формування бази даних та знань для підтримки прийняття рішень під час оперативного планування ГПЗСГ.* На цьому етапі формують базу даних (БД) про виробничі умови, наявність господарств-виробників продовольчої сировини, обсяги сировини у них для заготівлі, територіальне розташування, наявні ресурси, мережу та стан доріг. За відсутності повних даних про обсяги продовольчої сировини у господарствах пропущені дані заповнюють на підставі прогнозування (п. 3.1). Це забезпечує збір потрібних даних для планування, їх перевірку на коректність, а також зберігання у БД. Знання, які отримують із сформованих даних, використовують для формування відповідної бази знань.

Етап 2. *Прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини та визначення множини альтернативних сценаріїв її заготівлі.* На основі отриманих даних із реалізованого етапу 1, а також із використанням розробленої моделі SARIMA (див. п. 3.1), виконується прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Основна задача оперативного планування ГПЗСГ зводиться до обґрунтування раціональної конфігурації залученого технічного оснащення та режимів його використання. При цьому вважаємо відомими:

– множину складових системи заготівлі продовольчої сировини на території громад, до яких належать пункти заготівлі (P_{mp}), автотранспортні засоби (A_{ve}) для доставки продовольчої сировини від господарств-виробників до цеху переробки, а також самі господарства-виробники (H_{po}):

$$P_{mp} = \{p_i\}, A_{ve} = \{a_i\}, H_{po} = \{h_i\}, i = \overline{1, n}, \quad (4.1)$$

де $\{p_i\}$, $\{a_i\}$, $\{h_i\}$ – відповідно множина i -х пунктів заготівлі продовольчої сировини, автотранспортних засобів для її доставки від господарств-виробників до цеху переробки та господарств, що виробляють продовольчу сировину; n – кількість складових системи заготівлі продовольчої сировини на території громад, од.;

– множину альтернативних сценаріїв заготівлі продовольчої сировини $\{Sc\}$. Для заданої громади та її природно-виробничих умов завжди існує обмежена кількість альтернативних сценаріїв заготівлі продовольчої сировини ($Alternative_{mps}$), які зумовлюються можливими варіантами компонування складових системи її заготівлі:

$$Alternative_{mps} = \{Sc\}, Sc = \langle p_v, a_v, h_v \rangle, \quad (4.2)$$

де Sc – сценарій заготівлі продовольчої сировини; p_v, a_v, h_v – відповідно можлива кількість варіантів компонування пунктів заготівлі продовольчої сировини, автотранспортних засобів для доставки продовольчої сировини від

господарств-виробників до цеху переробки та господарств, що заготовляють продовольчу сировину;

– множину критеріїв оцінення альтернативних сценаріїв заготівлі продовольчої сировини $\{k\}$:

$$Criteria_{mps} = \{k\}, k = \overline{1, m}, \quad (4.3)$$

де k – критерій оцінення сценаріїв заготівлі продовольчої сировини; m – кількість критеріїв оцінення сценаріїв заготівлі продовольчої сировини.

Під час оперативного планування ГПЗСГ, яке передбачає обґрунтування раціональної конфігурації залученого технічного оснащення та режимів його використання, слід враховувати вищезначені складові системи заготівлі продовольчої сировини на території громад, а також можливі сценарії та критерії їх оцінення.

Етап 3. *Формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини із врахуванням природно-виробничих умов під час надзвичайних ситуацій.* Цей етап виконується на підставі попередньо сформованої множини альтернативних сценаріїв заготівлі продовольчої сировини (етап 2) та із використанням удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій (див. п. 3.2), який базується на класичному алгоритмі оптимізації мурашиних колоній (ACO) (Ant Colony Optimization) та враховує реальні виробничі умови (пошкоджені ділянки транспортного полотна, наявність часткової можливості проїзду транспортних засобів, затори викликані надзвичайною ситуацією тощо). На виході отримуються раціональні маршрути заготівлі продовольчої сировини для різних сценаріїв із врахуванням природно-виробничих умов під час надзвичайних ситуацій.

Етап 4. *Визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій.* На цьому етапі для

кожного із альтернативних сценаріїв із врахуванням сформованої бази знань, обґрунтованих моделей тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади (див. п. 3.3), а також із використанням моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини (див. п. 3.4), обґрунтовують раціональний сценарій S^{opt} виконання робіт за критерієм мінімальних витрат ресурсів $R_i \rightarrow \min$.

Етап 5. Створення оперативного плану виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади у заданих виробничих умовах під час надзвичайних ситуацій. На цьому етапі, із врахуванням результатів виконання попереднього етапу 4, проводиться створення оперативного плану виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади, який включає раціональну конфігурацію залученого технічного оснащення та режими його використання. За запитом проектних менеджерів здійснюється виведення результатів визначення раціонального сценарію та, за потреби, – оперативного плану виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Вцілому в результаті використання пропонованої інформаційної технології проектні менеджери отримують оперативний план для виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій. Запропонована інформаційна технологія дає можливість здійснювати збір, обробку та зберігання потрібних даних, на підставі яких виконується планування ГПЗСГ, що забезпечує отримання обґрунтованих рішень стосовно виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Із врахуванням вищесказаного, описано у таблиці 4.1 представлено основні етапи запропонованої інформаційної технології планування ГПЗСГ, що вміщують розроблені моделі.

Таблиця 4.1 – Етапи інформаційної технології планування ГПЗСГ

Складова	Збір даних	Збереження даних	Обробка даних	Передача даних
Моделі та алгоритми	Модель збору та попередньої обробки інформації	Стандартні технології управління базами даних	Модель прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади із використанням штучних нейронних мереж. Удосконалений алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій. Моделі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. Модель визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.	Стандартні технології передавання даних
Етапи запропонованої інформаційної технології	Етап 1	Етапи 1...5	Етапи 1...5	Етапи 1...5

Означені у таблиці 4.1 етапи запропонованої інформаційної технології планування ГПЗСГ базуються на реалізації функцій збирання, збереження, обробки, передачі, візуалізації та використання обґрунтованої інформації, що

повною мірою відповідає основним етапам інформаційної технології відповідно до стандарту.

4.2 Функціональна модель процесу збору та попередньої обробки інформації

Збір та попередня обробка інформації у запропонованій інформаційній технології потребують використання відповідних програмних засобів для збору, збереження і обробки даних. Процес збору та попередньої обробки потрібної інформації включає зокрема: окремі функції збору інформації щодо наявних господарств-виробників продовольчої сировини (вид господарства, територіальне розташування, наявність виробничих ресурсів, частка використання продовольчої сировини на власні потреби); обсяги заготівлі продовольчої сировини (дата, назва господарства, обсяг заготівлі продовольчої сировини); природно-кліматичні умови (дата, температура повітря, тиск, наявність опадів); виробничі умови (відстані від господарств-виробників продовольчої сировини до переробного цеху, стан доріг); доступне ресурсне оснащення (вид, вантажність, середня швидкість руху транспортних засобів у населених пунктах та поза населеними пунктами, витрати палива транспортними засобами, чисельність виконавців); показники тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини (тривалість виконання елементарних операцій із заготівлі продовольчої сировини). При цьому передбачається перевірка отриманих даних, після якої їх передають до сформованої бази даних (БД) для подальшого зберігання.

Зібрані дані про стан виробничих та природно-кліматичних умов використовуються для формування бази знань, яка забезпечує функціонування інших процесів, що в подальшому забезпечують формування якісних управлінських рішень. Схема процесу формування бази даних про стан виробничих та природно-кліматичних умов наведена на рис. 4.3.

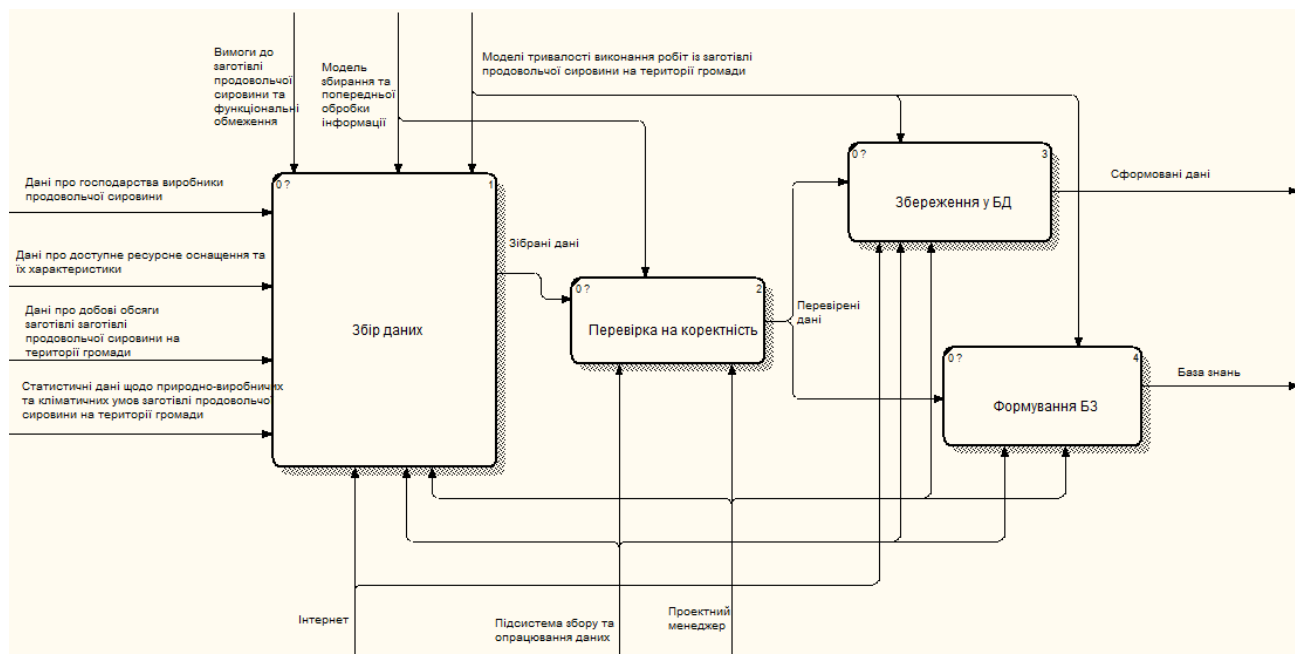


Рисунок 4.3 – Діаграма процесу збору та попередньої обробки інформації

Виокремлюють чотири компоненти, які забезпечують функціональне наповнення процесу збору та попередньої обробки інформації, до яких належать:

- збір даних;
- перевірка на коректність;
- збереження у базі даних;
- формування бази знань.

Процес збору даних щодо обсягів заготівлі продовольчої сировини відбувається на підставі поданої інформації господарствами-виробниками (рис. 4.4). За відсутності потрібної інформації виконується прогнозування із використанням розробленої моделі, яка описана у п. 3.1.

Витяг даних щодо природно-кліматичних умов територіальної громади, де відбувається заготівля продовольчої сировини, виконується із використанням технології парсингу сайту gismeteo.ua, що забезпечує отримання погодинних даних за кожен день стосовно температура повітря, тиску, а також наявності опадів (рис. 4.5).



Рисунок 4.4 – Алгоритм процесу збору даних щодо обсягів заготівлі продовольчої сировини

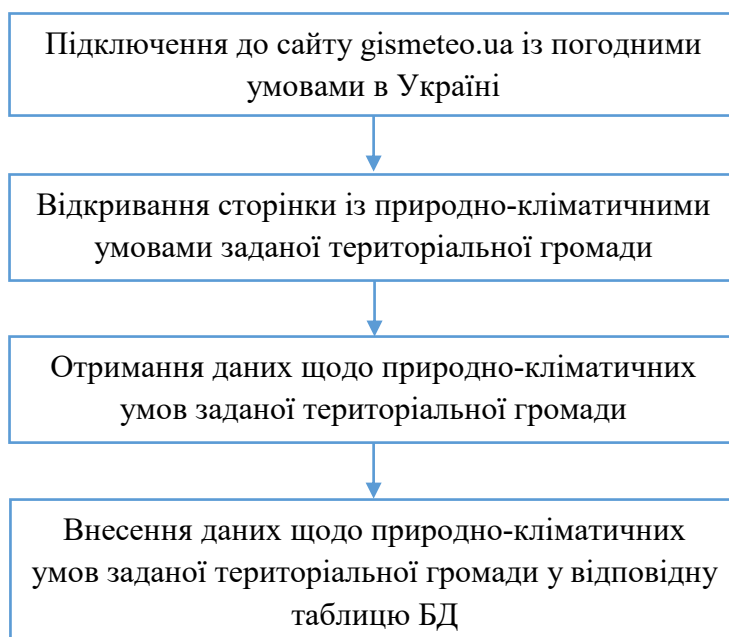


Рисунок 4.5 – Алгоритм процесу збору даних щодо природно-кліматичних умов заданої територіальної громади

Дані про доступне ресурсне оснащення, а також показники тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини, надають проектні

менеджери, які вносять їх у БД. Щоб «витягнути» потрібні дані, їх необхідно виділити та перевести до відповідної згрупованої структури реляційної БД. Отримавши усі потрібні дані, їх заносять у відповідну таблицю БД із подальшим надсиланням на сервер, який використовують у інформаційній системі підтримки прийняття рішень щодо виконання оперативного планування ГПЗСГ.

4.3. Функціональна модель процесу формування множини сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади

Формування можливих сценаріїв процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади здійснюється на основі даних, зібраних під час реалізації процесів формування БД про стан виробничих та природно-кліматичних умов, а також прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини у окремих господарствах-виробниках. Для визначення набору альтернативних варіантів сценаріїв залучення окремих складових системи заготівлі продовольчої сировини користуються сформованою БД, яка лежить в основі виконання процесу відбору даних. На підставі зазначеного процесу отримують дані щодо характеристик автотранспортних засобів, варіантів формування маршрутів, прогнозованих обсягів та можливих режимів заготівлі продовольчої сировини.

Ми розробили діаграму декомпозиції процесу формування можливих сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади у нотації IDEF3, яка подана на рис. 4.6.

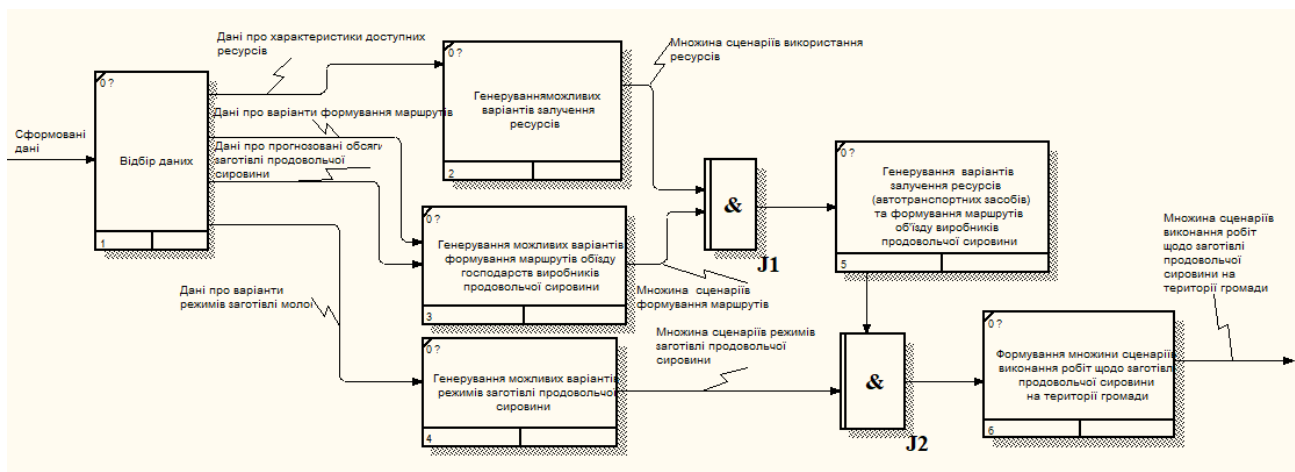


Рисунок 4.6 – Діаграма декомпозиції процесу формування можливих сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади

До компонентів функціонального наповнення зазначеного процесу належить «Відбір даних». Він виконується підсистемою збору та попередньої обробки інформації. У подальшому виконується «Генерування можливих варіантів залучення ресурсів» та «Генерування можливих варіантів формування маршрутів об'їзду господарств-виробників продовольчої сировини», що відповідно забезпечують отримання множини сценаріїв використання ресурсів та формування маршрутів. Поєднання цих сценаріїв забезпечує виконання «Генерування варіантів залучення ресурсів (автотранспортних засобів) та формування маршрутів об'їзду виробників продовольчої сировини», що дає можливість отримати множину відповідних сценаріїв.

Паралельно виконується «Генерування можливих варіантів режимів заготівлі продовольчої сировини», що відповідно забезпечує отримання множини сценаріїв режимів заготівлі продовольчої сировини. На підставі поєднання зазначених сценаріїв із сценаріями залучення ресурсів (автотранспортних засобів) та формування маршрутів об'їзду виробників продовольчої сировини виконують «Формування множини сценаріїв виконання робіт щодо заготівлі продовольчої сировини на території громади» Це дає можливість отримати множину сценаріїв виконання робіт щодо заготівлі продовольчої сировини на території громади.

На підставі вищесказаного розроблено узагальнену блок-схему алгоритму процесу формування можливих сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади, яка подана на рис. 4.7.



Рисунок 4.7 – Алгоритм процесу формування сценаріїв виконання заготівлі продовольчої сировини на території громади

У результаті процесу «Формування сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади» отримують множину можливих альтернативних сценаріїв виконання заготівлі продовольчої сировини на території громади, які можна реалізувати із врахуванням реальних виробничих та природно-кліматичних умов територіальних громад, а також доступних у окрему добу ресурсів для виконання цього процесу. Результати процесу «Формування сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на

території громади» використовуються для визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади у заданих виробничих умовах під час надзвичайних ситуацій.

4.4. Функціональна модель процесу визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади

Визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій у заданих виробничих умовах здійснюється на підставі сформованої множини сценаріїв виконання відповідного процесу на основі відібраних даних про стан виробничих та природно-кліматичних умов, прогнозовані обсяги доставки продовольчої сировини від виробників до переробного цеху, можливі режими виконання заготівельних робіт та технічні характеристики автотранспортних засобів, які зібрано під час виконання процесу збору та попередньої обробки інформації.

Виконання процесу визначення раціонального сценарію виконання робіт та використання технічного оснащення здійснюється на підставі сформованої їх множини для умов окремої територіальної громади та доби календарного року. Розроблена нами діаграма декомпозиції процесу визначення раціонального сценарію виконання робіт та використання технічного оснащення у нотації IDEF3, наведена на рис. 4.8.

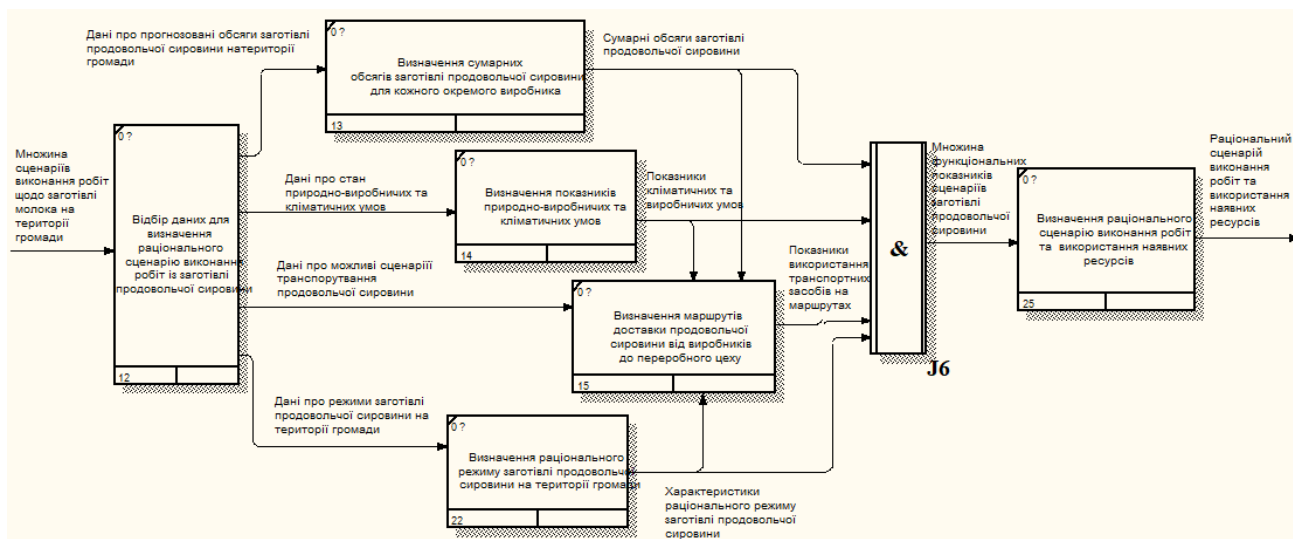


Рисунок 4.8 – Діаграма декомпозиції процесу визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади у заданих виробничих умовах під час надзвичайних ситуацій

До компонентів функціонального наповнення зазначеного процесу належать «Відбір даних для визначення раціонального сценарію виконання робіт», «Визначення сумарних обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади», «Визначення показників виробничих та природно-кліматичних умов», «Визначення маршрутів доставки продовольчої сировини від виробників до переробного цеху», «Визначення раціонального режиму заготівлі продовольчої сировини на території громади», «Визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади».

Визначення маршрутів доставки продовольчої сировини від виробників до переробного цеху виконується на підставі удосконаленого алгоритму формування маршрутів, який базується на класичному алгоритмі оптимізації мурашиних колоній (ACO) (Ant Colony Optimization), та на відміну від нього враховує реальні виробничі умови (пошкоджені ділянки транспортного полотна, наявність часткової можливості проїзду транспортних засобів, затори викликані надзвичайною ситуацією, тощо), що забезпечує підвищення точності та зниження тривалості формування маршрутів, що лежить в основі підвищення якості прийняття відповідних рішень (див. п. 3.2).

Визначення раціонального режиму заготівлі продовольчої сировини на території громади відбувається на підставі сформованої бази знань та досвіду проектних менеджерів.

Визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади виконується на підставі запропонованої моделі (див. п. 3.4) та розробленого відповідного алгоритму (рис. 3.21). Ми враховуємо мінливі виробничі умови під час надзвичайних ситуацій завдяки використанню обґрунтованих моделей стану виробничих умов, тривалості виконання робіт, а також завдяки використанню удосконаленого алгоритму формування маршрутів, що системно забезпечують визначення раціонального сценарію S^{opt} виконання робіт за критерієм мінімальних витрат ресурсів $R_i \rightarrow \min$.

У результаті виконання процесу «Визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади» отримаємо раціональний сценарій та множину прогнозованих показників використання ресурсів під час виконання заготівлі продовольчої сировини за заданим сценарієм (рис. 4.9).

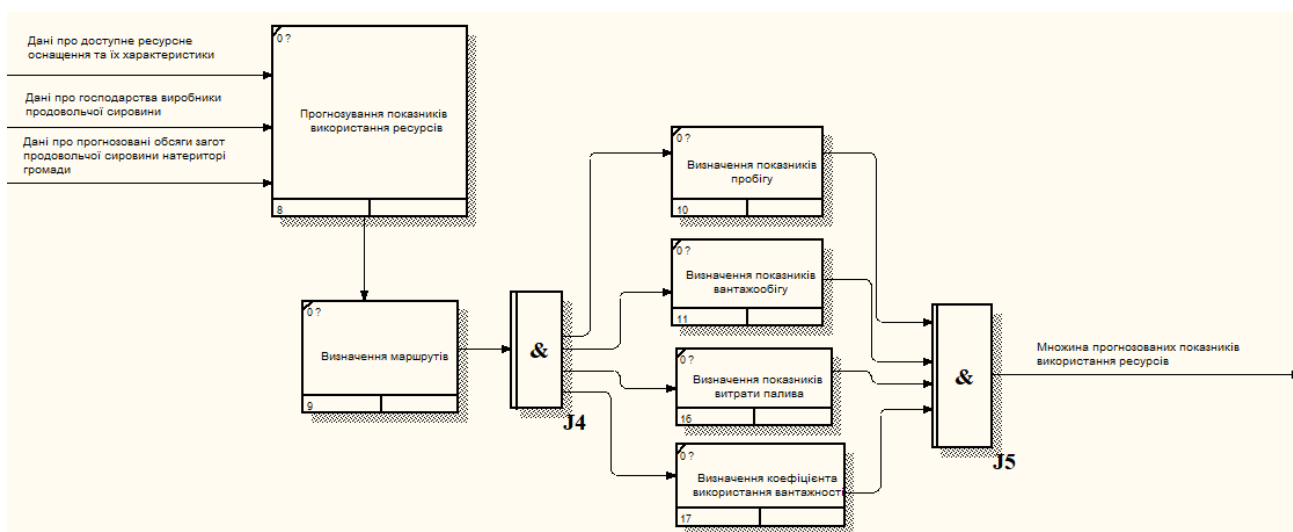


Рисунок 4.9 – Діаграма декомпозиції процесу визначення множини прогнозованих показників використання ресурсів під час виконання процесу заготівлі продовольчої сировини за заданим сценарієм

До компонентів функціонального наповнення зазначеного процесу належать «Прогнозування показників використання ресурсів», «Визначення маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади», «Визначення показників пробігу автотransпортних засобів», «Визначення показників виконаного вантажообігу автотransпортними засобами», «Визначення показників витрати палива автотransпортними засобами», «Визначення коефіцієнтів використання вантажності автотransпортних засобів». Вони є основою створення оперативного плану ГПЗСГ.

4.5. Функціональна модель процесу створення оперативного плану гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій

На етапі формування оперативного плану виконання робіт щодо заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій користуються даними щодо результатів визначення раціонального сценарію виконання робіт та використання ресурсів (автотransпортних засобів та виконавців), а також його функціональних показників (рис. 4.10).

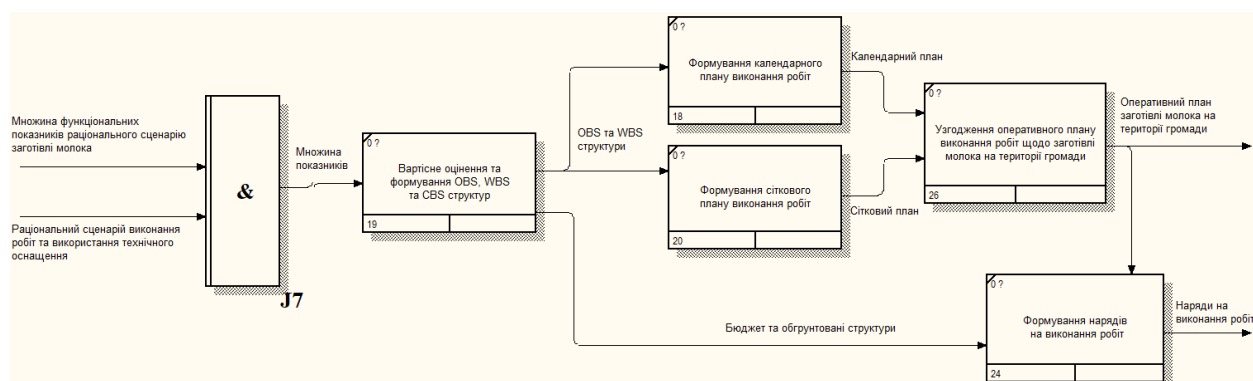


Рисунок 4.10 – Діаграма декомпозиції процесу створення оперативного плану ГПЗСГ

Це забезпечує формування множини показників, які лежать в основі вартісного оцінення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій та обґрунтування OBS, WBS, а також CBS структур. При цьому OBS та WBS забезпечують виконання процесів формування календарного та мережевого планів виконання робіт. Саме зазначені плани лежать в основі виконання процесу узгодження виконання робіт щодо заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, на виході з якого отримують відповідний оперативний план. Водночас результати процесу узгодження виконання робіт щодо заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій, а також визначений бюджет та обґрунтовані структури (OBS, WBS, CBS) забезпечують виконання процесу формування нарядів на виконання робіт.

Запропонована інформаційна технологія лежить в основі розроблення архітектури інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій. Функціональні можливості інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій реалізовані сукупністю програмних додатків. Дані, обробка яких здійснюється відповідною інформаційною системою, зберігаються в БД під управлінням СКБД Microsoft SQL Server.

4.6. Концептуальна модель предметної галузі

Враховуючи чинні вимоги та структури компонентів інформаційної технології планування ГПЗСГ, які відображено у розроблених функціональних моделях (див. п. 4.1-4.5), здійснено проектування логічних та фізичних моделей потрібних даних.

Моделювання даних є процесом створення відповідної моделі наявних даних, які надалі будуть зберігатися у БД. Вона концептуально відображає об'єкти потрібних даних, об'єднання різних об'єктів даних та правил. Моделювання даних у інформаційній технології планування ГПЗСГ забезпечує візуальне представлення даних та дотримання правил, які відповідають чинним вимогам до влаштування даних. Окрім того, моделі даних дають можливість узгодити об'єкти, атрибути та їх значення за замовчуванням, семантики, безпеки, одночасно забезпечуючи якість даних.

Концептуальна модель даних передбачає означення типів базових сутностей даних та відображення зв'язків між ними, а також особливості створення інформаційної моделі заданої предметної області, яка не залежить від фізичних умов реалізації [26; 64].

Сьогодні досить часто використовують для побудови концептуальних моделей БД інструментарій ER-моделювання. Початковим етапом створення ER-діаграм є виділення множини сутностей. При цьому для збереження даних інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій пропонується створити базу даних MySQL. Визначення типів сутностей дає можливість встановити наявність між окремими сутностями зв'язків та атрибутів, які виділяються у БД. Означені сутності БД інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій подано у таблиці 4.2. Системний аналіз предметної області забезпечив побудову концептуальної моделі БД інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Таблиця 4.2 – Характеристики об'єктів БД інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій

Назва об'єктів	Характеристика об'єктів
1	2
«Husbandry»	Дані про господарства-виробники продовольчої сировини
«VolumesRawMaterials»	Дані про обсяги заготівлі продовольчої сировини на території громади
«ClimaticConditions»	Дані про природно-кліматичні умови заготівлі продовольчої сировини на території громади
«ProductionResources»	Дані про виробничі умови заготівлі продовольчої сировини на території громади
«ResourceEquipment»	Дані про доступне ресурсне оснащення заготівлі продовольчої сировини на території громади
«DurationWorks»	Визначені питомі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини
ResourceVersion	Інформація про можливі варіанти залучення ресурсів до заготівлі продовольчої сировини
ScheduleVersion	Інформація про можливі варіанти режимів заготівлі продовольчої сировини
RouteVersion	Інформація про можливі варіанти маршрутів доставки продовольчої сировини
PossiblesVersion	Інформація про можливі варіанти залучення ресурсів (автотранспортних засобів) та формування маршрутів об'їзду виробників продовольчої сировини

продовження табл. 4.2

1	2
ScenariosVersion	Інформація про сформовані множини сценаріїв виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади
PredictedIndicators	Інформація про результати визначення множини прогнозованих показників використання ресурсів за заданим сценарієм
WorkExecutionPlans	Інформація про показники планів виконання робіт (OBS, WBS, CBS структур)
Connect	Пов'язує таблиці з усіма робочими сценаріями
RawArchive	Архівні дані про обсяги заготівлі продовольчої сировини на території громади

У таблицях В.1-В.7 (додаток В) подано результати опису атрибутів сутностей об'єктів БД інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Під час виконання логічного проектування бази даних інформаційної системи планування ГПЗСГ відображаються структури, які забезпечують зберігання даних, а також зв'язки між ними. Після чого вони перетворюються у окрему логічну ER-модель БД без прив'язки до СКБД.

Метою виконання логічного проектування бази даних є безпосереднє створення відповідної ER-модель, що забезпечує точне представлення, а також відображення сутностей та зв'язків між ними, які описані у концептуальній моделі інформаційної технології планування ГПЗСГ із урахуванням особливостей СКБД. При цьому реляційні моделі забезпечують представлення множини таблиць, які відображають сутності та їх структуру, а також

визначають ключові атрибути БД та виконання нормалізації відносин між окремими таблицями [26].

На підставі використання MySQL Workbench [149], який є одним із інструментів для візуального проектування БД, що забезпечує інтеграцію процесів проектування системи БД MySQL, побудована ER-модель БД інформаційної системи оперативного планування ГПЗСГ (рис. 4.11).

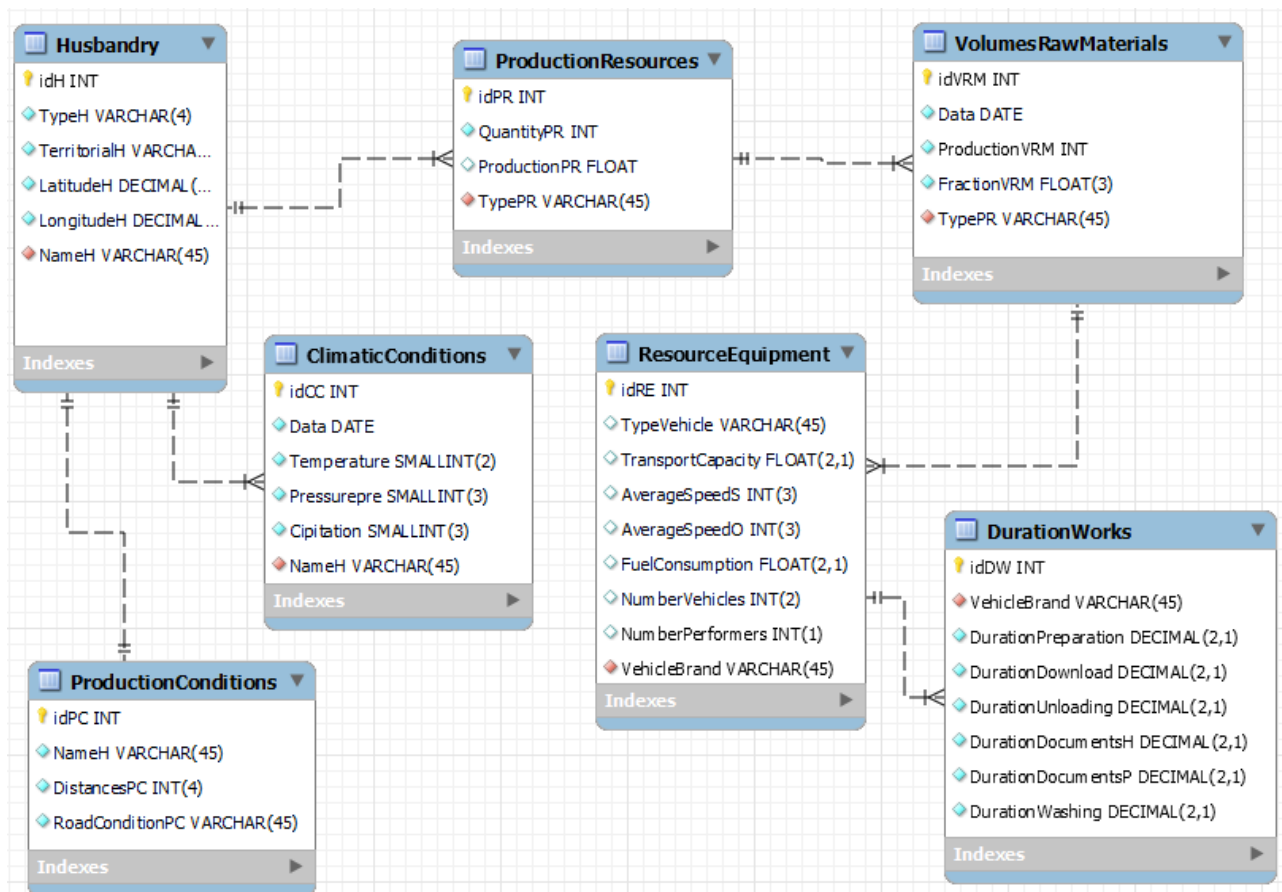


Рисунок 4.11 – ER-модель бази даних інформаційної системи оперативного планування ГПЗСГ

Отримана ER-модель БД інформаційної системи оперативного планування ГПЗСГ (рис. 4.11) представляє собою інформаційну модель, що належить до концептуального рівня проектування. Вона забезпечує формальний опис предметної галузі із урахуванням формування даних та їх використання різними користувачами, що вирішують різного роду інформаційні задачі. Встановлено, що до складу БД відповідної інформаційної

системи входить 7 таблиць, які мають системні взаємозв'язки між їх атрибутами.

Висновки до розділу 4

1. Аналіз наукових праць про інформаційні технології у різних галузях народного господарства, сучасний стан систем предметної галузі, а також щодо сучасних підходів до проектування інформаційних технологій, свідчить про доцільність обґрунтування особливостей створення інформаційної технології оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій. Встановлено, що врахування обґрунтованих особливостей зазначеної інформаційної технології, до яких належить мінливість виробних та природно-кліматичних умов, а також особливості функціонування технічного забезпечення, дають можливість розробити функціональну модель процесів і системну архітектуру інформаційної технології оперативного планування заготівлі, наприклад, молока на території громад.

2. Запропонована інформаційна технологія оперативного планування ГПЗСГ на території громад враховує особливості предметної області та передбачає виконання п'яти взаємозв'язаних груп процесів, які дають змогу проводити збір, обробку і збереження даних.

3. Розроблені функціональні моделі виконання управлінського процесу оперативного планування лежить в основі прийняття якісних управлінських рішень щодо формування оперативних планів та нарядів на виконання робіт.

4. Означені етапи запропонованої інформаційної технології оперативного планування ГПЗСГ базуються на реалізації функцій збору, збереження, обробки, передачі, візуалізації та використання обґрунтованої інформації, що повною мірою відповідає основним етапам інформаційної технології відповідно до стандарту.

5. Розроблена функціональна модель процесу збору та попередньої обробки інформації включає у себе окремі функції збору інформації про наявні господарства-виробники, обсяги заготівлі продовольчої сировини, виробничі та природно-кліматичні умови, доступне ресурсне оснащення, а також показники тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини. Окрім того, передбачається перевірка отриманих даних, після якої їх передають до сформованої БД для подальшого зберігання.

6. Запропонована блок-схема алгоритму процесу формування можливих сценаріїв виконання процесу заготівлі продовольчої сировини на території громади передбачає формування можливих сценаріїв виконання зазначеного процесу на основі даних, зібраних під час реалізації процесів формування БД про стан природно-виробничих та кліматичних умов, а також прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини у окремих господарствах виробників.

7. Запропонована інформаційна технологія лежить в основі розроблення архітектури інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій. Функціональні можливості інформаційної системи реалізуються сукупністю програмних додатків.

8. Розроблена ER-модель БД інформаційної системи підтримки прийняття рішень оперативного планування ГПЗСГ забезпечує формальний опис предметної галузі з урахуванням особливостей формування даних та їх використання різними користувачами, що вирішують різного роду інформаційні задачі. Встановлено, що до складу БД відповідної інформаційної системи входить 7 таблиць, які мають системні взаємозв'язки між їх атрибутами.

Розділ 5

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ЗАГОТІВЛІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ НА ТЕРИТОРІЇ ГРОМАДИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

У цьому розділі представлено результати досліджень, що забезпечили розробку інформаційної системи підтримки прийняття рішень (ІСППР) для оперативного планування ГПЗСГ. Для цього, насамперед, виконано загальний опис запропонованої системи підтримки прийняття рішень, у якій використано розроблені моделі та інформаційну технологію.

Запропонована архітектура ІСППР передбачає створення п'яти взаємопов'язаних підсистем, які пов'язані з БД. Ця інформаційна система являє собою програмний додаток, який забезпечує підтримку прийняття управлінських рішень під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій. Користувачі (виробники продовольчої сировини) запропонованої ІСППР мають доступ до візуалізованих даних щодо обсягів постачання ними продовольчої сировини в переробний цех за заданий період, а також його вартість відповідно до укладених угод. Також вони мають доступ до даних щодо часу відвантаження продовольчої сировини та її обсягу. Проектні менеджери мають доступ до даних усіх користувачів, а також сформованих оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій для окремої доби та нарядів на виконання робіт.

Ми описали роботу окремих підсистем ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ врахувавши динаміку взаємодії окремих об'єктів у часі. Для цього ми побудували діаграми послідовності виконання завдань у окремих підсистемах збору та попередньої обробки даних, аналітичного опрацювання потрібної інформації (відповідає за виконання завдань прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади, кількісного оцінення складових виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території

громади, визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади), формування раціональних рішень (відповідає за виконання завдання оцінення ефективності оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади) у нотації UML [162; 22; 6; 41]. Запропонований інтерфейс web-орієнтованої системи забезпечує виконання основних задач із підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

5.1. Архітектура інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини

Запропоновану ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ реалізовано у вигляді web-додатка, який представляє з себе трирівневу клієнт-серверну архітектуру. Зазначена архітектура – це окремий архітектурний шаблон для розробки програмного додатка, який має низку переваг порівняно із іншими стосовно особливостей створення розподілених мережових додатків. Саме він забезпечує координацію та виконання обміну потрібними даними між додатками [118].

Модель координації типу «клієнт-сервер» забезпечує розподіл дій між окремими клієнтами та сервером. У вибраній моделі виділено такі три рівні виконання множини дій [123]:

- ✓ рівень представлення даних, який являє собою інтерфейс користувачів. На цьому рівні виконується подання даних для користувачів та виконується зчитування команд, які вводять окремі користувачі;
- ✓ рівень прикладного програмного забезпечення на якому реалізуються основні дії щодо підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час

надзвичайних ситуацій у програмному додатку та виконується потрібна обробка даних;

✓ рівень керування базою даних на якому зберігаються потрібні дані та за потреби надається доступ до цих даних.

Схема взаємодії основних компонент ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ представлена на рис. 5.1.

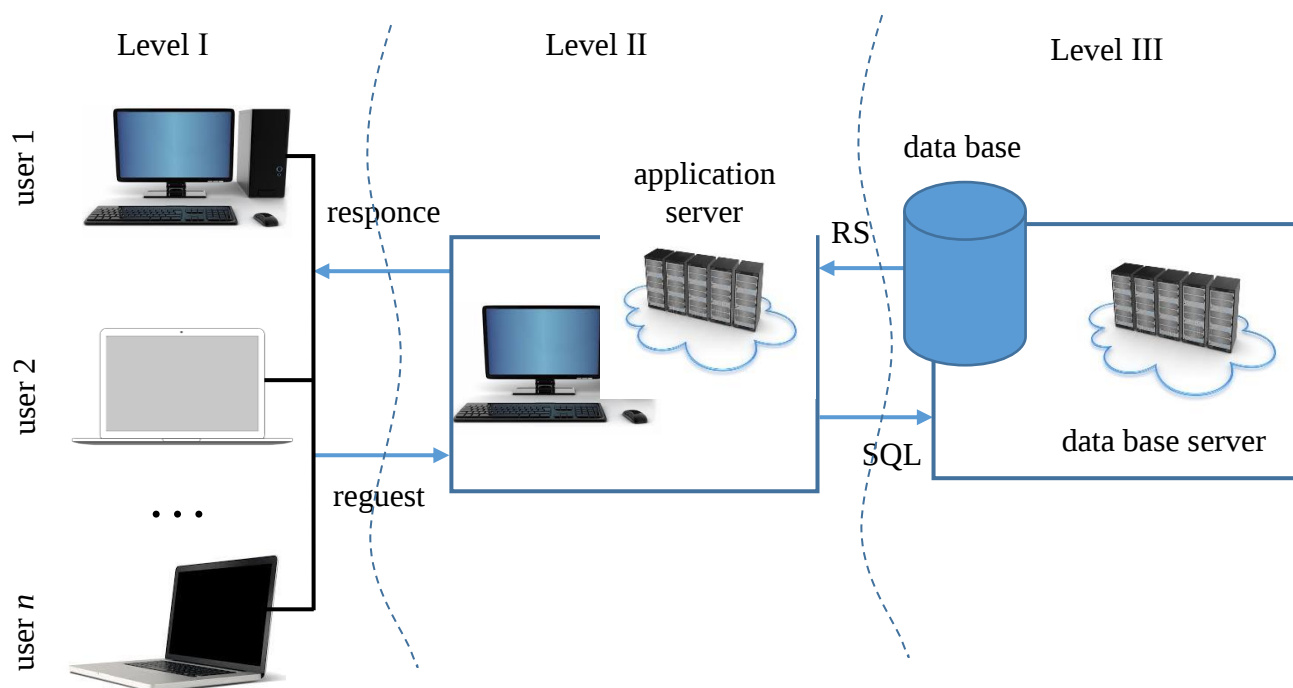


Рисунок 5.1 – Загальна схема архітектури ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ: Level I – рівень представлення даних; Level II – рівень прикладного програмного забезпечення; Level III – рівень керування БД

Функціональні можливості запропонованої ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ забезпечуються розробленими програмними додатками. Зокрема, у ній використовується розроблене програмне забезпечення для прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади із використання штучних нейронних мереж, формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій та визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на підставі розроблених моделей та алгоритмів мовою

програмування Python. Передбачено, що отримані дані обробляються запропонованою інформаційною системою підтримки прийняття рішень і у подальшому зберігаються у базі даних, яка управляється системою керування реляційними базами даних MySQL.

Враховуючи результати виконаних досліджень, що представлені у роботах [44; 42; 14; 4], встановлено потребу проведення попередньої обробки неузгоджених даних на підставі використання відповідних підходів до їх заповнення та об'єднання. Окрім того, під час проектування ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ слід розв'язувати інформаційну задачу щодо інтеграції даних, оскільки у зазначеній інформаційній системі окремі задачі вирішуються різними її підсистемами. Під інтеграцією даних розуміється їх об'єднання із різних джерел та у подальшому надання уніфікованих даних користувачам [17]. Тобто, пропонується ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ повинна забезпечувати обмін інформацією між її підсистемами, а також їх передачу до БД, що забезпечує своєчасну їх обробку та використання.

Запропонована архітектура проектованої ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ дає можливість забезпечити інтеграцію інформації на підставі її впорядкування та агрегацію під час передавання між складовими запропонованої системи. При цьому пропонується використовувати інтегровану інформаційну технологію обробки інформації (I_{integ}) у запропонованій інформаційній системі підтримки прийняття рішень, яка стосується трьох її складових:

$$I_{integ} = \{I_{search}, I_{com}, I_{BD}\}, \quad (5.1)$$

де I_{search} – інтеграція під час добування інформації із окремих джерел; I_{com} – інформаційна комунікація із додатками інформаційної системи підтримки прийняття рішень; I_{BD} – інтеграційні взаємозв'язки у БД інформаційної системи.

Інтеграційні інформаційні взаємозв'язки у БД запропонованої інформаційної системи стосуються окремих її підсистем та вирішуваних задач, які означено у формулі (2.10):

$$I_{BD} \in (I_{col} \Leftrightarrow I_{for} \Leftrightarrow I_{anal} \Leftrightarrow I_{scen} \Leftrightarrow I_{stor}), \quad (5.2)$$

де I_{col} – інформація із підсистеми збирання та підготовки потрібних даних; I_{for} – інформація із підсистеми прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади; I_{anal} – інформація із підсистеми аналітичної обробки даних; I_{scen} – інформація із підсистеми формування раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади; I_{stor} – інформація із підсистеми зберігання та візуалізації даних.

Інтеграція під час видобутку інформації із окремих джерел даних здійснюється у рівні представлення даних (Level I). При цьому збір даних відбувається як від виробників продовольчої сировини, так і з інших джерел, які містять дані про стан виробничих та природно-кліматичних умов на території громади, де заготовлюється продовольча сировина. Пропонується виконувати видобуток даних на основі Web-технологій та програм парсерів сайтів із виробничими та природно-кліматичними умовами на території заданої громади.

Інтеграція із використанням Web-технологій реалізовується у підсистемі збирання та підготовки потрібних даних. Вона передбачає використання методів обробки та подання даних щодо обсягів виробництва та постачання продовольчої сировини, а також виробничих та природно-кліматичних умов із використанням окремих видів Web-технологій. При цьому, збереження та передача отриманих даних здійснюється із використанням мови розмітки XML, яка призначена для зберігання та передавання даних, що забезпечує організацію взаємодії із окремими застосуваннями [31]. Пошук потрібної інформації забезпечують окремі програми та програми-парсери, а взаємодія їх із окремими

підсистемами виконується із використанням мови XML. Програми-парсери для збору даних про виробничі та природно-кліматичні умови базуються на моделях, які враховують вимоги до даних окремих користувачів [7].

На рівні прикладного програмного забезпечення (Level II) відбуваються інтеграційні взаємозв'язки між складовими запропонованої інформаційної системи і вони стосуються окремих підсистем збору та підготовки потрібних даних, прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади, аналітичної обробки даних, формування раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади та зберігання даних.

Інтеграція даних на рівні керування базою даних (Level III) виконується із використанням СУБД, що забезпечує запис та зчитування потрібної інформації із сформованих таблиць із даними. У запропонованій ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ БД забезпечує накопичення даних, які структуруються, а також метаданих щодо характеристик проектного середовища, які впливають на виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. Сформована БД забезпечує потрібною інформацією окремі програмні модулі проекрованої ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ. Характеристика окремих підсистем запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень та їх функції наведені у таблиці 5.1.

Враховуючи те, що між зазначеними у табл. 5.1 підсистемами ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ наявна інтеграція, слід передбачити механізми кооперації процесів із файлами, які вміщують дані різних форматів та відповідно інформація із них потрібна для використання у окремих підсистемах. Для цього передбачено підсистему збирання та підготовки потрібних даних (*SCP*), яка забезпечує наповнення БД на підставі системи керування реляційними базами даних MySQL. Досить часто під час надзвичайних ситуацій, з різних причин (відсутність доступу до мережі Internet, відсутність електроенергії, не внесення у базу даних відповідальними особами) такі дані вчасно із окремих *j*-х господарств у *d*-у добу не надходять,

Таблиця 5.1 – Характеристика підсистем ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ

Підсистема	Опис та виконувані дії	Вхідні дані	Вихідні дані
1	2	3	4
Підсистема збору та підготовки потрібних даних (<i>SCP</i>).	Збір інформації про господарства-виробники продовольчої сировини, виробничі та природно-кліматичні умови на території громади; отримані із Google Maps Platform та мережі Інтернет, характеристики технічних засобів для заготівлі продовольчої сировини. Отримані дані зберігають у таблицях SQL та за потреби використовують у модулях інформаційної системи. Підготовка даних із використанням платформи Mito.	Дані, внесені зареєстрованими користувачами (ОПР) та проектними менеджерами окремих громад, дані, отримані із сервісів Google Maps Platform та сайтів прогнозування погоди, сайтів із характеристиками технічних засобів для заготівлі продовольчої сировини.	Дані про кількість господарств-виробників продовольчої сировини (N_{fi}), у яких здійснюється її заготівля на території громади, їх територіальне розташування, обсяги надходження продовольчої сировини (Q_{jd}) з j -го господарства у d -у добу, що відображають виробничі умови громади. Для кожної із d -х діб дані про середньодобову температуру (T_d) та тиск (P_{rd}), які відображають природно-кліматичні умови громади. Дані про наявні ресурси (R_m) для заготівлі продовольчої сировини.
Підсистема прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади (<i>SFV</i>).	Прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади із використанням обґрунтованої моделі машинного навчання SARIMA.	Вихідні дані із підсистеми їх збору та підготовки (<i>SCP</i>).	Заповнена множина пропущених даних про обсяги надходження продовольчої сировини (Q_{jd}) із j -го господарства у d -у добу.
Підсистема аналітичної обробки даних (<i>SAD</i>).	Формування бази знань на основі даних <i>SCP</i> та <i>SFV</i> , що забезпечує кількісну оцінку складових виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини.	Результати виробничих спостережень. Вихідні дані із підсистем <i>SCP</i> та <i>SFV</i> .	Знання про тривалість (t_i) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини для виробничих умов заданої громади.

продовження табл. 5.1

1	2	3	4
Підсистема формування раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади (SRS)	Формування маршрутів із використанням удосконаленого алгоритму. Визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади на основі запропонованої моделі, сформованої БД та знань у підсистемах SCP, SFV та SAD.	Вихідні дані із підсистем SCP, SFV та SAD.	Сформовані маршрути та визначений раціональний сценарій виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади.
Підсистема зберігання та візуалізації даних (SSV)	Використовується створений масштабований веб-додаток на платформі Angular, завдяки якому користувачі мають доступ до ІСППР для оперативного планування ГПЗСГ, надання доступу до даних окремих користувачів залежно від їх ролі.	Дані та знання, які сформовані у відповідних базах, до яких мають доступ користувачі залежно від їх ролей.	Таблиці та графіки на окремій сторінці веб-додатку, до яких мають доступ користувачі залежно від їх ролей.

що потребує виконання прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини для цих господарств на поточну добу. Для цього пропонується окрема підсистема прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади (SFV).

Заготівля продовольчої сировини на території громад під час надзвичайних ситуацій виконується у специфічних виробничих умовах, що зумовлює формування відповідної бази знань. При цьому знання щодо тривалостей (t_i) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини для виробничих умов заданої громади отримують завдяки підсистемі аналітичної

обробки даних (*SAD*). Вона функціонує на основі результатів виконуваних дій у підсистемах *SCP* та *SFV*, що дає можливість кількісно оцінити складові виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади та побудувати їхні моделі.

Основними функціями запропонованої системи підтримки прийняття рішень є збір, заповнення пропущених та обробка потрібних даних про виробничі та природно-кліматичні умови громади, а також на їх основі створення оперативного плану ГПЗСГ. Для цього у підсистемі формування раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади (*SRS*) передбачено формування маршрутів із використанням удосконаленого алгоритму, а також на їх основі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади із використанням запропонованої у роботі моделі та сформованих БД та знань у підсистемах *SCP*, *SFV* та *SAD*.

На підставі проведених досліджень розроблено масштабований веб-додаток на платформі Angular, завдяки якому користувачі мають доступ до ІСППР, що забезпечує оперативне планування ГПЗСГ. При цьому надання доступу до даних окремих користувачів, залежно від їх ролі, є різним. У результаті користувачі отримують у вигляді таблиць та графіків на окремій сторінці веб-додатка, доступ до різної інформації залежно від їх ролей, в тому числі і оперативний план заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

З метою ідентифікації взаємодії об'єктів у окремих підсистемах (збору та підготовки потрібних даних (*SCP*), прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини на території громади (*SFV*), аналітичної обробки даних (*SAD*) та формування раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади (*SRS*)) ІСППР оперативного планування ГПЗСГ, виконано впорядкування їх за часом прояву на підставі діаграм послідовності (Sequence Diagram) у загальновідомій нотації UML.

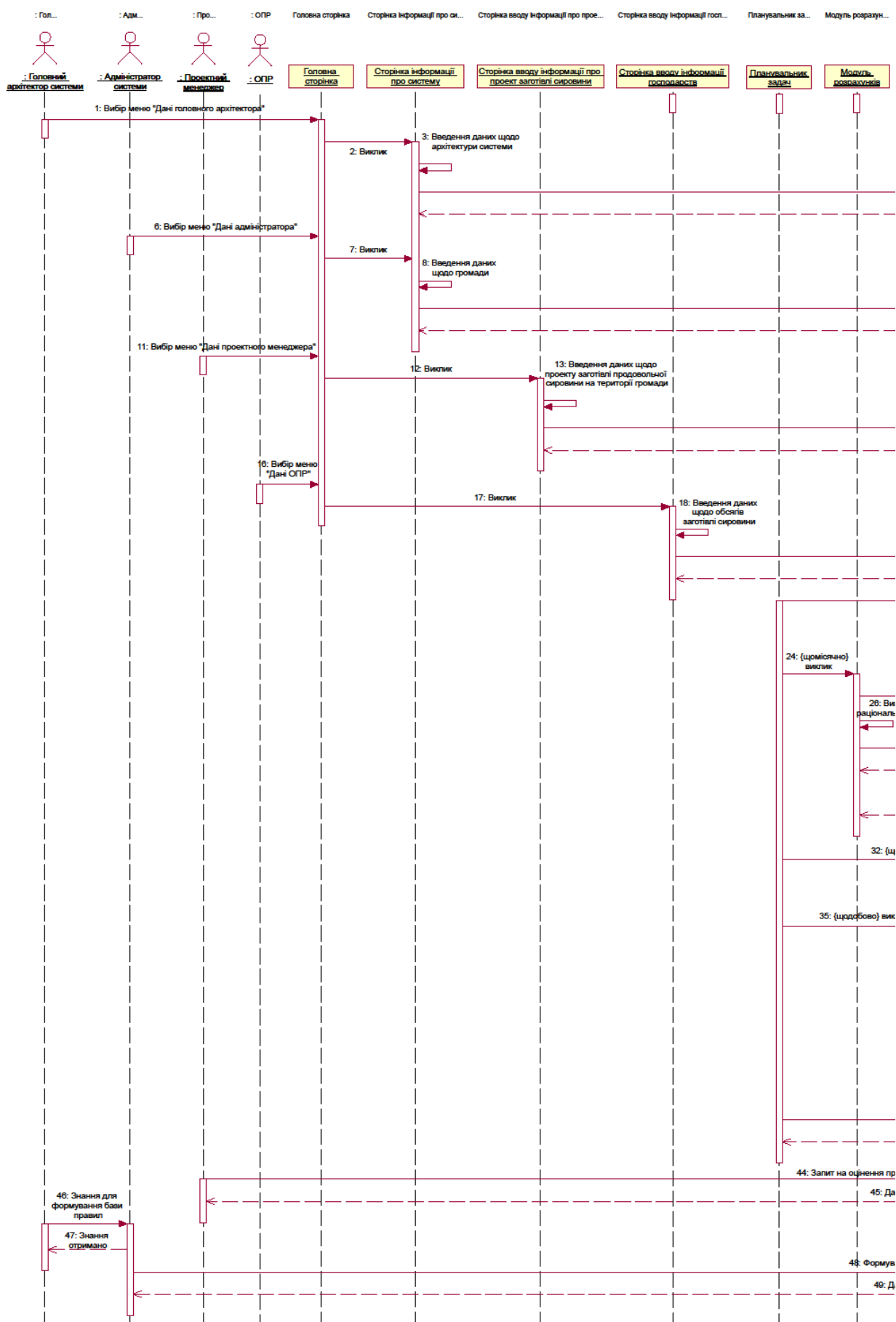


Рисунок 5.2 – Діаграма послідовності виконання задач у підсистемі збору та підготовки потрібних даних (*SCP*) (початок)

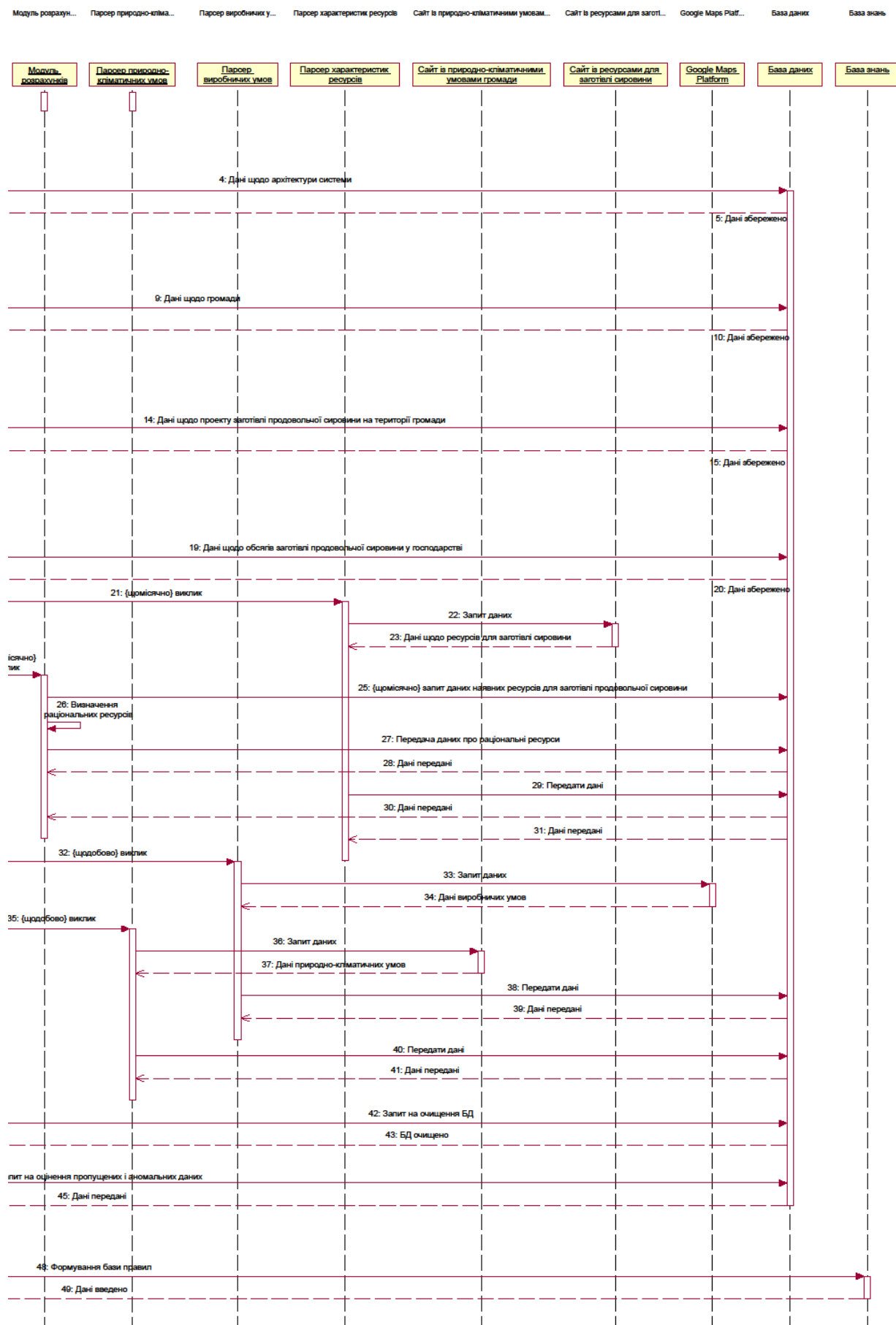


Рисунок 5.2 – Діаграма послідовності виконання задач у підсистемі збору та підготовки потрібних даних (*SCP*) (завершення)

Окрім того, для відображення взаємодії об'єктів підсистеми зберігання та візуалізації даних (SSV), їх подано у взаємозв'язку із об'єктами інших підсистем запропонованої СППР оперативного планування ГПЗСГ. Розроблену діаграму послідовності виконання задач у підсистемі збору та підготовки потрібних даних (SCP) представлено на рис. 5.2.

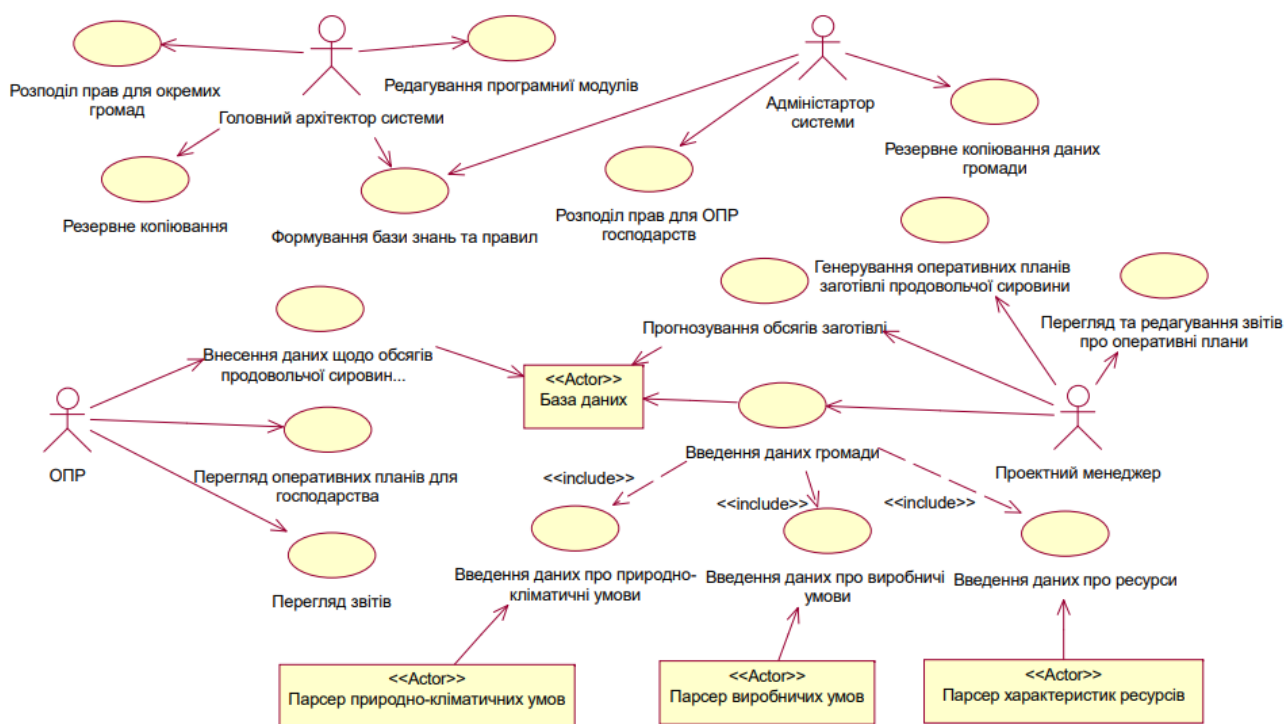


Рисунок 5.3 – Діаграма варіантів використання СППР оперативного планування ГПЗСГ

З метою представлення основних функцій користувачів СППР оперативного планування ГПЗСГ розроблено діаграму варіантів використання (рис. 5.3) із використанням уніфікованої мови моделювання UML.

Головний архітектор системи має повні права на управління СППР оперативного планування ГПЗСГ у регіоні або державі. Він забезпечує формування бази знань та правил на рівні цілої системи, забезпечує розподіл прав доступу до інформаційною системи підтримки прийняття рішень між окремими громадами, здійснює додавання громад, їх видалення та редагування даних про них. При цьому головний архітектор системи відповідає за розвиток

системи, правки у її модулях та забезпечує підтримання функціонування БД, а також виконання їх резервних копій.

Адміністратор системи окремої громади володіє окремими правами щодо управління ІСППР оперативного планування ГПЗСГ. Він розподіляє право доступу до інформаційної системи між користувачами – господарствами виробниками продовольчої сировини. Адміністратор забезпечує розподіл прав доступу до інформаційною системи підтримки прийняття рішень між окремими господарствами, здійснює їх додавання, їх видалення та редагування даних про них. Також адміністратор системи окремої громади забезпечує підтримку функціонування БД на рівні окремої громади, а також забезпечує створення її архівів та копій.

У запропонованій системі підтримки прийняття рішень збору даних для оперативного планування ГПЗСГ здійснюється із різних джерел. Дані про обсяги заготівлі продовольчої сировини вносяться ОПР окремих господарств. Окрім того, здійснюється автоматизований збір даних про виробничі та природно-кліматичні умови, а також характеристики використовуваних ресурсів. Для цього використовуються спеціалізоване програмне забезпечення – програми-парсери. Вони забезпечують витяги даних із сайтів.

Проектний менеджер забезпечує введення даних та їх перевірку на рівні окремих ГПЗСГ. За наявності пропущених даних та їх аномалій виконується прогнозування із використанням моделей машинного навчання. Окрім того, проектний менеджер виконує генерування оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади для окремих ГПЗСГ. Він отримує доступ до перегляду та редагування звітів про оперативні плани заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Роль ОПР відводиться господарствам-виробникам продовольчої сировини, які є користувачами, що вносять дані про обсяги виділення продовольчої сировини для її заготівлі. ОПР отримує доступ до перегляду оперативних планів заготівлі продовольчої сировини для свого господарства, а також звітів щодо участі у проектах за попередні періоди.

5.2. Реалізація основних функцій інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини

Реалізація основних функцій запропонованої ІСППР оперативного планування ГПЗСГ забезпечується на підставі створення web-інтерфейсу, написання програмних модулів, збору даних користувачів та автоматизованого збору даних із використанням технологій парсингу та машинного навчання, створення, налаштування та наповнення БД і баз знань, а також забезпечення інтеграції між підсистемами запропонованої інформаційної системи.

Робота із запропонованою ІСППР оперативного планування ГПЗСГ починається у web-інтерфейсі із авторизації окремих користувачів (рис. 5.4).

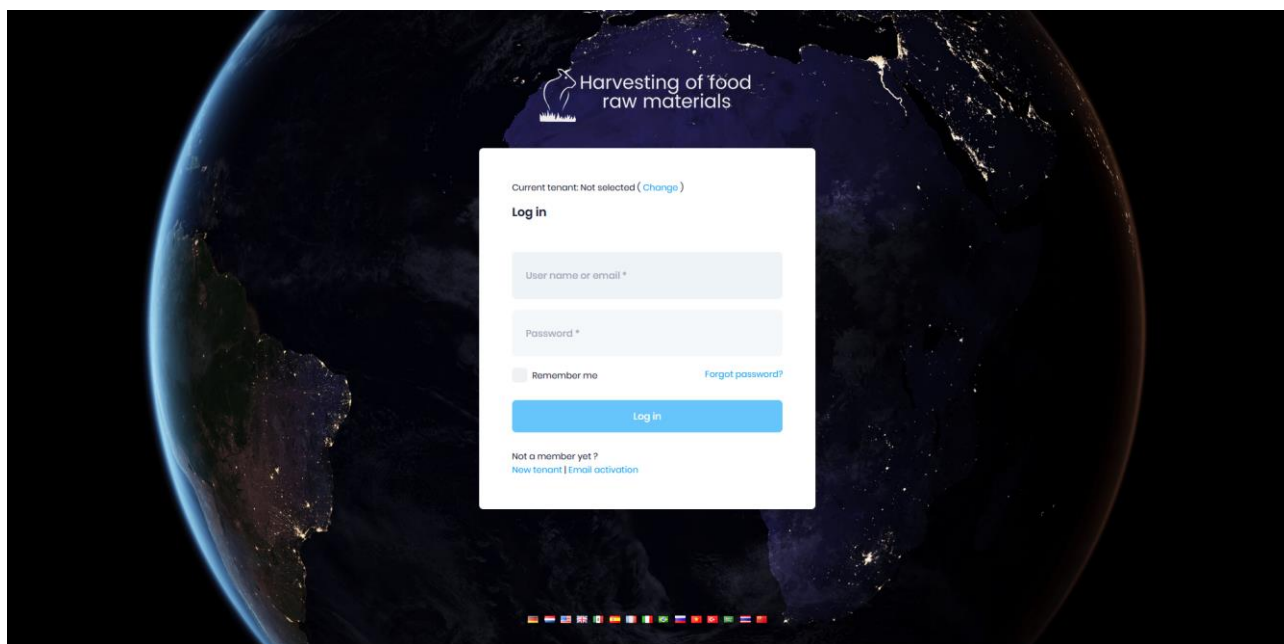


Рисунок 5.4 – Головна сторінка запропонованої ІСППР оперативного планування ГПЗСГ

При цьому для окремих користувачів, залежно від їх повноважень, доступні складові меню розробленого web-сайту.

Після реєстрації окремі ОПР виконують вхід у ІСППР оперативного планування ГПЗСГ. Для цього слід ввести ім'я окремого користувача та свій пароль на головній сторінці (рис. 5.4).

Для виконання реєстрації окремих користувачів ІСППР оперативного планування ГПЗСГ використовують меню «Реєстрація», в якому передбачено введення: назви господарства (або прізвища та ініціалів для фізичних осіб); запропонованого виду господарства (1 – господарство населення, 2 – селянське фермерське господарство, 3 – приватне сільськогосподарське підприємство); територіального розташування господарства-виробника продовольчої сировини; наявності виробничих ресурсів (одиниць молочних корів, м'ясних тварин, посівних площ тощо); продуктивності виробничих ресурсів, літрів/рік (т/рік, га) та частки (%) використання продовольчої сировини на власні потреби; номера телефону; адреси електронної пошти, а також придуманого пароля для входу у систему. Після завершення процедури реєстрації, інформаційна система відправить підтвердження на вказану електронну адресу ОПР. Це дає можливість переконатися, що вказана адреса електронної пошти є правильною, а також створений обліковий запис у повній мірі підготовлений до використання у інформаційній системі.

На наступному етапі адміністратор громади перевіряє дані ОПР, а також уточнює територіальне розташування пункту заготівлі (переробки) продовольчої сировини (населений пункт) та господарств-виробників продовольчої сировини на території громади задавши точні їх координати широти та довготи (рис. 5.5).

The image displays two side-by-side web forms for depot creation. The left form, titled 'Create Depot', has a search bar with 'Zabolottsi' entered. Below it is a map showing the Zabolottsi area with a red pin. The form includes fields for 'Address *' (2XPH+J7 Zabolottsi, Lviv Oblast, Ukraine), 'Latitude *' (50.0385329), 'Longitude *' (24.9781499), and 'Name *' (Zabolottsi Depot). The right form, titled 'Create Data', has a search bar with 'Великі переліски' entered. Below it is a map showing the Volyky Perelisky area with a red pin. The form includes fields for 'Address *' (2WPG+5V Volyky Perelisky, Lviv Oblast, Ukraine), 'Latitude *' (50.0354903), 'Longitude *' (24.9398767), 'Amount to submit *' (29), and a dropdown for 'Select Depot to Store *' (Zabolottsi Depot - 2XPH+J7 Zabolottsi, Lviv Oblast, Ukraine). Both forms have 'Cancel' and 'Save' buttons at the bottom.

Рисунок 5.5 – Уточнення адміністратором територіального розташування пункту заготівлі (переробки) продовольчої сировини (населений пункт) та господарств-виробників продовольчої сировини на території громади із додаванням зображень мапи громади через Maps Static API

Це дає можливість виконати підключення матриць відстаней між господарствами-виробниками продовольчої сировини на території громади та пунктом її заготівлі (переробки), задати виробничі умови, а також підключити модулі прогнозування сезонних обсягів надходження сировини, формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини та визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час реалізації ГПЗСГ (рис. 5.6).

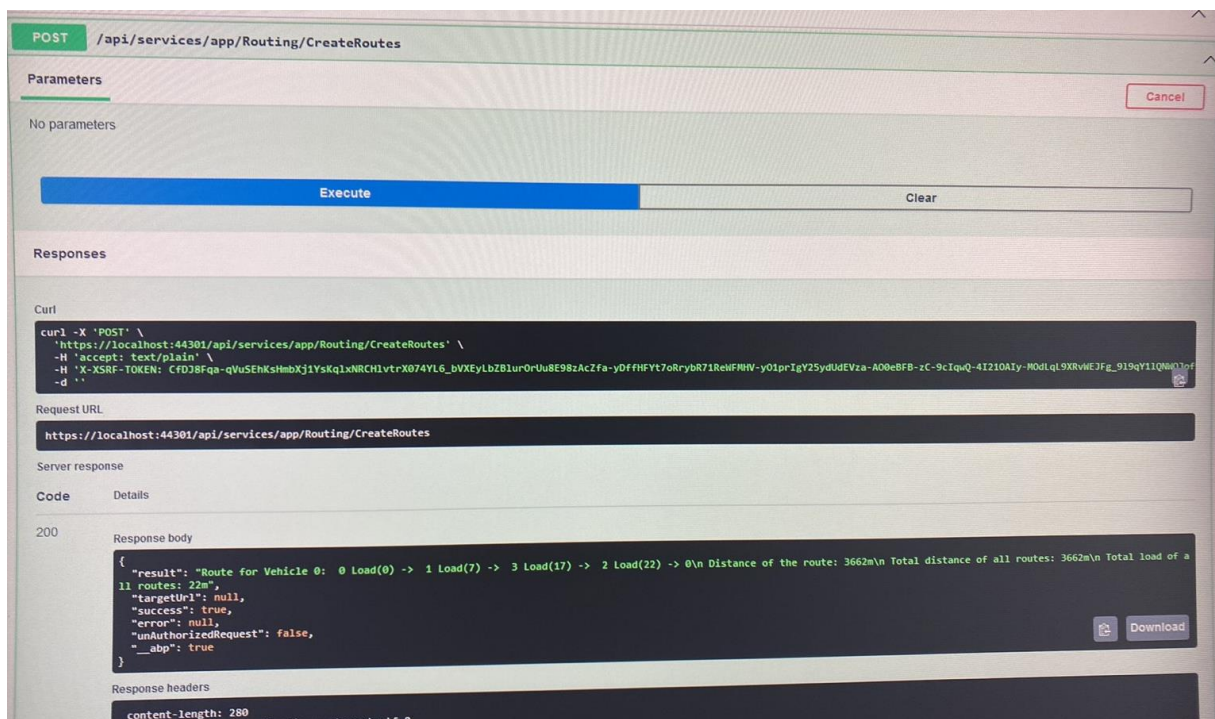


Рисунок 5.6 – Вікно із підключенням матриць відстаней між господарствами-виробниками на території громади, виробничих умов та основних модулів

Адміністратори окремих громад, на території яких планується заготівля продовольчої сировини, мають можливість надавати доступ до інформаційної системи новим користувачам (ОПР) громади, аналізувати їхні характеристики, за умови, що вони попередньо зареєструвалися та ввійшли у систему. При цьому окремі користувачі (ОПР) громад, можуть змінювати характеристики профілю із використанням функції налаштування профілю з відображенням.

Також, адміністратори окремих громад, на території яких планується заготівля продовольчої сировини, мають можливість додавати та видаляти окремі господарства громади, у яких заготовлюється продовольча сировина, а також доступні ресурси для виконання заготівельних робіт (рис. 5.7).

Confirm delete Depot

"Are you sure you want to delete **Home depot**? Please type '**delete me**' to continue"

Cancel
Confirm

Create Vehicle

Name *

Capacity *

Select Depot *

Cancel
Save

Harvesting of food raw materials

- Dashboard
- Depots
- Vehicles**
- Data
- Administration
- Demo UI Components

Default\admin

Vehicles

+ Create new Vehicle

Name ↑↓	Capacity ↑↓	Depot ↑↓	Creation Time ↑↓	Actions
Renault Trafic	2000	Zabolotssi Depot	1/2/23	Actions

Total: 1

<<

<

1

>

>>

10

Рисунок 5.7 – Меню із додаванням та видаленням господарств-виробників та ресурсів для заготівлі продовольчої сировини на території громади

Окрім того, адміністратори окремих громад, на території яких планується заготівля продовольчої сировини, аналізують коректність формування БД із

виробничими умовами заготівлі продовольчої сировини на території громади (рис. 5.8).

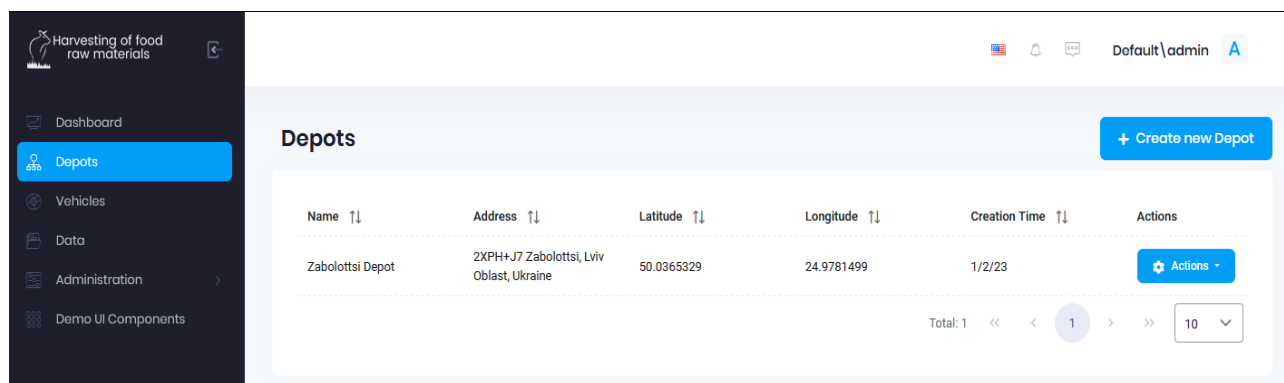


Рисунок 5.8 – Меню із відображенням складових виробничих умов заготівлі продовольчої сировини на території громади

В результаті цього проектні менеджери заданої громади мають можливість використовувати статичні карти Maps Static API цієї громади, що забезпечує під час виконання оперативного планування отримання доступу до точного відображення територіального розташування господарств-виробників на території громади та пункту її заготівлі (переробки) (рис. 5.9). При цьому використовуються точні кількісні значення (широти та довготи), або ж рядки із точними адресами, визначення місць дислокації господарств. Вони у подальшому ідентифікуються через геокодування, що дає можливість відобразити розташування господарств-виробників продовольчої сировини на території громади та пункту її заготівлі (переробки) на мапі громади.

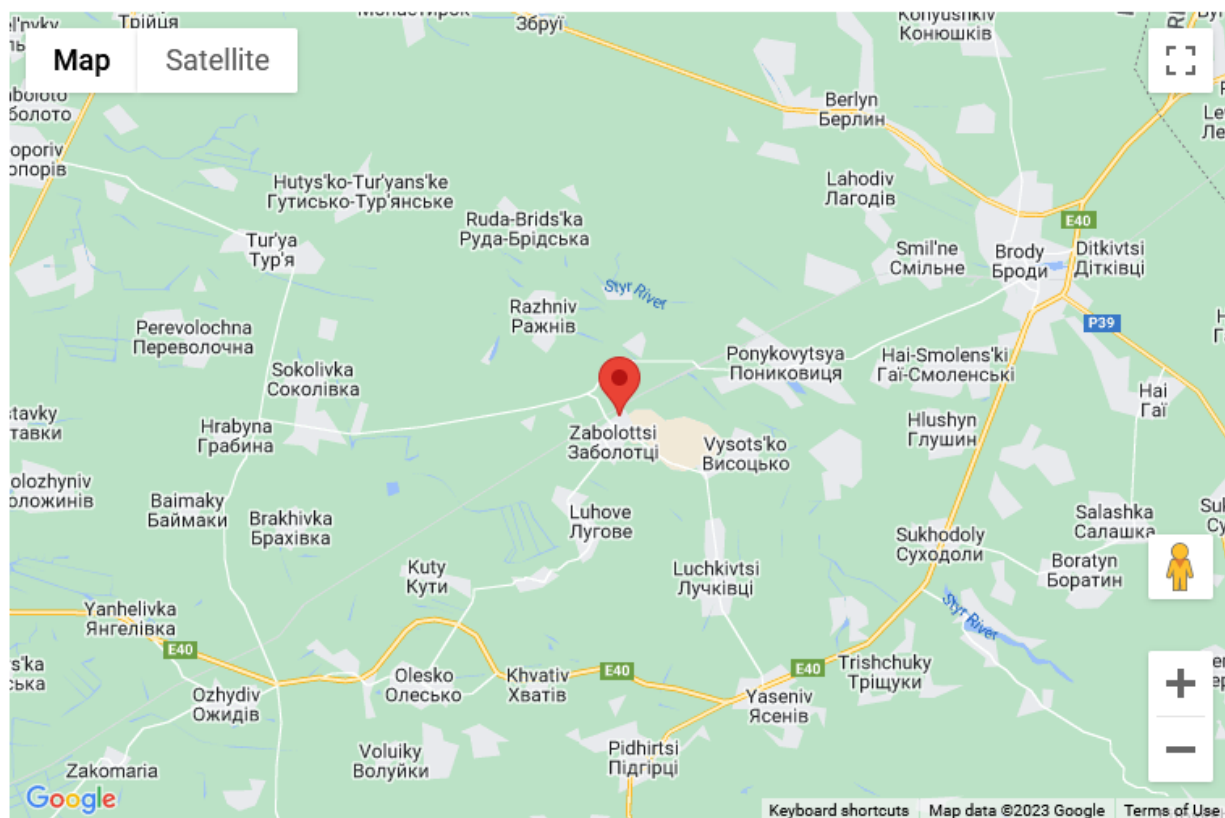
Проектні менеджери на підставі використання інформаційної системи підтримки прийняття рішень отримують оперативні плани заготівлі продовольчої сировини. При цьому частково доступ до них мають ОПР, які отримують інформацію щодо їх господарств.

Edit Depot



Search *

Example: Lviv, Svobody Ave



Address *

2XPH+J7 Zabolottsi, Lviv Oblast, Ukraine

Latitude *

50.0365329

Longitude *

24.9781499

Name *

Zabolottsi Depot

Cancel

Save

Рисунок 5.9 – Результати відображення розташування господарств-виробників продовольчої сировини на території громади та пункту її заготівлі (переробки) на мапі громади

На рис. 5.10 подано дизайн сторінки користувачів із результатами оперативного планування заготівлі продовольчої сировини.

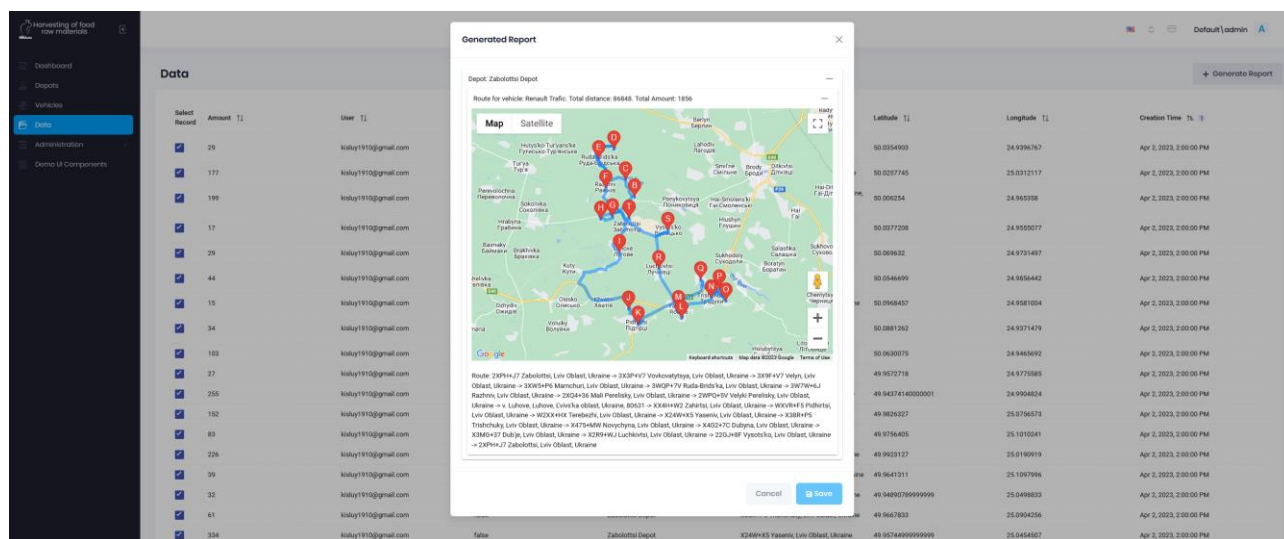


Рисунок 5.10 – Результати визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій для заданих виробничих умов

Зокрема, користувачі отримують результати визначення раціональних маршрутів руху автотранспортних засобів під час заготівлі продовольчої сировини, можливі сценарії виконання робіт, а також визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій для заданих виробничих умов.

У результаті використання інформаційної системи проєктні менеджери мають можливість отримати на окремій сторінці маршрут руху автотранспортних засобів під час заготівлі продовольчої сировини, який розраховується на підставі використання запропонованого алгоритму (п. 3.2) та візуалізується на карті громади. Також на цій сторінці подається черговість об'їзду автотранспортними засобами господарств-виробників, які здійснюють її доставку до пункту заготівлі (переробки). Отримана інформація є синхронізованою із картами Google.

Користувачі інформаційної системи мають можливість у відповідному меню бачити історію оперативного планування заготівлі продовольчої сировини, їх виконання, або ж стан планування на поточну дату заготівлі продовольчої сировини для умов заданої громади, як це представлено на рис. 5.10. За умови виконання нового оперативного плану ГПЗСГ, проектні менеджери уточняють дані щодо виробничих умов та наявних ресурсів. При цьому кожне задане господарство-виробник, повинно підтвердити свою участь у відповідному проекті, та подати дані щодо обсягів заготівлі у них продовольчої сировини, а також уточнити та за відсутності подати детальну інформацію про себе, включно з координатами на карті, адресами тощо.

5.3. Результати використання запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини

У роботі ми використали запропоновану ІСППР оперативного планування ГПЗСГ для умов Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Золочівського району Львівської області. Схема розташування окремих населених пунктів зазначеної територіальної громади, подана на рис. 5.11. На території зазначеної громади розосереджено господарства-виробники сировини у 18 населених пунктах. На підставі проаналізованих історичних даних цієї громади щодо виробничої складової проектного середовища за період 2018-2022 роки, а також проаналізованих даних щодо природно-кліматичної складової проектного середовища із використанням даних районованої метеорологічної станції та із використанням обґрунтованої моделі SARIMA (п. 3.1), ми зробили прогноз обсягів заготівлі молока для кожного із населених пунктів цієї громади. Отримані результати представлено у табл. Д.1 додатка Д.

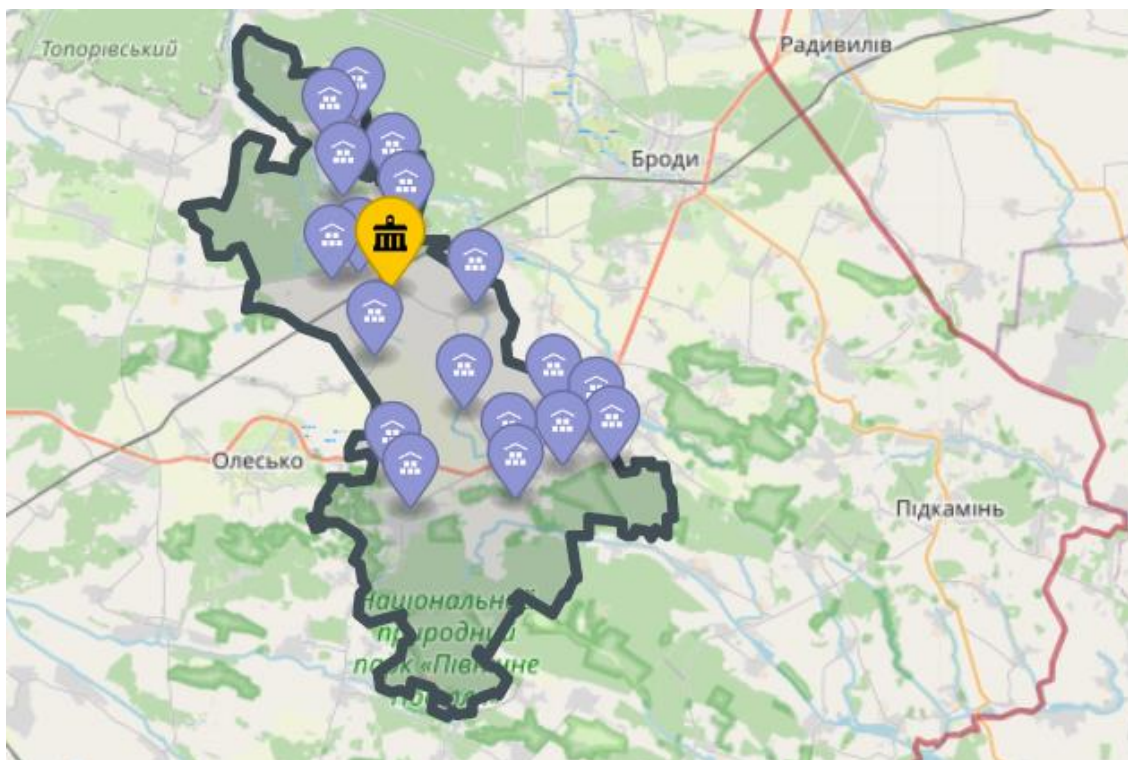


Рисунок 5.11 – Схема розташування населених пунктів Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Львівської області Золочівського району

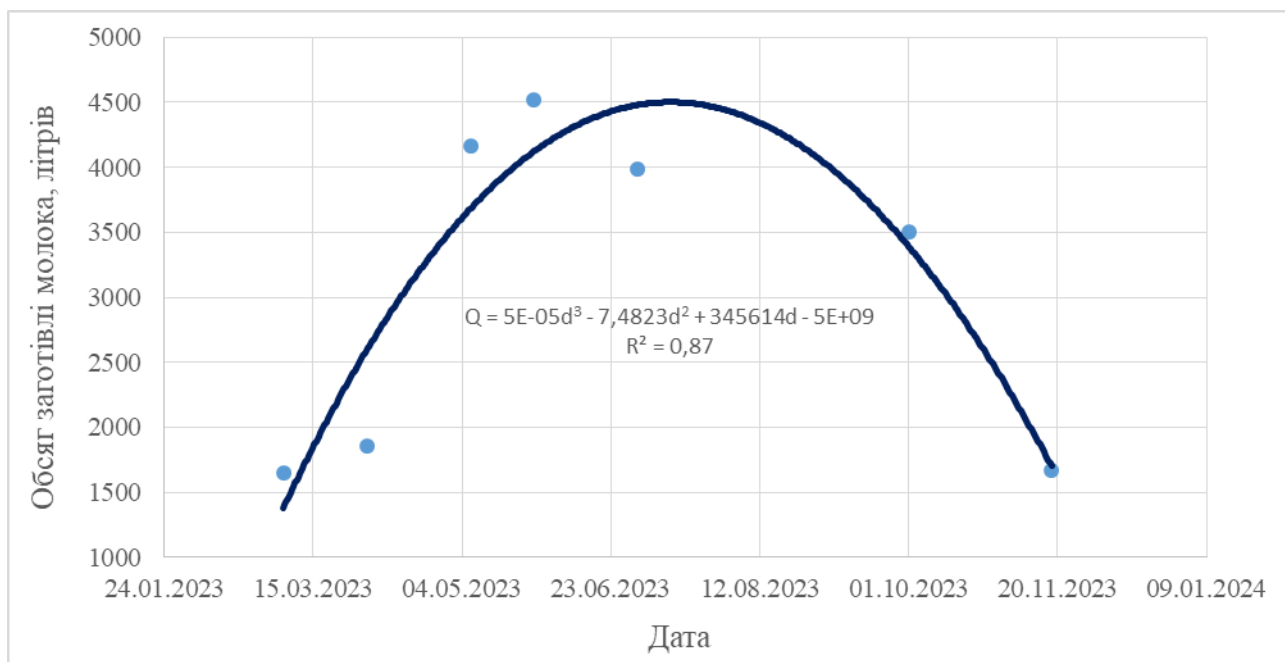


Рисунок 5.12 – Тенденції зміни прогнозованих обсягів заготівлі молока на території Заболотцівської об'єднаної територіальної громади

На підставі нашого дослідження ми виявили тенденції зміни прогнозованих обсягів заготівлі молока на території Заболотцівської об'єднаної територіальної громади (рис. 5.12). Для заготівлі молока в умовах зазначеної громади пропонується використовувати транспортний засіб Mercedes-Benz Sprinter 516 (Mercedes Sprinter II 2.2 CDI, термофургон 2014 р.в.), технічні характеристики якого подано у додатку Б (табл. Б.1).

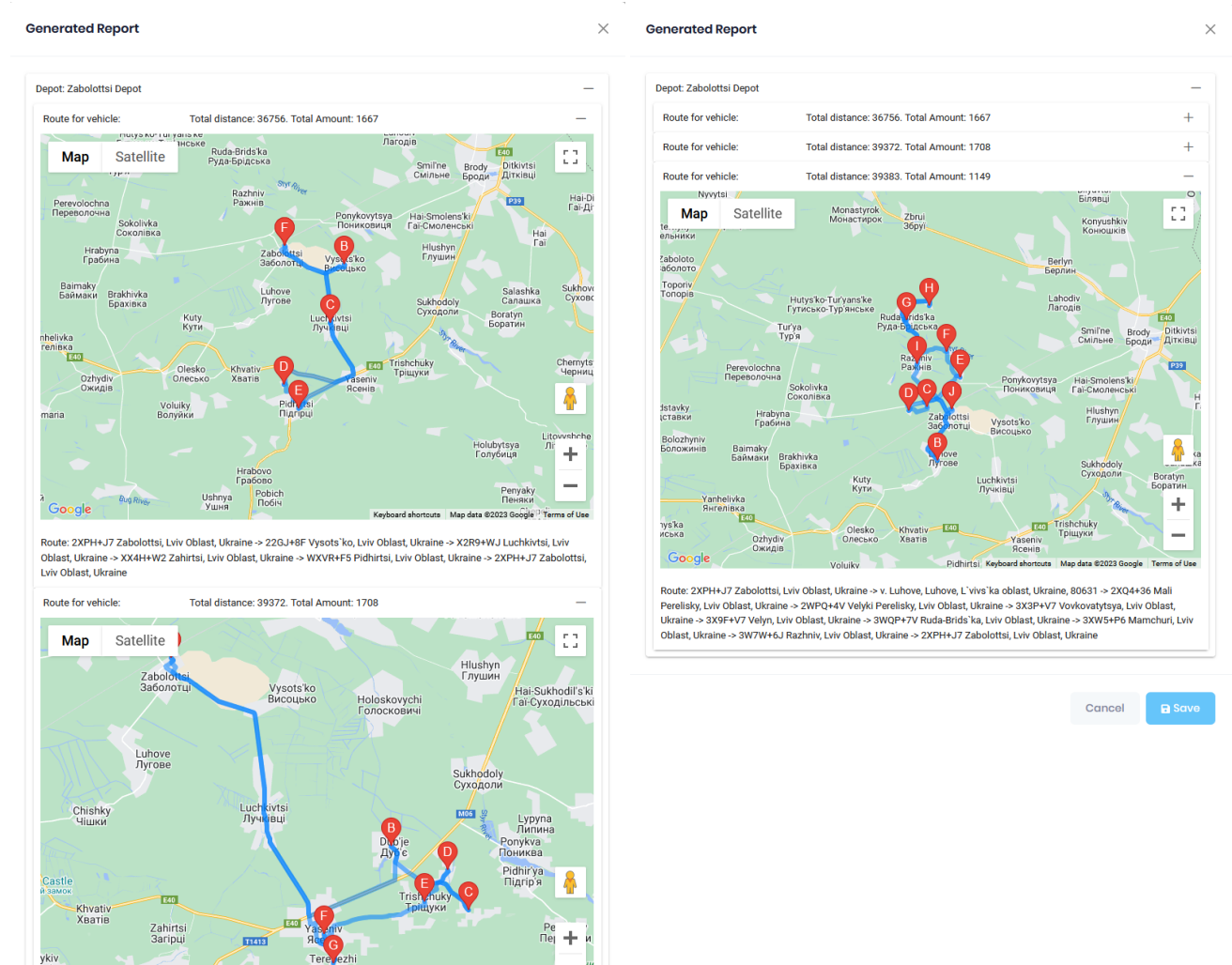


Рисунок 5.13 – Результати визначення раціонального сценарію та оперативного плану виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій (28.05.2023р.)

Показники виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій (28.05.2023р.) у розрізі окремих маршрутів представлено на рис. 5.14.

Route #1 for vehicle Mercedes-Benz Sprinter:

Settlement	Amount, tone	Distance, km	Duration, hours			Freight traffic, tone.km
			load	movement	unloading	
Zabolottsi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vysots'ko	0.430	4.710	0.270	0.130	0.000	2.030
Luchkiivtsi	0.550	4.560	0.350	0.100	0.000	4.470
Zahirtsy	0.066	9.250	0.040	0.180	0.000	9.680
Pidhirtsy	0.621	3.672	0.390	0.150	0.000	6.120
Zabolottsi	0.000	14.564	0.000	0.280	0.460	24.280
Total	1.667	36.756		2.350		46.570

Route #2 for vehicle Mercedes-Benz Sprinter:

Settlement	Amount, tone	Distance, km	Duration, hours			Freight traffic, tone.km
			load	movement	unloading	
Zabolottsi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dub'je	0.370	14.050	0.230	0.300	0.000	5.200
Novychyna	0.096	5.162	0.060	0.170	0.000	2.410
Dubyna	0.203	1.680	0.130	0.070	0.000	1.120
Trishchuky	0.149	1.340	0.090	0.070	0.000	1.100
Yaseniv	0.812	3.910	0.510	0.130	0.000	6.370
Terebezhi	0.078	1.210	0.050	0.050	0.000	2.070
Zabolottsi	0.000	12.020	0.000	0.283	0.470	20.530
Total	1.708	39.372		2.610		38.79

Route #3 for vehicle Mercedes-Benz Sprinter:

Settlement	Amount, tone	Distance, km	Duration, hours			Freight traffic, tone.km
			load	movement	unloading	
Zabolottsi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Luhove	0.484	3.500	0.304	0.100	0.000	1.694
Mali	0.042	6.600	0.026	0.200	0.000	3.472
Perelisky						
Velyki	0.072	1.500	0.045	0.067	0.000	0.897
Perelisky						
Vovkovatytsya	0.108	4.900	0.068	0.133	0.000	3.459
Velyn	0.072	2.300	0.045	0.067	0.000	1.789
Ruda-						
Brids'ka	0.084	5.200	0.053	0.183	0.000	4.482
Mamchuri	0.036	3.700	0.023	0.150	0.000	3.323
Razhniv	0.251	6.800	0.158	0.233	0.000	7.813
Zabolottsi	0.000	5.000	0.000	0.133	0.317	5.745
Total	1.149	39.383		2.300		32.67

Рисунок 5.14 – Показники виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій (28.05.2023р.) у розрізі окремих маршрутів

У результаті використання запропонованої ІСППР отримано оперативні плани ГПЗСГ для окремих діб календарного року, які представлено на рис. Е.1-Е.6 (додаток Е). Це дало можливість побудувати тенденції зміни показників виконання робіт із заготівлі молока на території заданої громади під час надзвичайних ситуацій у розрізі окремих діб календарного року (рис. 5.15).

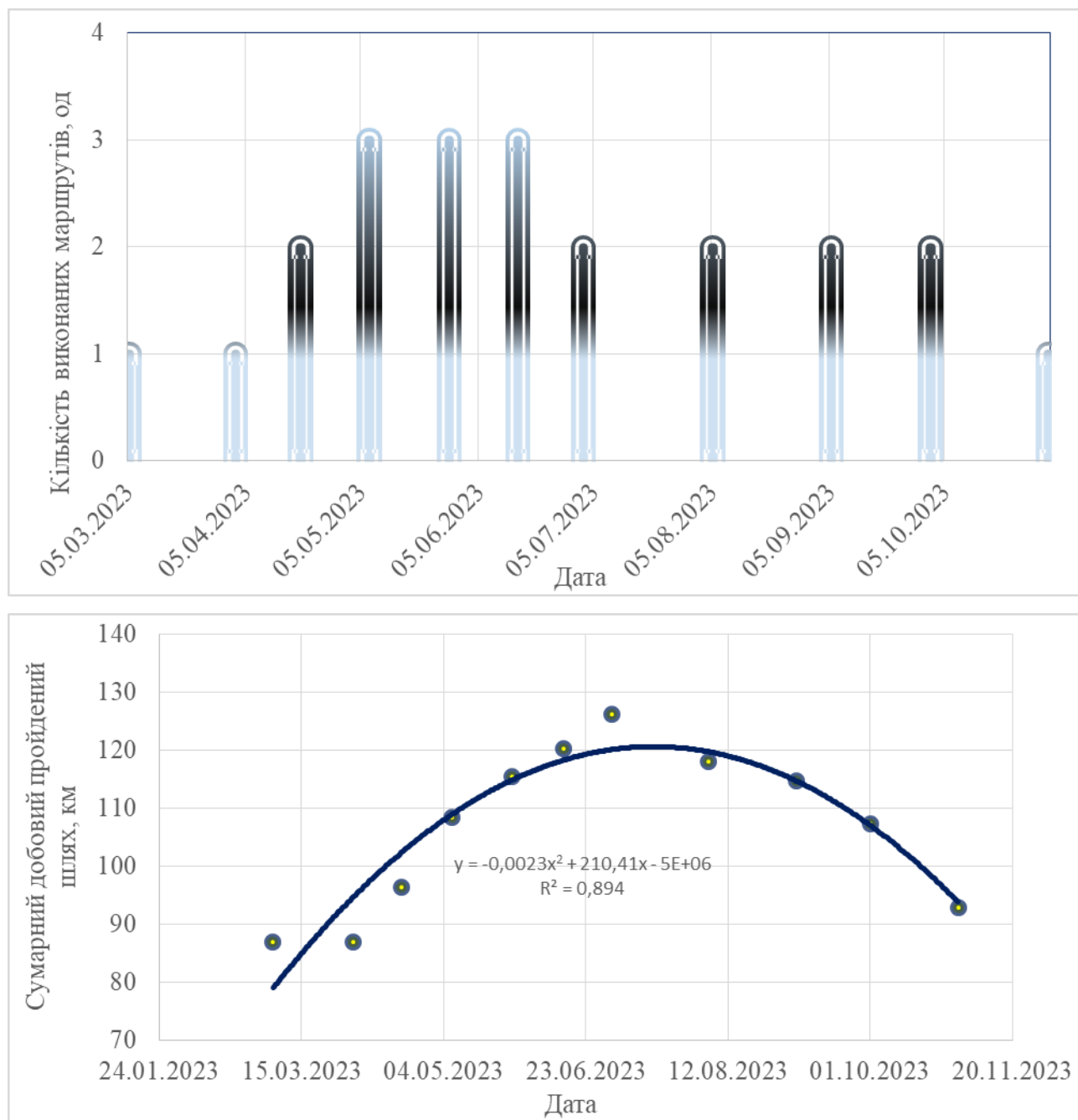


Рисунок 5.15 – Тенденції зміни показників виконання робіт із заготівлі молока на території заданої громади під час надзвичайних ситуацій у розрізі окремих діб календарного року

Встановлено, що оперативні плани для окремих діб заготівлі продовольчої сировини впродовж календарного року значно відрізняються між собою. Це підкреслює доцільність використання запропонованої ІСППР для створення щодобових оперативних планів заготівлі продовольчої сировини.

5.4. Результати визначення ефективності запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини

Визначення ефективності запропонованої ІСППР оперативного планування ГПЗСГ виконували на підставі використання запропонованої оціночної моделі:

$$E_{\text{ІСППР}} = \langle T_{\text{пр}}, D_{\text{ре}}, O_{\text{к}} \rangle, \quad (5.3)$$

де $E_{\text{ІСППР}}$ – ефективність запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини; $T_{\text{пр}}$ – показник тривалості прийняття рішень, с; $D_{\text{ре}}$ – показник достовірності оперативних планів заготівлі продовольчої сировини, %; $O_{\text{к}}$ – показник окупності запропонованої СППР, років.

Показник $(T_{\text{пр}})$ тривалості прийняття рішень під час оперативного планування ГПЗСГ відіграє важливе значення у зазначеній управлінській діяльності. Це пов'язано із тим, що на реалізацію таких проектів системно впливає множина виробничих, природно-кліматичних та ресурсних складових, нехтування якими зумовлює зростання ймовірності помилково прийнятого рішення. Це свідчить про доцільність системного розгляду множини альтернативних сценаріїв виконання заготівельних робіт, що практично неможливо зробити за ручного виконання розрахунків під час планування.

Водночас, трудомісткі розрахунки прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини та вибір ефективного сценарію із врахування мінливих складових умов громади майже неможливо виконати вручну, або ж на виконання таких розрахунків проектні менеджери витрачають багато часу. Отже, показник тривалості прийняття рішень відіграє важливу роль під час оперативного планування ГПЗСГ.

Оцінення показника тривалості прийняття рішень передбачає визначення витрати часу у секундах на визначення раціонального сценарію та створення оперативного плану виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Показник (D_{pe}) достовірності оперативних планів заготівлі продовольчої сировини визначається за відношенням:

$$D_{pe} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_j^{\text{correct}}, \quad (5.4)$$

де n – загальна кількість виконаних розрахунків, од; P_j^{correct} – частка правильних розрахунків під час визначення j -го раціонального сценарію заготівлі продовольчої сировини, %.

Під час визначення ефективності запропонованої інформаційної системи розглядалися та порівнювалися три варіанти оперативного планування заготівлі продовольчої сировини, де проектні менеджери використовують: 1) власний досвід та офісні програми; 2) власний досвід, офісні програми та онлайн сервіс «Della»; 3) запропоновану СППР.

При цьому онлайн сервіс «Della» використовується для визначення відстані між заданими населеними пунктами та тривалості руху транспортного засобу і візуалізації маршруту. Однак, онлайн сервіс «Della» не дає можливості визначити та сформулювати раціональний план заготівлі продовольчої сировини із врахуванням множини складових виробничих, ресурсних та природно-

кліматичних умов громади, які значною мірою зумовлюють ефективність виконання робіт та їх обмеження.

Ми порівняли показники тривалості (T_{np}) прийняття рішень та достовірності (D_{pe}) оперативних планів отриманих під час оперативного планування ГПЗСГ (табл. Ж.1, додаток Ж). Отримані результати дали можливість побудувати залежності показників ефективності підтримки прийняття рішень під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини від варіантів його виконання (рис. 5.16).

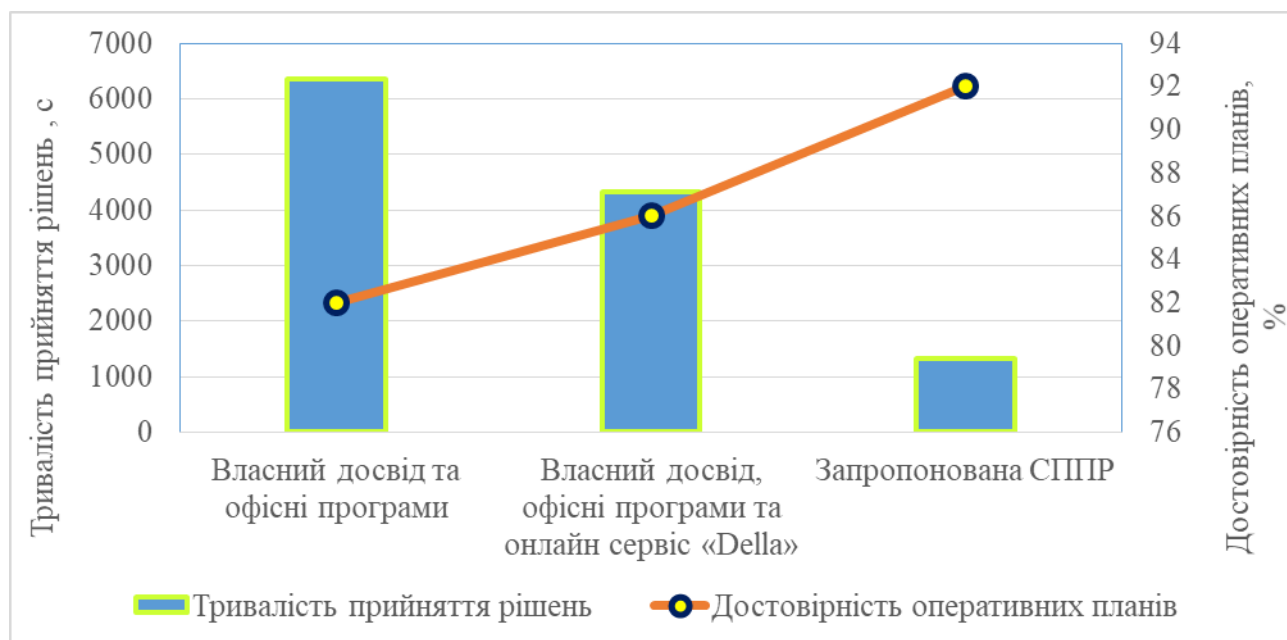


Рисунок 5.16 – Залежності показників ефективності підтримки прийняття рішень під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини від варіантів його виконання

Для порівняння показників ефективності підтримки прийняття рішень розглядали Заболотцівську об'єднану територіальну громаду, для якої виконували оперативне планування заготівлі молока, картоплі та столових буряків для 6 різних діб впродовж календарного року (вибірка 18 спостережень).

У результаті проведених досліджень встановлено, що найкращі показники ефективності підтримки прийняття рішень під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини забезпечує запропонована ІСППР. При цьому середня тривалість прийняття рішень становить $T_{np} = 1320$ с, що у 4,8 раза швидше порівняно із варіантом планування проектними менеджерами, що використовують власний досвід та офісні програми та у 3,2 раза швидше порівняно із варіантом планування проектними менеджерами, що використовують власний досвід, офісні програми та онлайн сервіс «Della». Окрім того, за використання запропонованої ІСППР спостерігається найвища середня достовірність отриманих – 92%, які вище на 10% та 6% порівняно із варіантами планування проектними менеджерами, що використовують власний досвід та офісні програми, а також використовують власний досвід, офісні програми та онлайн сервіс «Della». Це зумовлено тим, що запропонована СППР набагато точніше враховує множину складових виробничих, ресурсних та природно-кліматичних умов окремої громади.

Показник окупності (O_k) запропонованої ІСППР визначали на підставі виразу:

$$O_k = \frac{Z_{СППР}}{E_{ПР}}, \quad (5.5)$$

де $Z_{СППР}$ – приведені витрати на використання запропонованої ІСППР, грн; $E_{ПР}$ – економічна ефективність для користувачів від якості прийнятих рішень, грн.

Економічну ефективність ($E_{ПР}$) для користувачів від якості прийнятих рішень визначали на підставі порівняння витрат ресурсів на заготівлю продовольчої сировини за умови використання проектними менеджерами запропонованої СППР та їх власного досвіду, офісних програм і онлайн сервісу «Della».

Приведені витрати на використання запропонованої ІСППР визначають за виразом:

$$Z_{СППР} = E_n \cdot C_{бал} + B_p, \quad (5.6)$$

де E_n – нормативний показник ефективності капіталовкладень у ІСППР ($E_n = 0,16$); $C_{бал}$ – балансова вартість запропонованої ІСППР, грн; B_p – вартість поточних витрат та витрат на обслуговування запропонованої ІСППР, грн.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що показник окупності (O_k) запропонованої ІСППР становить:

$$O_k = \frac{82221}{64235} = 1,28 \text{ років.}$$

Отже, запропонована ІСППР оперативного планування ГПЗСГ має показник окупності 1,28 років, є достатньо ефективною та її можна використовувати для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території окремих громад під час надзвичайних ситуацій.

Висновки до розділу 5

1. На підставі обґрунтованих у дисертаційній роботі моделей, алгоритмів та інформаційної технології розроблено ІСППР оперативного планування ГПЗСГ, що являє собою програмний комплекс, який реалізований у вигляді масштабованого веб-додатка на платформі Angular.

2. Запропонована ІСППР оперативного планування ГПЗСГ представляє з себе трирівневу клієнт-серверну архітектуру. Зазначена архітектура базується на інтегрованій інформаційній технології обробки інформації, яка стосується

трьох її складових, що дає можливість забезпечити інтеграцію інформації на підставі її впорядкування та агрегацію під час передавання між складовими запропонованої системи.

3. Основними функціями запропонованої системи підтримки прийняття рішень є збір, заповнення пропущених та обробка потрібних даних про виробничі та природно-кліматичні умови територіальної громади, а також на їх основі створення оперативного плану ГПЗСГ.

4. Розроблені діаграми послідовності виконання задач у підсистемі збору та підготовки потрібних даних (*SCP*) та варіантів використання, які подано із використанням уніфікованої мови моделювання UML, забезпечують представлення основних функцій користувачів запропонованої ІСППР оперативного планування ГПЗСГ.

5. Реалізація основних функцій запропонованої ІСППР оперативного планування ГПЗСГ виконана на підставі створення web-інтерфейсу, написання програмних модулів, виконання збору даних користувачів та автоматизованого збору даних із використанням технологій парсингу та машинного навчання, створення, налаштування та наповнення баз даних і знань, а також здійснення інтеграції між підсистемами запропонованої інформаційної системи.

6. На підставі використання запропонованої ІСППР оперативного планування ГПЗСГ для умов Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Львівської області Золочівського району отримано оперативні плани заготівлі продовольчої сировини та побудовано тенденції зміни показників виконання робіт із заготівлі молока на території заданої громади. Встановлено, що оперативні плани для окремих діб заготівлі продовольчої сировини впродовж календарного року значно відрізняються між собою, що підкреслює доцільність використання запропонованої інформаційної системи.

7. На підставі проведених розрахунків встановлено, що запропонована система підтримки прийняття рішень забезпечує найкращі значення показників ефективності підтримки прийняття рішень під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини. Зокрема, середня тривалість прийняття

рішень становить $T_{np} = 1320$ с, середня достовірність отриманих – 92%, окупність 1,28 років, що свідчить про достатню її ефективність та доцільність використання для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території окремих громад під час надзвичайних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

У дисертаційній роботі розв'язується важлива науково-прикладна задача підвищення ефективності планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій завдяки розробці інформаційної системи підтримки прийняття рішень, яка базується на обґрунтованих методах, моделях, алгоритмах та інформаційній технології.

Основні результати дисертаційної роботи для науки та практики є такими:

1. На підставі проведеного аналізу стану предметної галузі, науки та практики інформаційної підтримки планування заготівлі продовольчої сировини встановлено потребу у розробці інформаційної системи підтримки прийняття рішень, що дасть можливість знизити тривалість та трудомісткість прийнятих рішень, а також підвищити їх точність завдяки розробленню нових та удосконаленню відомих моделей, методів та алгоритмів.

2. Запропонована системна модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад із використанням обчислювального інтелекту передбачає виконання семи рівнів, які входять до чотирьох підциклів, кожен із яких забезпечує отримання бажаного системного результату для підвищення ефективності зазначеного процесу, що лежить в основі розроблення інструментарію для підтримки прийняття відповідних управлінських рішень.

3. Розроблений метод збору та попередньої обробки інформації для оперативного планування виконання робіт у гібридних проектах заготівлі продовольчої сировини передбачає системне формування бази даних та знань на підставі виконання десяти етапів, які забезпечують своєчасне та повне отримання достовірної інформації із зовнішніх ресурсів (господарств-виробників продовольчої сировини, проектних менеджерів, доступних геоінформаційних систем та інших сервісів), а також завдяки проведенню

інтелектуальних розрахунків, що лежить в основі якісної підтримки прийняття рішень під час оперативного планування.

4. Обґрунтовано моделі прогнозування сезонних обсягів надходження сировини та визначення складових гібридних проектів, що дало можливість оптимізувати модель SARIMA для прогнозування обсягів заготівлі молока та встановити її параметри (4, 3, 0, 1), які забезпечують найнижче значення інформаційного критерію Akaike's, а також розробити моделі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини, які враховують їх мінливість та є основою для визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

5. Удосконалено алгоритм формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини, що базується на класичному алгоритмі оптимізації мурашиних колоній (ACO) (Ant Colony Optimization), передбачає виконання 8 кроків та на відміну від існуючих, враховує реальні виробничі умови. Він лежить в основі запропонованої моделі визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади, яка передбачає виконання трьох етапів та дванадцяти кроків, що базуються на обґрунтованих моделях стану виробничих умов та тривалості виконання робіт, які системно забезпечують створення ефективної інформаційної технології оперативного планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій.

6. Запропоновані функціональні моделі та алгоритмічне забезпечення є основою для створення інформаційної технології для підтримки прийняття рішень, яка враховує особливості предметної галузі та передбачає виконання п'яти взаємозв'язаних груп процесів, які дають можливість реалізувати функції збору, збереження, обробки, передачі, візуалізації та використання обґрунтованої інформації, що лежить в основі розроблення архітектури інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

7. Розроблена система підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини представляє з себе трирівневу клієнт-серверну архітектуру, що базується на інтегрованій інформаційній технології обробки інформації, що дає можливість забезпечити інтеграцію інформації на підставі виконання її впорядкування та агрегацію під час передавання між складовими запропонованої системи. Запропонована програмна реалізація інформаційної системи у вигляді веб-додатка, а також проведена її апробація для реальних умов територіальної громади свідчать про те, що вона забезпечує найкращі значення показників ефективності підтримки прийняття рішень під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини та є доцільною у використанні для заданої предметної галузі. Розроблений інструментарій впроваджено в практику для розв'язання задач оперативного планування заготівлі продовольчої сировини, що підтверджує його ефективність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барбашов І.А., Огнєвий О.В. Застосування алгоритму мурашиних колоній для вирішення задач маршрутизації транспортних засобів. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2014. №4. С.178-180.
2. Барковський В.В., Барковська Н.В., Лопатін О.К. Теорія ймовірностей та математична статистика. 5-те видання. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 424 с.
3. Беляєва Н.В. Сучасний стан виробництва органічної продукції в Україні та світі. Інноваційна економіка. 2013. №1. С. 151–155.
4. Бідюк П.І., Терентьєв О.М., Просянкіна-Жарова Т.І., Савастьянов В. В. Застосування інструментів SAS Base для дослідження ефективності методів обробки пропусків у вибірках даних з метою підвищення якості прогнозування показників продовольчої безпеки країни. *Системний аналіз та інформаційні технології*: матеріали 19-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2017, К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, С. 253-254.
5. Бугера С.І. Якість сільськогосподарської продукції: правове регулювання: монографія. К.: ТОВ «Друкарня «Бізнесполіграф», 2012. 424 с.
6. Гома Х. UML Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений. ДМК, 2016. 700 с.
7. Егошина А. С., Вороной А. А. Повышение эффективности извлечения информации из слабо структурированных источников на основе метаданных и базы знаний. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка*. 2011. №13. С. 44–47.
8. Євланов М. В. Удосконалений метод синтезу варіантів опису архітектури створюваної інформаційної системи. *АСУ и приборы автоматизи.* 2018. 175. С. 32-41.
9. Євланов М. В., Васильцова Н. В., Панфьорова І. Ю. Моделі і методи

синтезу опису раціональної архітектури інформаційної системи. *Вісник наукового університету «Львівська політехніка». Серія «Інформаційні системи та мережі»*. 2015. 829. С. 135-152.

10. Євсюкова О. В. Цифрова спроможність територіальних громад в Україні: проблеми та перспективи. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2021. 6. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=2084> (Last accessed: 25.05.2022). DOI: 10.32702/2307-2156-2021.6.1

11. Єрмоленко В.М. Продовольча безпека: стан і перспективи сьогодення. *Право та проблеми сталого розвитку в глобалізованому світі: І Харківський міжнародний юридичний Форум* (м. Харків, 6 жовтня 2017 р.). Х.: Право, 2017. С. 53–55.

12. Закон України про внесення змін до деяких законів України щодо безперебійного виробництва та постачання сільськогосподарської продукції під час воєнного стану: *Відомості Верховної Ради України* 12.05.2022 р. № 2246-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2246-20#Text> (дата звернення 08.11.2022).

13. Закон України про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення умов для забезпечення продовольчої безпеки в умовах воєнного стану: *Відомості Верховної Ради України* 24.03.2022 р. № 2145-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-20> (дата звернення 12.10.2022).

14. Захарова О.В. Класифікація метаданих великих даних. *Проблеми програмування*. 2019. № 4. С. 53-74.

15. Інформаційні технології в бізнесі. Частина 1: навч. посіб. / [Шевчук І.Б., Старух А.І., Васьків О.М. та ін.]; за заг. ред. І.Б. Шевчук. Львів: Видавництво ННБК «АТБ», 2020. 455 с.

16. Квітка С., Новіченко Н., Гусаревич Н., Піскоха Н., Бардах О. Демошенко Г. Перспективні напрямки цифрової трансформації публічного управління. *Аспекти публічного управління*. 2020. 8(4). С. 129-146.

17. Кірпи́чніков Ю. А., Петрушен М. В., Андрощук О. В. Аналіз поняття інтеграційної платформи та методів інтеграції даних інформаційних систем

управління оборонними ресурсам. Інформатизація та управління проектами інформатизації збройних сил, 2017. С.73-78.

18. Коваль Н., Кисіль С., Тригуба А. Розробка бази даних інформаційної системи планування заготівлі молока. *Інформаційна безпека та інформаційні технології*: збірник тез доповідей V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів, м. Львів, 26 листопада 2021 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2021, С.137-139.

19. Коваль Н.Я., Кондисюк І.В., Тригуба А.М. Алгоритм навчання нейронної мережі для планування часу виконання робіт у гібридних проектах. Молодь у світі сучасних технологій за тематикою: *Сучасні інформаційні технології: стан та перспективи розвитку* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (4 червня 2021 р., м. Херсон) за заг. ред. Г.О. Райко. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. С. 153-156.

20. Коваль Н. Особливості створення інформаційної технології оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2021. 24, С. 48-56. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.06>

21. Коваль, Н. Функціональні моделі інформаційної технології та архітектура інформаційної системи оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження*, 2021. 25, С. 157–166. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.157>

22. Крэг Ларман. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Введение в объектноориентированный анализ, проектирование и итеративную разработку. М.: Вильям, 2013. 736 с.

23. Кушлик-Дивульська О. І., Поліщук Н. В., Орел Б. П., Штабалюк П. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. К: НТУУ «КП», 2014. 212 с.

24. Огірко О. І., Галайко Н. В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.

25. Павлюк Т., Волонтир Л. Використання сучасних інформаційних технологій в сільському господарстві. Формування ринкової економіки в Україні. 2017. 38. С. 122-127. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/16997.PDF>

26. Пасічник В. В., Резніченко В. А. Організація баз даних та знань. К.: Видавнича група BHV, 2006. 384 с.

27. Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини: Закон України від 03.09.2013 р. № 425-VII. *Відомості Верховної Ради України*. 2014 р. № 20-21. Ст. 721.

28. Про затвердження наборів продуктів харчування, наборів непродовольчих товарів та наборів послуг для основних соціальних і демографічних груп населення: постанова Кабінету Міністрів України від 11.10.2016 р. № 780. *Офіційний вісник України*. 2016. № 89. Ст. 2916.

29. Про прийняття за основу проекту Закону України про продовольчу безпеку України: постанова Верховної Ради України 22.12.2011 р. № 8370-1. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3498-17> (дата звернення 14.01.2022).

30. Разумей Г. Ю., Разумей М. М. Діджиталізація публічного управління як складник цифрової трансформації України. *Публічне управління та митне адміністрування*. 2020. 2 (25). 139-145. URL: <http://customs-admin.umsf.in.ua/archive/2020/2/27.pdf> (Last accessed: 25.05.2022). DOI: <https://doi.org/10.32836/2310-9653-2020-2.25>

31. Росинский В. В. Обеспечение интеграции данных в корпоративных информационных системах на основе прогрессивных web-технологий. *Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій*. 2012. №10. С. 87–94.

32. Сидорчук А.В., Тригуба А.Н., Маланчук А.В. 2013. Оценка ценностей сервисных программ аграрного производства. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin; Rzeszow, Vol.15 (4), С.153-159.

33. Сидорчук О. В., Тригуба А. М., Панюра Я. Й., Шолудько П. В.

Особливості ситуаційного управління змістом та часом виконання робіт у інтегрованих проектах аграрного виробництва. *Східно-європейський журнал передових технологій*. 2010. № 1/2 (43). С. 46–48. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2507/2295>

34. Сидорчук О. В., Тригуба А. М., Шолудько П. В. Особливості планування проектів та програм аграрного виробництва. *Управління проектами: стан та перспективи*: матер. VI-ї Міжн. конф. Миколаїв: НУК, 2010. С.313-316.

35. Сидорчук О., Тригуба А., Гуцол Т., Рудинець М. Події та роботи в інтегрованих проектах виробництва та переробки молока. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2009. 17. С. 462-466.

36. Сидорчук О., Тригуба А., Боярчук В., Лоза О. Системні принципи формування раціональних зв'язних маршрутів заготівлі молока. *Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження*, 2004. №8. С.33-38.

37. Сидорчук О.В., Тригуба А.М. Особливості планування проектів та програм аграрного виробництва. *Управління проектами: стан та перспективи*: матер. VI Міжн. конф. Миколаїв: НУК, 2010. С. 313-316.

38. Сидорчук О.В., Тригуба А.М., Рудинець М.В. Системний підхід до управління змістом та часом в інтегрованих проектах молочарства. *Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету*. Одеса, 2009. 16. С.24-27.

39. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Федина Б. І., Стрепко І. Т., Ткачук Р. Л. Інформаційні технології відбору і опрацювання даних від об'єктів з агрегатною ієрархічною структурою. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2018. № 1 (39). С. 8–18.

40. Скопа О. О., Казакова, Н. Ф. Аналіз розвитку сучасних напрямів інформаційної безпеки автоматизованих систем. *Системи обробки інформації*. 2009. 7. 48-53. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2009_7_14. (Last accessed: 06.05.2021).

41. Стандарт UML 2.2. [Електрон. ресурс]. URL: http://www.omg.org/technology/documents/modeling_spec_catalog.htm#UML
42. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень. Запоріжжя: Видавництво ЗНТУ, 2011. 341 с.
43. Тимчук О., Проценко Я., Парамонов А. Застосування алгоритму мурашиної колонії до вирішення задачі декількох комівояжерів без депо. *Системи обробки інформації*. 2019. № 3(158). С. 73-78. <https://doi.org/10.30748/soi.2019.158.08>.
44. Ткаченко О., Ткаченко О., Ковбатюк Г. Деякі аспекти розробки та функціонування експертної системи «страхування на транспорті». *Транспортні системи і технології*, 2019, 2(33), 18-27. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-33-2-2>
45. Тригуба А. М. , Шолудько П. В. Узгодження робіт у інтегрованих проектах молочарства. *Східно-європейський журнал передових технологій*. 2011. № 1/6 (49). С. 13–16. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2373/2175>
46. Тригуба А. М. Системно-проектні основи управління розвитком технологічних структур виробництва молочної продукції : автореф. дис... докт. техн. наук: 05.13.22. Одеса, 2017. 46 с.
47. Тригуба А. М., Луб П. М., Шарибура А. О., Грабовець В. В. Вплив територіального розташування пунктів заготівлі сільськогосподарської продукції на ефективність функціонування транспортної системи. Міжвузівський збірник наукових праць Луцького національного технічного університету. 2014. Вип. 45. С. 564–567.
48. Тригуба А. М., Шелега О. В., Пукас В. Л., Михалюк В. М. Узгодження конфігурацій інтегрованих проектів аграрного виробництва. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2015. № 2 (1111). С. 135-140.
49. Тригуба А. М., Шолудько П. В., Маланчук О. В., Рудинець М. В.

Формування виробничо–технологічного ризику в інтегрованих програмах аграрного виробництва. *Східно-європейський журнал передових технологій*. 2013. № 1/10 (61), ч. 3. С. 203–206. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/6776/6021>

50. Тригуба А. М., Шолудько П. В., Сидорчук Л. Л., Боярчук О. В. Системно–ціннісні засади управління інтегрованими програмами розвитку молочарства на основі моделювання. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*: зб. наук. праць. – 2016. №2 (1174). С. 103–107. (Серія «Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами»). doi: 10.20998/2413–3000.2016.1174.23

51. Тригуба А., Коваль Н., Тригуба І., Падюка Р., Боярчук О. Системна модель цифрової трансформації сільських територіальних громад на основі обчислювального інтелекту. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. №26. Львів: Львів НАУ, 2022. С.177-184.

52. Тригуба А., Кондисюк І., **Коваль Н.** Формування портфелів гібридних проектів автотранспортних підприємств. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами* : зб. наук. праць. Харків : НТУ "ХПІ", 2021. № 2 (4). С. 67-72.

53. Тригуба А., Кондисюк І., **Коваль Н.**, Тригуба І., Боярчук Ок., Боярчук Ол. Планування часу виконання робіт у гібридних проектах. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами* : зб. наук. праць. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. № 2 (4). С. 67-72.

54. Тригуба А., Пташник В., Татомир А., Коваль Н.Я., Кондисюк І.В. Використання штучних нейронних мереж для прогнозування складових гібридних проектів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXII Міжнародного науково-парктичного форуму, 5-7 жовтня 2021р.: у 2 т. Львів: ННБК «АТБ», 2021. Т.2. С. 96-100.

55. Тригуба А., Тригуба І., Фтома О., Кондисюк І., Коваль Н. Системний підхід до оцінення ризиків несвоєчасного виконання робіт в інтегрованих проектах. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. №23. Львів: Львів НАУ, 2019. С. 123-130.

56. Тригуба А., Тригуба І., Чубик Р., Кондисюк І., Коваль Н., Панюра Я. Прогнозування обсягів заготівлі сировини на території громад із використанням штучних нейронних мереж. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. №24. Львів: Львів НАУ, 2020. С.143-151.

57. Тригуба А.М., Коваль Н.Я. Алгоритм прогнозування добових обсягів молока на території громад. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок*; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 21. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2021. С. 51.

58. Тригуба А.М., Коваль Н.Я. Модель SARIMA для оперативного прогнозування обсягів заготівлі молока на території громад. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок*; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 22. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2022. С. 27.

59. Тригуба А.М., Коваль Н.Я., Тригуба І.Л., Кисіль С.Р. Архітектура інформаційної системи оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали Х-ї міжнародної наукової конференції, присвяченої 165-річчю університету*. Львів-Дубляни, 2021, С. 111–113.

60. Тригуба А.М., Кондисюк І., Коваль Н. Алгоритм прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності із використанням машинного навчання. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок*; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 20. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2020. С. 39.

61. Тригуба А.М., Ратушний Р.Т., Кондисюк І., Коваль Н. Рівні та особливості моделювання гібридних проектів розвитку територіальних систем.

Управління проектами: стан та перспективи: матеріали XVI Міжнар. конф. – Миколаїв: НУК, 2020. С. 74-75.

62. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., Кондисюк І.В., **Коваль Н.Я.** Планування змісту та часу виконання робіт у гібридних проектах із використанням штучних нейронних мереж. *Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами в умовах пандемії COVID-19»* тези доп. XVII-ї Міжн. конф., Київ: КНУБА, 2021. С.279-284.

63. Тригуба А.М., Шелега О.В., Пукас В.Л., Михайлюк В.М. Узгодження конфігурацій інтегрованих проектів аграрного виробництва. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами.* 2015. 2. С. 135-140. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vntux_ctr_2015_2_27.

64. Ульман Л. MySQL. СПб.: Питер, 2004. 352 с.

65. Цифрові громади: в Україні розпочато реалізацію пілотного прокату з електронного урядування в ОТГ. URL: <http://surl.li/chebl> (Last accessed: 20.05.2022).

66. Шатковський О., Гьотлер П. Міжнародний досвід закупівель у надзвичайних ситуаціях: застосовуємо позитивні практики. URL: <https://cutt.ly/L2OwgNg> (дата звернення 17.09.2022).

67. Шевченко Н.О., Сичова М.О. Сучасні проблеми продовольчої безпеки України. *Агросвіт.* 2015. № 14. С. 23–28.

68. Як створити «громаду у смартфоні»: необхідні інгредієнти. URL: <http://surl.li/chebn> (Last accessed: 20.05.2022).

69. Afshar A., Haghani A. Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socio-Econ. Plann. Sci.* 2012. 46 (4). pp. 327-338.

70. Akermi SE, L'Hadj M, Selmane S. Epidemiology and time series analysis of human brucellosis in tebessa province, algeria, from 2000 to 2020. *J Res Health Sci.* 2022; 22(1):e00544. doi:10.34172/jrhs.2022.79

71. Aleksejevs R., Guseinovs R., Medvedev A.N. Groupage Cargo Transportation Model. *Transport and Telecommunication*. 2016. Vol. 17. No. 1. P. 60–72. doi: [10.1515/ttj-2016-0007](https://doi.org/10.1515/ttj-2016-0007)
72. Ambrosino D., Scutella M. G. Distribution network design: New problems and related models. *European Journal of Operational Research*, 165(3): 610–624, 2005. ISSN 0377-2217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.04.009>
73. Amorim P., Almada-Lobo B. The impact of food perishability issues in the vehicle routing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 2014. 67. pp. 223–233.
74. Anderluh A., Nolz P. C., Hemmelmayr V. C., Crainic T. G. Multi-objective optimization of a two-echelon vehicle routing problem with vehicle synchronization and ‘grey zone’ customers arising in urban logistics. *European Journal of Operational Research*, 289(3): 940–958, 2021. ISSN 0377-2217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.049>
75. Ang C. L., Luo M., Gay R. K. L. Automatic generation of IDEF model. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 1994. 5(2). P. 79–92.
76. Anokić A., Stanimirović Z., Davidović T., Stakić D. Variable neighborhood search based approaches to a vehicle scheduling problem in agriculture. *International Transactions in Operational Research*, 27(1): 26–56, 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/itor.12480>
77. Baldacci R., Mingozzi A., Roberti R., Calvo R. W. An exact algorithm for the twoechelon capacitated vehicle routing problem. *Operations Research*, 61(2): 298–314, 2013. doi: <https://doi.org/10.1287/opre.1120.1153>
78. Baranwal M., Roehl B., Salapaka S.M. Multiple traveling salesmen and related problems: A maximum-entropy principle based approach. *American Control Conference (ACC)*. 2017. P. 3944-3949. <https://doi.org/10.23919/ACC.2017.7963559>.
79. Bashynsky, I. Garasymchuk, O. Gorbovy, et al. Research of the variable natural potential of the wind and energy energy in the northern strip of the Ukrainian

carpathians, in: 6th International Conference : Renewable Energy Sources (ICoRES 2019). E3S Web of Conferences 154, 06002, 2020.

80. Basnet C., Foulds L. R., Wilson J. M. An exact algorithm for a milk tanker scheduling and sequencing problem. *Annals of Operations Research*, 86(0): 559–568, 1999. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1018943910798>

81. Belgin O., Karaoglan I., Altiparmak F. Two-echelon vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery: Mathematical model and heuristic approach. *Computers & Industrial Engineering*, 115: 1–16, 2018. ISSN 0360-8352. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.10.032>

82. Ben Alaia E., Dridi I.H., Bouchriha H., Borne P. Genetic algorithm for multi-criteria optimization of multi-depots pick-up and delivery problems with time windows and multi-vehicles. *Acta Polytech. Hung*, 2015. 12 (8). pp. 155-174.

83. Bing Maps URL: <https://www.bing.com/maps> (дата звернення 16.02.2021).

84. Birattari M. Tuning Metaheuristics: A Machine Learning Perspective. Springer Publishing Company, Incorporated, 1st ed. 2005. 2nd printing edition, 2009. ISBN 3642004822. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00483-4>

85. Bizagi Platform. Every Process. URL: <https://www.bizagi.com/en> (дата звернення 16.08.2020).

86. Breunig U., Baldacci R., Hartl R., Vidal T. The electric two-echelon vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 103: 198–210, 2019. ISSN 0305-0548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.11.005>

87. Bushuyev S., Bushuiev D., Bushuieva V. Modelling of emotional infection to the information system management project success *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, 1265 AISC, pp. 341–352.

88. Butlera M., Herlihyb P., Keenana P. Integrating information technology and operational research in the management of milk collection. *Journal of Food Engineering*, 2005. 70(3). pp. 341-349. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.046>

89. Callaghan S. O', Connor D. O', Goulding D. Distance optimisation of milk

transportation from dairy farms to a processor over a national road network. Agriculture and Food. Conference: Agriculture & Food 2018. 6th International Conference. Burgas, Bulgaria, 2018. pp. 1-18.

90. Camacho-Vallejo J.F., Gonzalez-Rodriguez E., Almaguer F.J., Gonzalez-Ramirez R.G. A bi-level optimization model for aid distribution after the occurrence of a disaster. *J. Clean. Prod.* 2015. 105. pp.134-145.

91. Caramia M., Guerriero F. A Milk Collection Problem with Incompatibility Constraints. *Interfaces*, 40(2): 130–143, 2010. doi: <https://doi.org/10.1287/inte.1090.0475>

92. Caria M., Todde G., Pazzona A. Modelling the collection and delivery of sheep milk: A tool to optimise the logistics costs of cheese factories. *Agriculture*, 8(1): 5, 2018. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture8010005>

93. Cheng-Leong A., Pheng K. L., Leng G. R. K. IDEF: a comprehensive modeling methodology for development of manufacturing enterprise system. *International Journal of Production Research*. 1999. 37(17). P. 3839–3858.

94. Chernov S., Titov S., Chernova L., Kunanets N., Pitserskad V., Shcherbynac Y. and Petryshyn L. Efficient algorithms of linear optimization problems solution, in: International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ITPM-2021) In: CEUR Workshop Proceedings, 2021. 2851.

95. Chokanat P., Pitakaso R., Sethanan K. Methodology to solve a special case of the vehicle routing problem: A case study in the raw milk transportation system. *AgriEngineering*, 1 (1): 75–93, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/agriengineering1010006>

96. Claassen G. D. H., Hendriks T. H. B. An application of Special Ordered Sets to a periodic milk collection problem. *European Journal of Operational Research*, 180(2): 754–769, 2007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.03.042>

97. Costa Y.J., Ledón R.A., Machado N.I.C., Nowe A. Multi-type ant colony system for solving the multiple traveling salesman problem. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*. 2012. № 35. P. 311-320.

98. Cuda R., Guastaroba G., Speranza M. A survey on two-echelon routing

problems. *Computers & Operations Research*, 55: 185–199, 2015. ISSN 0305-0548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.06.008>

99. Cugno, M., Castagnoli, R., Büchi, G. (2021). Openness to Industry 4.0 and performance: the impact of barriers and incentives. *Technol. Forecast. Soc. Change* 168, 120756. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120756>

100. Danchuk V., Bakulich O., Svatko V. Building optimal routes for cargo delivery in megacities. *Transport and Telecommunication*. 2019. Vol. 20, Issue 2. P. 142-152. DOI: <https://doi.org/10.2478/ttj-2019-0013>

101. Dooley A. E., Parker W. J., Blair H. T. Modelling of transport costs and logistics for onfarm milk segregation in New Zealand dairying. *Computers and Electronics in Agriculture*, 48(2): 75–91, 2005. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.12.007>

102. Dorigo M., Blum C. Ant colony optimization theory: A survey. *Theor. Comput. Sci.* 2005. № 344. P. 243-278. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2005.05.020>.

103. Dorigo M., Gambardella, L.M. Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 1997. Vol. 1, No. 1. pp. 53-66.

104. Drexler M., Schneider M. A survey of variants and extensions of the location-routing problem. *European Journal of Operational Research*, 241(2): 283–308, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.08.030>

105. Gonzalez-Feliu J., Perboli G., Tadei R., Vigo D. The two-echelon capacitated vehicle routing problem. *In Proceedings of the 22nd European Conference on Operational Research*, 2007. pp. 1-40.

106. Google Maps. URL: www.google.com.ua/maps (дата звернення 11.02.2021).

107. Govindan K., Jafarian A., Khodaverdi R., Devika K. Two-echelon multiple-vehicle location–routing problem with time windows for optimization of sustainable supply chain network of perishable food. *International Journal of Production Economics*, 152: 9–28, 2014. ISSN 0925-5273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.028>

108. Hashimoto H., Yagiura M., Ibaraki T. An iterated local search algorithm for the time-dependent vehicle routing problem with time windows. *Discrete Optimization*, 5(2): 434–456, 2008. ISSN 1572-5286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.disopt.2007.05.004>

109. He D. Intelligent Selection Algorithm of Optimal Logistics Distribution Path Based on Supply Chain Technology. *Comput. Intell. Neurosci.* 2022, 9955726.

110. Hemmelmayr V. C., Cordeau J.-F., Crainic T. G. An adaptive large neighborhood search heuristic for two-echelon vehicle routing problems arising in city logistics. *Computers & Operations Research*, 39(12): 3215–3228, 2012. ISSN 0305-0548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.04.007>

111. Hou M.S., Liu D.B. A novel method for solving the multiple traveling salesmen problem with multiple depots. *Chin Sci Bull.* 2012. № 57. P. 1886-1892. <https://doi.org/10.1007/s11434-012-5162-7>.

112. Huang C., Yao X. A survey of automatic parameter tuning methods for metaheuristics. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 24(2): 201–216, 2020. doi: <https://doi.org/10.1109/TEVC.2019.2921598>

113. Huang K. , Ardiansyah M. N. A decision model for last-mile delivery planning with crowdsourcing integration. *Computers & Industrial Engineering*, 135: 898–912, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.059>

114. Huang R.H., Yu T.H. An effective ant colony optimization algorithm for multi-objective job-shop scheduling with equal-size lot-splitting. *Appl. Soft Comput.* 2017. 57. pp. 642-656.

115. Huo, H., Xu, H. Construction of Emergency Procurement System and System Improvement Based on Convolutional Neural Network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. 6139706. doi: 10.1155/2022/6139706

116. Hutter F., Hoos H. H., Leyton-Brown K., Stützle T. Paramils: An automatic algorithm configuration framework. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 36(1): 267–306, Sept. 2009. ISSN 1076-9757. doi: <https://doi.org/10.1613/jair.2861>

117. Іак створити «хромаду у смартфоні»: необхідні інгредієнти. Retrieved from <http://surl.li/chebn> (Last accessed: 20.05.2022).

118. ISO/IEC/IEEE Std 42010:2011. Systems and software engineering – Architecture description. [Чинний від 2012-12-01]. Los Alamitos, CA: IEEE, 2011. 46с.

119. Junjie P., Dingwei W. An Ant Colony Optimization Algorithm for Multiple Travelling Salesman Problem. Proceedings of the First International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC'06). 2006. <https://doi.org/10.1109/ICICIC.2006.40>.

120. Kaempfer Y., Wolf L. Learning the Multiple Traveling Salesmen Problem with Permutation Invariant Pooling Networks. arxiv preprint arXiv:1803.09621 2018.

121. Kamble, S.S., Raut, R.D. Evaluating the factors considered for procurement of raw material in food supply chain using Delphi-AHP methodology – A case study of potato chips processing company in India. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 2019. 26(2), pp. 176-189.

122. Karouani Y., Elgarej M. Milk-Run Collection Monitoring System Using the Internet of Things Based on Swarm Intelligence. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management (IJISSCM)*, 2022. 15(3). pp. 1-17. doi: 10.4018/IJISSCM.290018

123. Kazman R., Bass L., Klein M. The essential components of software architecture design and analysis. *Journal of Systems and Software*. 2006. Vol. 79. P. 1207–1216.

124. Khanra A., Maiti M.K., Maiti M. A hybrid heuristic algorithm for single and multi-objective imprecise traveling salesman problems, *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 2016. 4. pp. 1987-2001.

125. Khater E.-S.G., Ali S.A., Afify M.T., Bayomy M.A., Abbas R.S. Using of geographic information systems (GIS) to determine the suitable site for collecting agricultural residues. *Scientific Reports*, 2022. 12(1), 14567.

126. Khodakhah H., Aghelpour P., Hamed Z. Comparing linear and non-linear data-driven approaches in monthly river flow prediction, based on the models

SARIMA, LSSVM, ANFIS, and GMDH, in: Environmental Science and Pollution Research, 29(15), pp. 21935-21954.

127. Király A., Abonyi J. Optimization of Multiple Traveling Salesmen Problem by a Novel Representation Based Genetic Algorithm. Intelligent Computational Optimization in Engineering. 2011. P. 241-269. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21705-0_9.

128. Koval N., Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop, MoMLeT and DS 2021, CEUR Workshop Proceedings 2917, Lviv, 2021, pp. 196–206.

129. Kumar R.S., Kondapaneni K., Dixit V., Goswami A., Thakur L.S., Tiwari M.K. Multi-objective modeling of production and pollution routing problem with time window: a self-learning particle swarm optimization approach. Comput. Ind. Eng, 2016. 99. pp. 29-40.

130. Kumar S.V., Vanajakshi L. Short-term traffic flow prediction using seasonal ARIMA model with limited input data, in: European Transport Research Review, 7(3), 21/ DOI: 10.1007/s12544-015-0170-8

131. Kumar W. Yi. A. Ant colony optimization for disaster relief operations. Transp. Res. Part E. 2007. 43 (6). pp. 660-672.

132. Kuzomko, V., Buranhulova, V., & Buranhulova, V. (2021). Mozhlyvosti vykorystannia shtuchnoho intelektu v diialnosti suchasnykh pidpriemstv. *Ekonomika ta suspilstvo*, 32. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-67>

133. Kvitka S., Novichenko N., Husarevych N., Piskokha N., Bardakh O. Demoshenko H. (2020). Perspektyvni napriamky tsyfrovoi transformatsii publichnoho upravlinnia. *Aspekty publichnoho upravlinnia*. 8(4). C. 129-146.

134. Lahrichi N., Gabriel Crainic T., Gendreau M., Rei W., Rousseau L.-M. Strategic analysis of the dairy transportation problem. *Journal of the Operational Research Society*, 66(1): 44–56, jan 2015. doi:

<http://dx.doi.org/10.1057/jors.2013.147>

135. Li H., Chen J., Wang F., Bai M. Ground-vehicle and unmanned-aerial-vehicle routing problems from two-echelon scheme perspective: a review. *European Journal of Operational Research*, 2021. ISSN 0377-2217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.02.022>

136. Li H., Wang H., Chen J., Bai M. Two-echelon vehicle routing problem with satellite bisynchronization. *European Journal of Operational Research*, 288(3): 775–793, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.06.019>

137. Li H., Wen Y.J., Liu W.W., Dong W., Luo Y. Planning and Implementation of Software Architecture Course Teaching Reform. *Computer Education*. 6. 2015. P. 19-21.

138. Li T.K. Teaching Content Design of Software Architecture Course in Engineering Collage. *Computer Education*. 6. 2018. P. 120-123.

139. Liotta, G., Stecca, G., and Kaihara, T. Optimisation of freight flows and sourcing in sustainable production and transportation networks. *International Journal of Production Economics*, 2015. Vol. 164. P. 351– 365.

140. Liu D., Deng Z., Mao X., Yang Y., Kaisar E. I. Two-echelon vehicle-routing problem: Optimization of autonomous delivery vehicle-assisted e-grocery distribution. *IEEE Access*, 8:108705–108719, 2020. ISSN 2169-3536. doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001753>

141. Liu T., Luo Z., Qin H., Lim A. A branch-and-cut algorithm for the two-echelon capacitated vehicle routing problem with grouping constraints. *European Journal of Operational Research*, 266(2): 487–497, 2018. ISSN 0377-2217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.10.017>

142. Liu W., Li S., Zhao F., Zheng A. An Ant Colony Optimization Algorithm for the Multiple Traveling Salesmen Problem. *Proceedings of the 4th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*. 2009. P. 1533-1537. <https://doi.org/10.1109/ICIEA.2009.5138451>.

143. Lopes R. B., Ferreira C., Santos B. S., Barreto S. A taxonomical analysis, current methods and objectives on location-routing problems. *International*

Transactions in Operational Research, 20(6): 795–822, 2013. doi: <https://doi.org/10.1111/itor.12032>

144. Maleki A, Nasser S, Aminabad M.S., Hadi M. Comparison of ARIMA and NNAR models for forecasting water treatment plant's influent characteristics. *KSCE J Civil Eng*. 2018; 22(9): 3233-45. doi: 10.1007/s12205-018-1195-z.

145. Martyn Y., Smotr O., Burak N., Prydatko O., Malets I. Software for Shelter's Fire Safety and Comfort Levels Evaluation. In book: *Data Stream Mining & Processing*. 2020. pp.457-469. DOI:10.1007/978-3-030-61656-4_31

146. Masson R., Lahrichi N., Rousseau L.-M. A two-stage solution method for the annual dairy transportation problem. *European Journal of Operational Research*, 2015. ISSN 0377-2217. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.10.058>

147. Matai R., Singh S., Mittal M.L. Traveling Salesman Problem: an Overview of Applications, Formulations, and Solution Approaches. *Traveling Salesman Problem, Theory and Applications*. 2010. P. 1-24. <https://doi.org/10.5772/12909>

148. Montero E., Canales D., Paredes-Belmar G., Soto R. A prize collecting problem applied to a real milk collection problem in Chile. In 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), pp. 1415–1422. IEEE, 2019. doi: <https://doi.org/10.1109/CEC.2019.8789999>

149. MySQL Workbench. URL — <https://www.mysql.com/products/workbench/>

150. Nadal-Roig E., Plà-Aragónes L. M. Optimal Transport Planning for the Supply to a Fruit Logistic Centre, pp. 163–177. Springer New York, New York, NY, 2015. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2483-7>

151. Nguyen C., Dessouky M., Toriello A. Consolidation strategies for the delivery of perishable products. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 69: 108–121, 2014. ISSN 1366-5545. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.05.018>

152. Nguyen V.-P., Prins C., Prodhon C. A multi-start iterated local search with tabu list and path relinking for the two-echelon location-routing problem.

Engineering Applications of Artificial Intelligence, 25(1): 56–71, 2012. ISSN 0952-1976. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2011.09.012>

153. Nguyen V.-P., Prins C., Prodhon C. Solving the two-echelon location routing problem by a grasp reinforced by a learning process and path relinking. *European Journal of Operational Research*, 216(1): 113–126, 2012. ISSN 0377-2217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.07.030>

154. Object Management Group. A standard Business Process Model and Notation (BPMN). URL: <http://www.bpmn.org/> (дата звернення 15.08.2020).

155. OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org/#map=14/50.0456/24.9593> (дата звернення 16.03.2022).

156. Palhazi Cuervo D., Goos P., Rensen K. S., Arr'aiz E. An iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls. *European Journal of Operational Research*, 237(2): 454–464, 2014. ISSN 0377-2217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.011>

157. Pan H., Sun J. Research on cold chain logistics supply chain management technology based on information platform construction. Proceedings - 2021 International Conference on Big Data and Intelligent Decision Making, BDIDM. 2021. pp. 190-193.

158. Paredes-Belmar G., L'uer-Villagra A., Marianov V., Cort'es C. E., Bronfman A. The milk collection problem with blending and collection points. *Computers and Electronics in Agriculture*, 134: 109 – 123, 2017. ISSN 0168-1699. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.01.015>

159. Paredes-Belmar G., Marianov V., Bronfman A., Obreque C., L'uer-Villagra A. A milk collection problem with blending. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 94: 26–43, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.07.006>

160. Paredes-Belmar G., Monterob E., Leonardinic O. A milk transportation problem with milk collection centers and vehicle routing. *ISA transactions*, 2021. 122, pp. 294-311.

161. Pavlikha N., Rudynets M., Grabovets V., Skalyga M., Tsymbaliuk I., Khomiuk N., N.Fedorchuk-Moroz N. Studying the influence of production conditions on the content of operations in logistic systems of milk collection. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies “Control processes”*, 2019, No. 3/3 (99), pp. 50–63.
162. Pender T.A. UML Weekend Crash Course. Wiley Publishing Inc., 2002. 358 p.
163. Pizhuk, O. I. (2019). Shtuchnyi intelekt yak odyz iz kliuchovykh draiveriv tsyfrovoy transformatsii ekonomiky. *Ekonomika, upravlinnia ta administruvannia*, 3(89), 41-46. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2019-3\(89\)-41-46](https://doi.org/10.26642/ema-2019-3(89)-41-46)
164. Polat O., Topaloğlu D. Collection of different types of milk with multi-tank tankers under uncertainty: a real case study. TOP, pp. 1–33, 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s11750-021-00598>
165. Prodhon C., Prins C. A survey of recent research on location-routing problems. *European Journal of Operational Research*, 238(1): 1–17, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.005>
166. Qi Hao Han. Research on the Construction of Cold Chain Logistics Intelligent System Based on 5G Ubiquitous Internet of Things. *Journal of Sensors*, 2021. (1). pp. 1-11. doi:10.1155/2021/6558394
167. Ratushny R., Khmel P., Martyn E., Prydatko O. Substantiating the effectiveness of projects for the construction of dual systems of fire suppression. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies “Control processes”*, 2019, No. 3/4 (100), pp. 46-53.
168. Ratushny R., Tryhuba A., Bashynsky O., Ptashnyk V. Development and usage of a computer model of evaluating the scenarios of projects for the creation of fire fighting systems of rural communities. *XI-th International Scientific and Practical Conference on Electronics (ELIT-2019)*. 2019. P. 34-39. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8892320>
169. Razumei H. Yu., Razumei M. M. (2020). Didzhytalizatsiia publichnoho upravlinnia yak skladnyk tsyfrovoy transformatsii Ukrainy. Publichne upravlinnia ta

mytne administruvannia. 2 (25), 139-145. Retrieved from <http://customs-admin.umsf.in.ua/archive/2020/2/27.pdf>

170. Romanov V., Galelyuka I., Voronenko O., Kovyrova O., Dzyadevych S., Shkotova L. (2019). Smart Sensors and Computer Devices for Agriculture. Food Production Process Control and Medicine, ICCTA 2019, 29-31 October, Alexandria, Egypt, 9-12.

171. Rostami A.S., Mohanna F., Keshavarz H., Hosseinabadi A.A.R. Solving Multiple Traveling Salesman Problem using the Gravitational Emulation Local Search Algorithm. *Applied Mathematics & Information Sciences*. 2015. № 9. P. 1-11.

172. Sahmim S., Gharsellaoui H. Privacy and security in Internet-based computing: cloud computing, Internet of things, cloud of things: a review. *Procedia computer science*, 2017. Vol. 112, pp. 1516–1522.

173. Sankaran J. K., Ubgade R. R. Routing Tankers for Dairy Milk Pickup. *Interfaces*, 24 (5): 59–66, 1994. doi: <https://doi.org/10.1287/inte.24.5.59>

174. Schneider, P. (2018). Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field. *Rev. Manag. Sci.* 12 (3), 803–848. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11846-018-0283-2>

175. Sekaran K., Meqdad M. N., Kumar P., Rajan S., Kadry S. Smart agriculture management system using internet of things. *Telkomnika*, 2020. Vol. 18, No. 3, pp. 1275–1284.

176. Sethanan K., Pitakaso R. Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 121: 245–259, feb 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.12.021>

177. Shafique K., Khawaja B. A., Sabir F., Qazi S., Mustaqim M. Internet of things (IoT) for next-generation smart systems: a review of current challenges, future trends and prospects for emerging 5G-IoT scenarios. *IEEE Access*, 2020. Vol. 8, pp. 23022-23040.

178. Shukla M., Jharkharia S. Agri-fresh produce supply chain management: a state-of-the-art literature review. *International Journal of Operations & Production Management*, 33 (2): 114–158, 2013. ISSN 0144-3577. doi:

<https://doi.org/10.1108/01443571311295608>

179. Sidorchuk A.V., Triguba A.N., Malanchuk A.V. Otsenka tsennostey servisnyh programm agrarnogo proizvodstva. MOTROL. *Commission of motorization and energetics in aqriculture*. Lublin; Rzeszow, 2013.15 (4), 153-159.

180. Sikora L., Lysa N., Martysyshyn R., Miyushkovych Yu., Tkachuk R. and Durnyak B. Information Technology of Laser Measurement System Creation for Automated Control Dynamics of Glue Drying in Polygraphy. Proceedings of the international conference on computer science and information technologies. (CSIT). Lviv : Polytechnic National University, 2018. Pp. 89–92.

181. Stodola P., Mazal J. Applying the ant colony optimisation algorithm to the capacitated multi-depot vehicle routing problem. *Int. J. Bio-Inspired Comput*, 2016. 8 (4). pp. 228-233.

182. Sun H., Jiang G., Kong Q., Chen Z., Li X. Design of real-time monitoring system on raw milk transport process. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 2016. 11(4), pp. 335-342.

183. Sun J., Jiang T., Song Y., Guo H., Zhang Y. Research on the Optimization of Fresh Agricultural Products Trade Distribution Path Based on Genetic Algorithm. *Agriculture* 2022, 12, 1669. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101669>

184. Svatko V., Danchuk V., Bakulich O. An improvement in ant algorithm method for optimizing a transport route with regard to traffic flow. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 187. P. 425-434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.396>

185. Sydorchuk O. V., Tryhuba A. M., Sholudko P. V. Osoblyvosti planuvannia proektiv ta prohram ahrarnoho vyrobnytstva. Upravlinnia proektamy: stan ta perspektyvy: mater. VI-yi Mizhn. konf. Mykolaiv: NUK, 2010. pp. 313-316.

186. Tofighi S., Torabi S.A., Mansouri S.A. Humanitarian logistics network design under mixed uncertainty. *Eur. J. Oper. Res.* 2016. 250 (1). pp. 239-250.

187. Toregas C., Swain R., ReVelle C., Bergman L. The location of emergency service facilities. *Oper. Res*, 1971. 19 (6). pp. 1363-1373.

188. Tryhuba A., Ivanyshyn V., Chaban V., Mushenyk I., Zharikova O.

Computer model of resource demand planning for dairy farms. *Independent Journal of Management & Production (Special Edition ISE, S&P)*. 2021. 12(3), pp. 138-149. URL: <http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/1531/1971>

189. Tryhuba A., Bashynsky O. Coordination of dairy workshops projects on the community territory and their project environment. *14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, 2019. 3. P. 51-54. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8929816> (Last accessed: 27.04.2021).

190. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Ftoma O., Padyuka R., Rudynets. M. Forecasting the Risk of the Resource Demand for Dairy Farms Basing on Machine Learning. Proceedings of the 2nd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science (MoMLeT+DS 2020). 2020. I. P. 327-340.

191. Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Koval N., Boiarchuk O., Tatomyr A. Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises, in: I Workshop Information Technologies in Energy and Agro-industrial Complex, ITEA-WS 2021, CEUR Workshop Proceedings 3109, Dubliany, Lviv region, 2021, pp. 44–52.

192. Tryhuba A. M., Koval N. Ya., Ratushnyi A. R., Tryhuba I. L., Shevchuk V. V. Algorithm for the routes formation of food raw materials procurement on the community territory taking into account the production conditions during emergency situations. *Applied Aspects of Information Technology* 2023; Vol.6 No.1. pp. 60–73.

193. Tryhuba A., Ratushny R., Tryhuba I., Koval N., Androshchuk I. The Model of Projects Creation of the Fire Extinguishing Systems in Community Territories. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*. Vol. 68, No. 2, 2020, pp. 419-431. <https://doi.org/10.11118/actaun202068020419>.

194. Tryhuba A. Argumentation of the parameters of the system of purveyance of milk collected from the private farm-steads within a single administrative district. *Econtechhod : An international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes*, Lublin; Rzeszow. 2014. Vol. 3, No 4. P. 23–

27. Available at: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-260b6838-5519-40e7-839d-f9e4cf89e7d6>

195. Tryhuba A., Batyuk B., Dyndyn M. Coordination of Configurations of Complex Organizational and Technical Systems for Development of Agricultural Sector Branches. *Journal of Automation and Information Sciences*, 2020. 52(2). pp. 63-76.

196. Tryhuba A., Boyarchuk V., Koval N., Tryhuba I., Boiarchuk O., Pavlikha N. Risk-adapted model of the lifecycle of the technologically integrated programs of dairy cattle breeding. *IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2021, IEEE, Lviv, 2021*, pp. 307–310. doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648672.

197. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Boyarchuk O., Ftoma O. Evaluation of Risk Value of Investors of Projects for the Creation of Crop Protection of Family Daily Farms. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*, 67(5), 2019, pp. 1357-1367.

198. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., et al., Forecasting of a Lifecycle of the Projects of Production of Biofuel Raw Materials With Consideration of Risks, in: *International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, pp. 420-425 (2019).

199. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., et al., Method and Software of Planning of the Substantial Risks in the Projects of Production of raw Material for Biofuel, in: *CEUR Workshop Proceedings. Published in ITPM, 2020*.

200. Tryhuba A., Koval N., Shevchuk V., Tryhuba I., Bashynsky O. System Model of Formation of the Value of Projects of Digital Transformation in Rural Communities. *IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2021, IEEE, Lviv, 2022*, pp. 398–401. doi: 10.1109/CSIT56902.2022.

201. Tryhuba A., Koval N., Tryhuba I., Boiarchuk O. Application of Sarima Models in Information Systems Forecasting Seasonal Volumes of Food Raw

Materials of Procurement on the Territory of Communities. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3295, pp. 64–75.

202. Tryhuba A., Ratushny R., Bashynsky O., Shcherbachenko O. Identification of firefighting system configuration of rural settlements. Fire and Environmental Safety Engineering. MATEC Web Conf. FESE 2018. 247. doi: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201824700035>

203. Tryhuba A., Rudynets M., Pavlikha N., Tryhuba I., Kytsyuk I., Komeliuk O., Fedorchuk-Moroz V., Androshchuk I., Skorokhod I., Seleznev D. Establishing patterns of change in the indicators of using milk processing shops at a community territory. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Control processes*. 2019. 3/6 (102), 57-65. doi: 10.15587/1729-4061.2019.184508.

204. Tryhuba A., Tryhuba I., Bashynsky O., Kondysiuk I., Koval N., Bondarchuk L. Conceptual Model of Management of Technologically Integrated Industry Development Projects. *IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, CSIT-2020, IEEE, Lviv, 2020, pp. 155–158. doi: [10.1109/CSIT49958.2020.9321903](https://doi.org/10.1109/CSIT49958.2020.9321903).

205. Tryhuba A., Tryhuba I., Chubyk R., Kondysiuk I., Koval N., Paniura Ya. Prohnozuvannia obsiahiv zahotivli syrovyny na terytorii hromad iz vykorystanniam shtuchnykh neironnykh merezh. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia. 2020. 24, Lviv: Lviv NAU, pp. 143-151.

206. Tryhuba A., Zachko O., Grabovets V., Berladyn O., Pavlova I., Rudynets N. Examining the effect of production conditions at territorial logistic systems of milk harvesting on the parameters of a fleet of specialized road tanks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Control processes*, 2018. 5/3 (95). pp. 59-70. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/142227>

207. Wang X., Tian W., Liao Z., Statistical comparison between SARIMA and ANN's performance for surface water quality time series prediction, in: *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28 (25), pp. 33531-33544. doi: 10.1007/s11356-021-13086-3

208. Wang Y., Assogba K., Liu Y., Ma X., Xu M., Wang Y. Two-echelon

location-routing optimization with time windows based on customer clustering. *Expert Systems with Applications*, 104: 244–260, 2018. ISSN 0957-4174. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.03.018>

209. Xu D., Zhang Q., Ding Y., Zhang D. Application of a hybrid ARIMA-LSTM model based on the SPEI for drought forecasting, in: *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (3), pp. 4128-4144. (2022) doi: 10.1007/s11356-021-15325-z

210. Yang C., Sun Z. Data Management System based on Blockchain Technology for Agricultural Supply Chain. *IEEE International Conference on Data Mining Workshops*, ICDMW-2020, November, 9346341, pp. 907-911.

211. Yang H. X., Liu T. Optimization and simulation of express's vehicle routing in commercial district based on ant colony algorithm. *Information Technology Journal*, 2013. 12(24), pp. 8462–8468. doi:10.3923/itj.2013.8462.8468

212. Zhou L., Baldacci R., Vigo D., Wang X. A multi-depot two-echelon vehicle routing problem with delivery options arising in the last mile distribution. *European Journal of Operational Research*, 265(2): 765–778, 2018. ISSN 0377-2217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.08.011>

ДОДАТКИ

Додаток А

Результати дослідження удосконаленого алгоритму формування маршрутів заготівлі продовольчої сировини на території громади із врахуванням виробничих умов під час надзвичайних ситуацій

Таблиця А.1 – Результати дослідження параметрів a, b , що характеризують відносні значущості кількості феромона та відстані під час вибору наступного j -го вузла (господарства-виробника продовольчої сировини)

(тестова задача Berlin 52)

Кількість ітерацій, од	Найкраще значення, L' , км	Найгірше значення, L' , км	Середнє значення, L' , км	Середній час виконання, t , год
$\alpha=0, \beta=1$				
100	782	782	782	0,000458
1000	782	782	782	0,004829
$\alpha=1, \beta=1$				
100	770	839	803	0,000559
1000	724	874	794	0,0061
$\alpha=2, \beta=1$				
100	838	884	864	0,000407
1000	781	908	857	0,004194
$\alpha=5, \beta=1$				
100	703	1032	915	0,000546
1000	880	1118	1003	0,006227
$\alpha=1, \beta=0$				
100	889	1224	1108	0,000508
1000	1062	1285	1155	0,005592
$\alpha=1, \beta=2$				
100	760	882	791	0,000386
1000	734	815	776	0,005083
$\alpha=1, \beta=5$				
100	754	762	755	0,000508
1000	696	744	723	0,005846

Додаток Б

Характеристики транспортного засобу для заготівлі продовольчої сировини на території громади

Таблиця Б.1 – Технічні характеристики транспортного засобу Mercedes-Benz Sprinter 516 (Mercedes Sprinter II 2.2 CDI, термофургон 2014 р.в.)

Показник	Одиниця виміру	Значення
Тип транспорту	—	Легковий автомобіль
Тип кузова	—	Мікроавтобус
Марка	—	Mercedes-Benz
Модель	—	Sprinter
Покоління	—	Sprinter II
Модифікація	—	2.2 CDI
Рік випуску	рік	2014
Кількість дверей	од	4
Кількість місць	од	5
Об'єм двигуна	см ³	2.148
Потужність	к.с.	109
Коробка передач	—	МКПП6
Тип привода	—	Задній
Витрата палива (місто/траса/змішана)	л/100км	11.5/7.4/8.8
Паливо	—	Дизельне пальне
Вмістимість паливного бака	л	75
Споряджена маса	кг	2040
Повна маса	кг	3190
Довжина	мм	5245
Ширина	мм	1993
Висота	мм	2725
Колісна база	мм	3250

Додаток В

Результати опису атрибутів сутностей об'єктів БД інформаційної системи оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій

Таблиця В.1 – Характеристика атрибутів сутності – господарства виробники
продовольчої сировини «Husbandry»

Назва атрибутів	Характеристики атрибутів
idH	Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «Husbandry» і є його порядковим номером. Він пов'язує таблиці «Husbandry» і «ProductionResources»
NameH	Назва господарства
TypeH	Вид господарства (1 – господарство населення, 2 – селянське фермерське господарство, 3 – приватне сільськогосподарське підприємство, 4 – інше)
TerritorialH	Територіальне розташування пункту заготівлі (переробки) продовольчої сировини (населений пункт)
LatitudeH	Широта розташування пункту заготівлі (переробки) продовольчої сировини
LongitudeH	Довгота розташування пункту заготівлі (переробки) продовольчої сировини
Data	Дата (у розрізі окремих календарних діб календарного року)

Таблиця В.2 – Характеристика атрибутів сутності – виробничі ресурси
«ProductionResources»

Назва атрибутів	Характеристики атрибутів
idPR	Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «ProductionResources» і є його порядковим номером. Він пов’язує таблиці «ProductionResources» та «VolumesRawMaterials»
TypePR	Вид виробничих ресурсів (молочні корови, м’ясні тварини, посівні площі тощо)
QuantityPR	Кількість виробничих ресурсів, од
ProductionPR	Продуктивність виробничих ресурсів, літрів/рік (т/рік, га)

Таблиця В.3 – Характеристика атрибутів сутності – обсяги заготівлі
продовольчої сировини «VolumesRawMaterials»

Назва атрибутів	Характеристики атрибутів
idVRM	Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «VolumesRawMaterials» і є його порядковим номером
Data	Дата (у розрізі окремих календарних діб календарного року)
NameH	Назва господарства
TypePR	Вид виробничих ресурсів (молочні корови, м’ясні тварини, посівні площі тощо)
ProductionVRM	Добовий обсяг виробництва продовольчої сировини, літрів/добу (т/добу)
FractionVRM	Частка використання продовольчої сировини на власні потреби, %

Таблиця В.4 – Характеристика атрибутів сутності – природно-кліматичні умови заготівлі продовольчої сировини на території громади «ClimaticConditions»

Назва атрибутів	Характеристики атрибутів
idCC	Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «ClimaticConditions» і є його порядковим номером. Він пов'язує таблиці «ClimaticConditions» та «Husbandry»
Data	Дата (у розрізі окремих календарних діб календарного року). Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «ClimaticConditions» і є його порядковим номером
Temperature	Середньодобова температура повітря, °C
Pressurepre	Тиск, мм
Cipitation	Кількість опадів, мм

Таблиця В.5 – Характеристика атрибутів сутності – виробничі умови заготівлі продовольчої сировини на території громади «ProductionConditions»

Назва атрибутів	Характеристики атрибутів
idPC	Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «ProductionConditions» і є його порядковим номером. Він пов'язує таблиці «ProductionConditions» та «VolumesRawMaterials»
NameH	Назва господарства. Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «ProductionConditions» і є його порядковим номером
DistancesPC	Відстань від господарства виробника продовольчої сировини до переробного цеху
RoadConditionPC	Стан дороги від господарства виробника продовольчої сировини до переробного цеху

Таблиця В.6 – Характеристика атрибутів сутності – доступне ресурсне
оснащення заготівлі продовольчої сировини на території громади
«ResourceEquipment»

Назва атрибутів	Характеристики атрибутів
idRE	Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «ResourceEquipment» і є його порядковим номером. Він пов'язує таблиці «ResourceEquipment» та «DurationWorks»
VehicleBrand	Марка транспортного засобу
TransportCapacity	Вмістимість продовольчої сировини у транспортному засобі, літрів (тон)
AverageSpeedS	Середня швидкість руху транспортного засобу у населених пунктах, км/год
AverageSpeedO	Середня швидкість руху транспортного засобу поза населеними пунктами, км/год
FuelConsumption	Витрати палива транспортним засобом, л/км
NumberVehicles	Кількість транспортних засобів, од
NumberPerformers	Чисельність виконавців, осіб

Таблиця В.7 – Характеристика атрибутів сутності – питомі тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини «DurationWorks»

Назва атрибутів	Характеристики атрибутів
idDW	Атрибут, що належить до первинного ключа відношення «DurationWorks» і є його порядковим номером.
VehicleBrand	Марка транспортного засобу
DurationPreparation	Тривалість підготовки транспортного засобу до маршруту, хв
DurationDownload	Питома тривалість завантаження продовольчої сировини у транспортний засіб, хв/1000літрів(1тону)
DurationUnloading	Питома тривалість розвантаження транспортного засобу, хв/1000літрів(1тону)
DurationDocumentsH	Тривалість оформлення експедиційних документів у господарстві, хв
DurationDocumentsP	Тривалість оформлення експедиційних документів у переробному цеху (пункті заготівлі), хв
DurationWashing	Тривалість миття та очищення транспортного засобу, хв.

Додаток Г

Результати генерування скрипта SQL для створення об'єктів БД на сервері у MySQL Workbench

```
-- MySQL Script generated by MySQL Workbench
-- Thu Sep 29 10:57:51 2022
-- Model: New Model   Version: 1.0
-- MySQL Workbench Forward Engineering
```

```
SET @OLD_UNIQUE_CHECKS=@@UNIQUE_CHECKS, UNIQUE_CHECKS=0;
SET @OLD_FOREIGN_KEY_CHECKS=@@FOREIGN_KEY_CHECKS,
FOREIGN_KEY_CHECKS=0;
SET @OLD_SQL_MODE=@@SQL_MODE,
SQL_MODE='ONLY_FULL_GROUP_BY,STRICT_TRANS_TABLES,NO_ZERO_IN_DATE,NO_
O_ZERO_DATE,ERROR_FOR_DIVISION_BY_ZERO,NO_ENGINE_SUBSTITUTION';
```

```
-- Schema Provision
-----
```

```
-- Schema Provision
-----
```

```
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS `Provision` DEFAULT CHARACTER SET utf8 ;
USE `Provision` ;
```

```
-- Table `Provision`.`ProductionConditions`
-----
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Provision`.`ProductionConditions` (
  `idPC` INT NOT NULL,
  `NameH` VARCHAR(45) NOT NULL,
  `DistancesPC` INT(4) NOT NULL,
  `RoadConditionPC` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`idPC`))
ENGINE = InnoDB;
```

```
-- Table `Provision`.`Husbandry`
-----
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Provision`.`Husbandry` (
  `idH` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `TypeH` VARCHAR(4) NOT NULL,
  `TerritorialH` VARCHAR(20) NOT NULL,
  `LatitudeH` DECIMAL(2,5) NOT NULL,
  `LongitudeH` DECIMAL(2,5) NOT NULL,
  `NameH` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`idH`),
  INDEX `fk_Husbandry_ProductionConditions1_idx` (`NameH` ASC) VISIBLE,
```

```

CONSTRAINT `fk_Husbandry_ProductionConditions1`
  FOREIGN KEY (`NameH`)
  REFERENCES `Provision`.`ProductionConditions` (`NameH`)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB;

```

```

-----
-- Table `Provision`.`ProductionResources`
-----

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Provision`.`ProductionResources` (
  `idPR` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `QuantityPR` INT NOT NULL,
  `ProductionPR` FLOAT NULL,
  `TypePR` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`idPR`),
  INDEX `Husbandry_idx` (`TypePR` ASC) VISIBLE,
  CONSTRAINT `Husbandry`
    FOREIGN KEY (`TypePR`)
    REFERENCES `Provision`.`Husbandry` (`NameH`)
    ON DELETE CASCADE
    ON UPDATE CASCADE)
ENGINE = InnoDB;

```

```

-----
-- Table `Provision`.`VolumesRawMaterials`
-----

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Provision`.`VolumesRawMaterials` (
  `idVRM` INT NOT NULL,
  `Data` DATE NOT NULL,
  `ProductionVRM` INT NOT NULL,
  `FractionVRM` FLOAT(3) NOT NULL,
  `TypePR` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`idVRM`),
  INDEX `ProductionResources_idx` (`TypePR` ASC) VISIBLE,
  CONSTRAINT `ProductionResources`
    FOREIGN KEY (`TypePR`)
    REFERENCES `Provision`.`ProductionResources` (`TypePR`)
    ON DELETE CASCADE
    ON UPDATE CASCADE)
ENGINE = InnoDB;

```

```

-----
-- Table `Provision`.`ClimaticConditions`
-----

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Provision`.`ClimaticConditions` (
  `idCC` INT NOT NULL,
  `Data` DATE NOT NULL,
  `Temperature` SMALLINT(2) NOT NULL,

```

```

`Pressurepre` SMALLINT(3) NOT NULL,
`Cipitation` SMALLINT(3) NOT NULL,
`NameH` VARCHAR(45) NOT NULL,
INDEX `Husbandry_idx` (`NameH` ASC) VISIBLE,
PRIMARY KEY (`idCC`),
CONSTRAINT `Husbandry`
  FOREIGN KEY (`NameH`)
  REFERENCES `Provision`.`Husbandry` (`NameH`)
  ON DELETE CASCADE
  ON UPDATE CASCADE)
ENGINE = InnoDB;

```

```

-----
-- Table `Provision`.`ResourceEquipment`
-----

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Provision`.`ResourceEquipment` (
  `idRE` INT NOT NULL,
  `TypeVehicle` VARCHAR(45) NULL,
  `TransportCapacity` FLOAT(2,1) NULL,
  `AverageSpeedS` INT(3) ZEROFILL NULL,
  `AverageSpeedO` INT(3) ZEROFILL NULL,
  `FuelConsumption` FLOAT(2,1) NULL,
  `NumberVehicles` INT(2) NULL,
  `NumberPerformers` INT(1) NULL,
  `VehicleBrand` VARCHAR(45) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`idRE`),
  INDEX `fk_ResourceEquipment_VolumesRawMaterials1_idx` (`VehicleBrand` ASC) VISIBLE,
  CONSTRAINT `fk_ResourceEquipment_VolumesRawMaterials1`
    FOREIGN KEY (`VehicleBrand`)
    REFERENCES `Provision`.`VolumesRawMaterials` (`Data`)
    ON DELETE NO ACTION
    ON UPDATE NO ACTION)
ENGINE = InnoDB;

```

```

-----
-- Table `Provision`.`DurationWorks`
-----

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Provision`.`DurationWorks` (
  `idDW` INT NOT NULL,
  `VehicleBrand` VARCHAR(45) NOT NULL,
  `DurationPreparation` DECIMAL(2,1) NOT NULL,
  `DurationDownload` DECIMAL(2,1) NOT NULL,
  `DurationUnloading` DECIMAL(2,1) NOT NULL,
  `DurationDocumentsH` DECIMAL(2,1) NOT NULL,
  `DurationDocumentsP` DECIMAL(2,1) NOT NULL,
  `DurationWashing` DECIMAL(2,1) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`idDW`),
  INDEX `ResourceEquipment_idx` (`VehicleBrand` ASC) VISIBLE,
  CONSTRAINT `ResourceEquipment`
    FOREIGN KEY (`VehicleBrand`)

```

```
REFERENCES `Provision`.`ResourceEquipment` (`VehicleBrand`)  
ON DELETE RESTRICT  
ON UPDATE RESTRICT)  
ENGINE = InnoDB;
```

```
SET SQL_MODE=@OLD_SQL_MODE;  
SET FOREIGN_KEY_CHECKS=@OLD_FOREIGN_KEY_CHECKS;  
SET UNIQUE_CHECKS=@OLD_UNIQUE_CHECKS;
```

Додаток Д

Початкові дані для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території об'єднаної громади

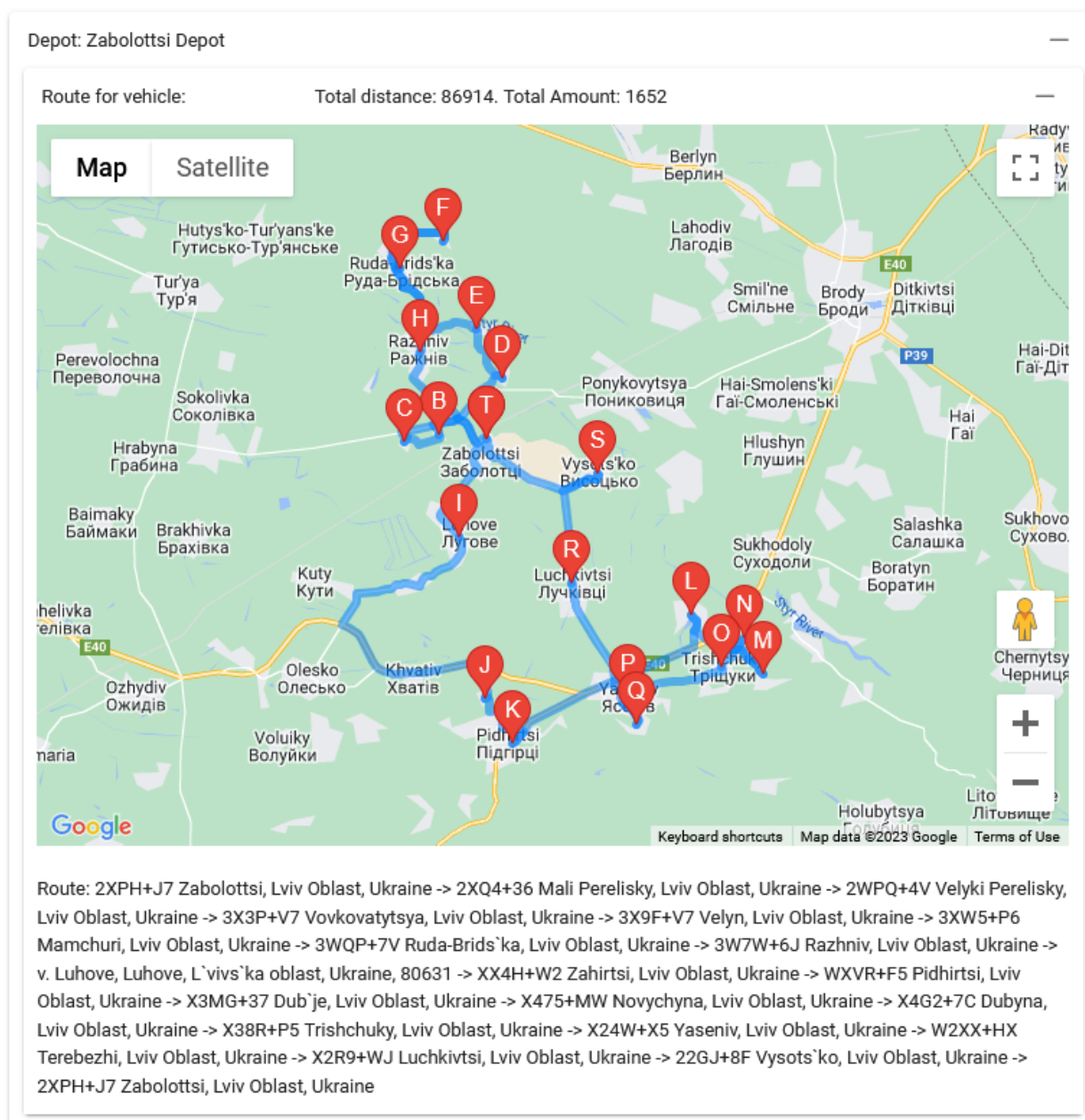
Таблиця Д.1 – Прогнозовані обсяги заготівлі молока на території
Заболотцівської об'єднаної територіальної громади

№ з/п	Назва населеного пункту об'єднаної територіальної громади	Обсяг заготівлі молока, літрів					
		05.03.2023	02.04.2023	07.05.2023	28.05.2023	02.07.2023	01.10.2023
1	с. Великі Переліски	26	29	66	72	63	56
2	с. Висоцько	157	177	396	430	379	333
3	с. Лугове	177	199	446	484	427	375
4	с. Малі Переліски	15	17	39	42	37	32
5	с. Велин	26	29	66	72	63	56
6	с. Вовковатиця	39	44	99	108	95	83
7	с. Мамчурі	13	15	33	36	32	28
8	с. Руда-Брідська	31	34	77	84	74	65
9	с. Ражнів	92	103	231	251	221	194
10	с. Загірці	24	27	61	66	58	51
11	с. Підгірці	227	255	572	621	548	481
12	с. Дуб'є	135	152	341	370	327	287
13	с. Дубина	74	83	187	203	179	157
14	с. Лучківці	201	226	506	550	485	426
15	с. Новичина	35	39	88	96	84	74
16	с. Тербежі	28	32	72	78	68	60
17	с. Тріщуки	55	61	138	149	132	116
18	с. Ясенів	297	334	749	812	716	629
Всього		1652	1856	4167	4524	3987	3503

Додаток Е

Результати оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території об'єднаної громади

Generated Report



Cancel

Save

Рисунок Е.1 – Результати оперативного планування заготівлі молока на території громади станом на 05.03.2023р.

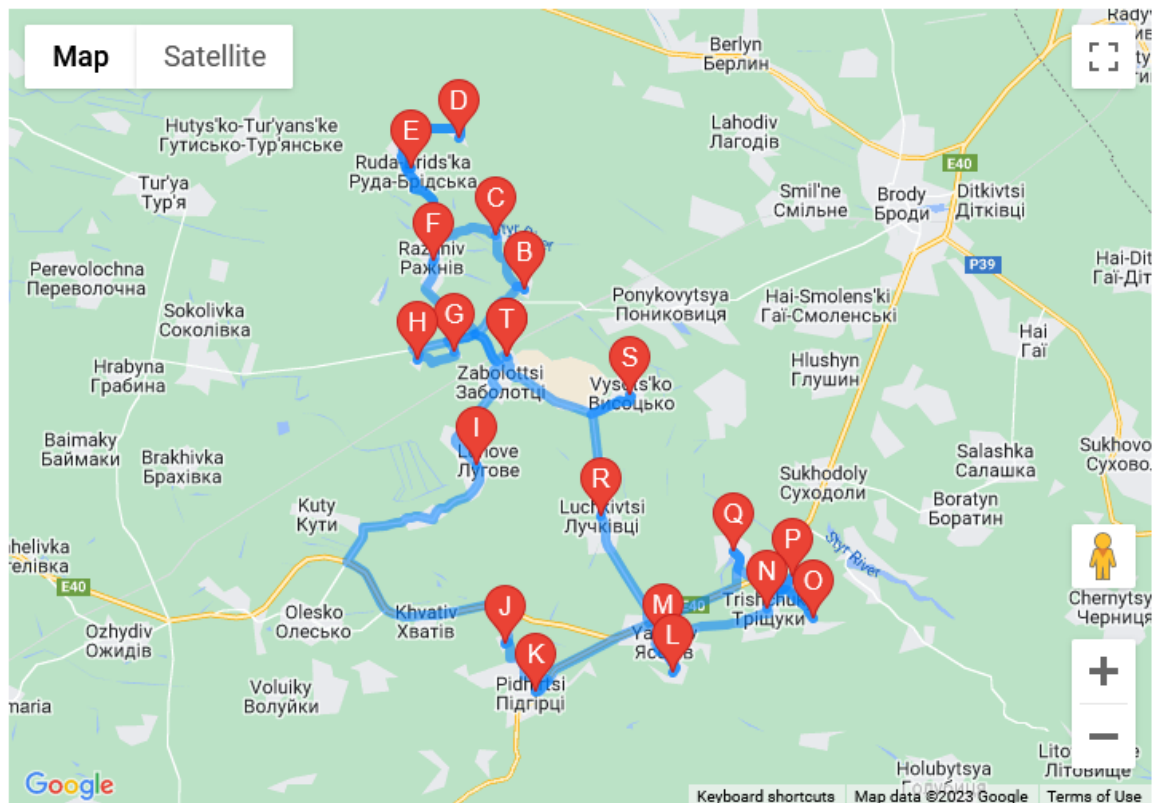
Generated Report



Depot: Zabolottsi Depot

Route for vehicle:

Total distance: 86848. Total Amount: 1856

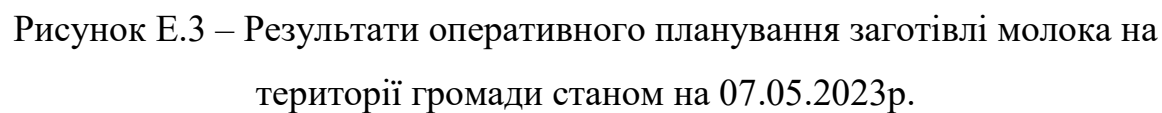


Route: 2XPH+J7 Zabolottsi, Lviv Oblast, Ukraine -> 3X3P+V7 Vovkovatytsya, Lviv Oblast, Ukraine -> 3X9F+V7 Velyn, Lviv Oblast, Ukraine -> 3XW5+P6 Mamchuri, Lviv Oblast, Ukraine -> 3WQP+7V Ruda-Bryds'ka, Lviv Oblast, Ukraine -> 3W7W+6J Razniv, Lviv Oblast, Ukraine -> 2XQ4+36 Mali Perelisky, Lviv Oblast, Ukraine -> 2WPQ+5V Velyki Perelisky, Lviv Oblast, Ukraine -> v. Luhove, Luhove, L'vivs'ka oblast, Ukraine, 80631 -> XX4H+W2 Zahirtsy, Lviv Oblast, Ukraine -> WXVR+F5 Pidhirtsy, Lviv Oblast, Ukraine -> W2XX+HX Terebezhi, Lviv Oblast, Ukraine -> X24W+X5 Yaseniv, Lviv Oblast, Ukraine -> X38R+P5 Trishchuky, Lviv Oblast, Ukraine -> X475+MW Novychyna, Lviv Oblast, Ukraine -> X4G2+7C Dubyna, Lviv Oblast, Ukraine -> X3MG+37 Dub'je, Lviv Oblast, Ukraine -> X2R9+WJ Luchkivtsi, Lviv Oblast, Ukraine -> 22GJ+8F Vysots'ko, Lviv Oblast, Ukraine -> 2XPH+J7 Zabolottsi, Lviv Oblast, Ukraine

Cancel

Save

Рисунок Е.2 – Результати оперативного планування заготівлі молока на території громади станом на 02.04.2023р.



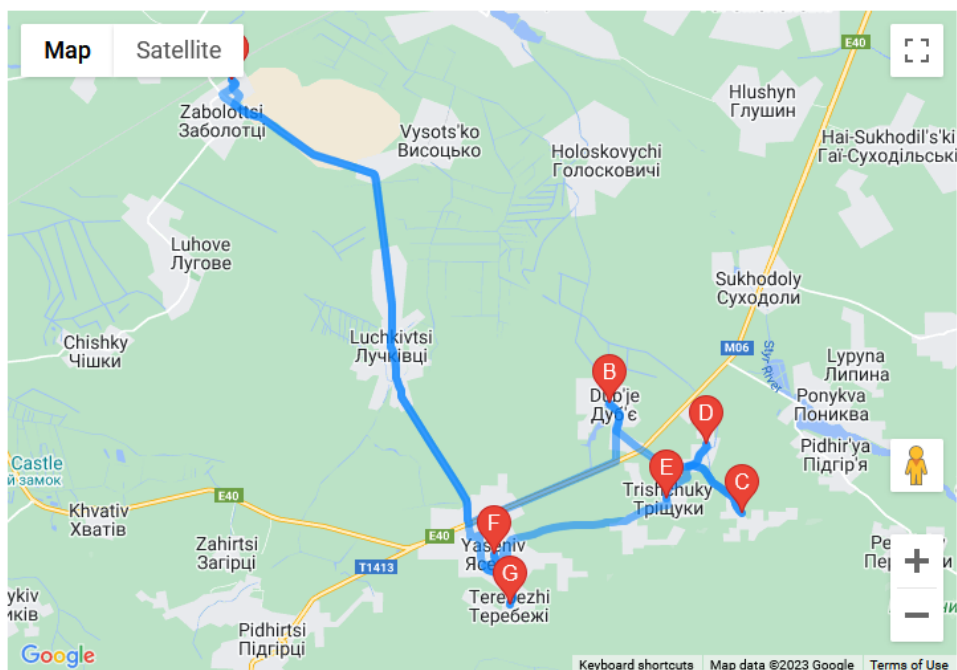
Generated Report



Depot: Zabolottsi Depot

Route for vehicle: Total distance: 36756. Total Amount: 1667

Route for vehicle: Total distance: 39372. Total Amount: 1708



Route: 2XPH+J7 Zabolottsi, Lviv Oblast, Ukraine -> X3MG+37 Dub'je, Lviv Oblast, Ukraine -> X475+MW Novychyna, Lviv Oblast, Ukraine -> X4G2+7C Dubyna, Lviv Oblast, Ukraine -> X38R+P5 Trishchuky, Lviv Oblast, Ukraine -> X24W+X5 Yaseniv, Lviv Oblast, Ukraine -> W2XX+HX Terebezhi, Lviv Oblast, Ukraine -> 2XPH+J7 Zabolottsi, Lviv Oblast, Ukraine

Route for vehicle: Total distance: 39383. Total Amount: 1149

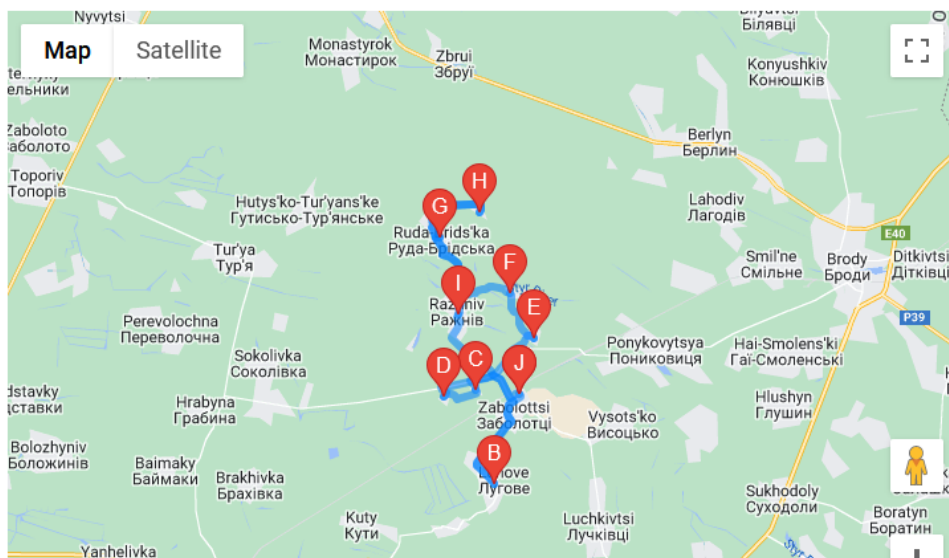


Рисунок Е.4 – Результати оперативного планування заготівлі молока на території громади станом на 28.05.2023р.

Generated Report

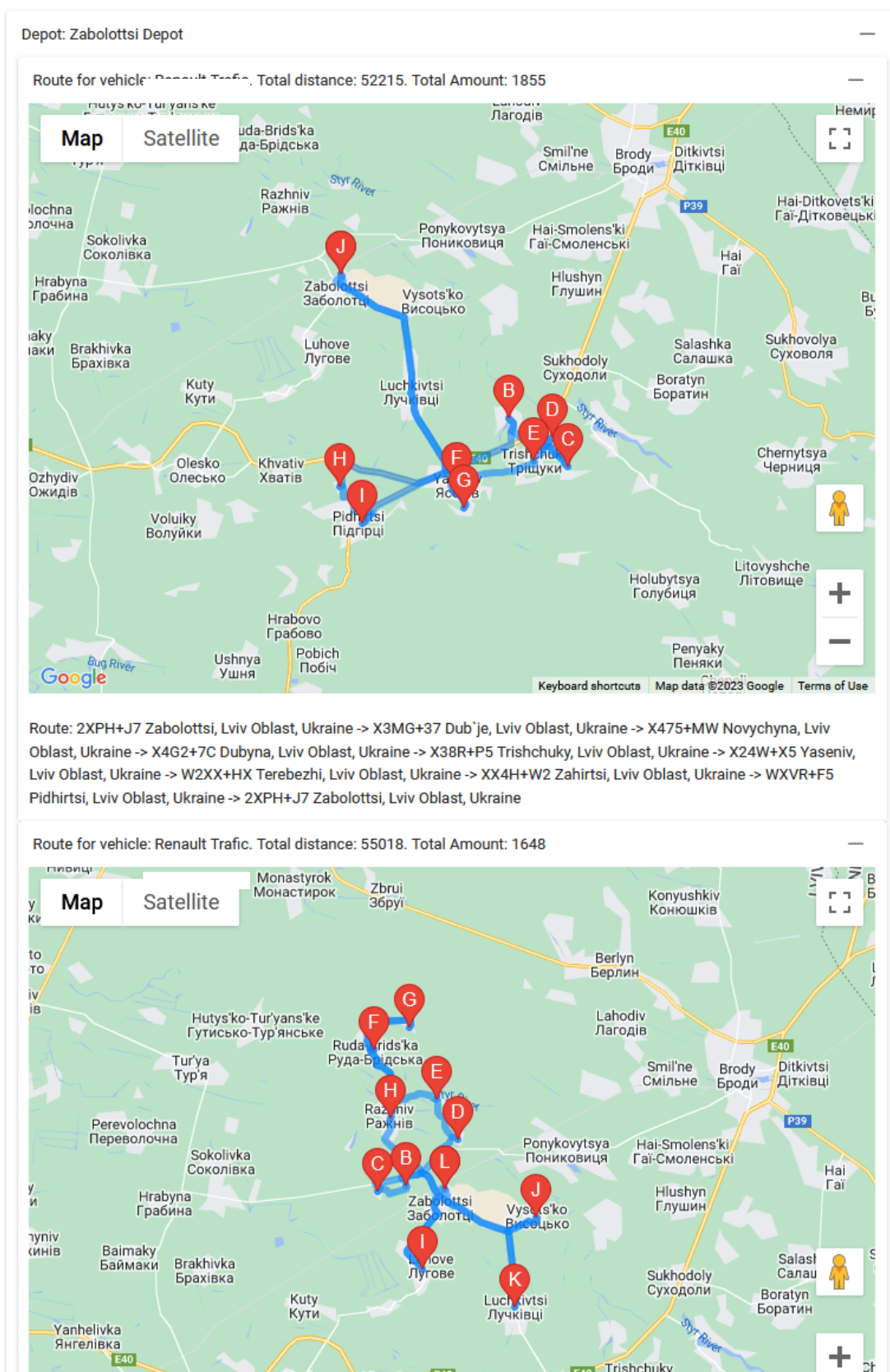
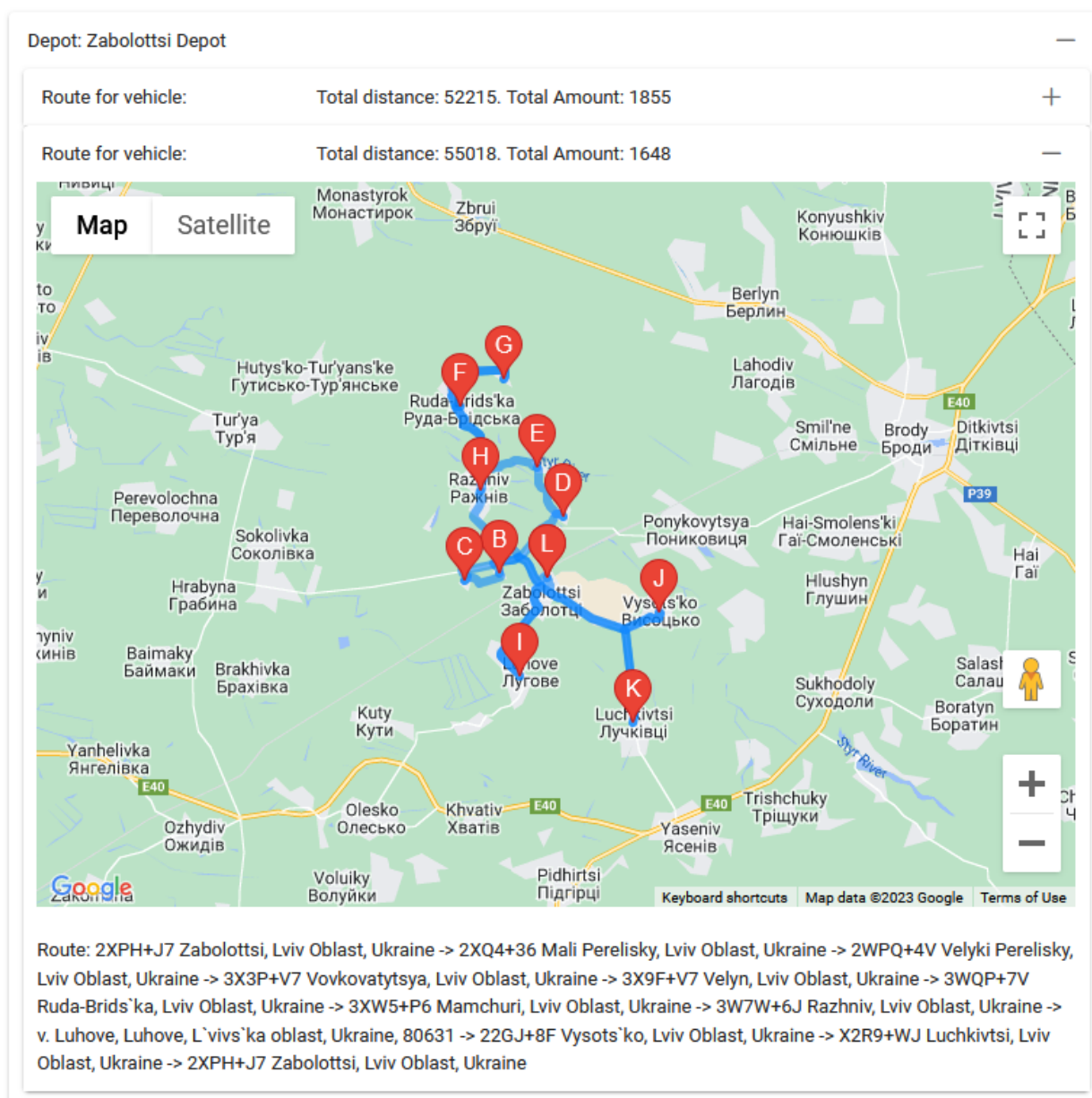


Рисунок Е.5 – Результати оперативного планування заготівлі молока на території громади станом на 02.07.2023р.

Generated Report



Cancel

Save

Рисунок Е.6 – Результати оперативного планування заготівлі молока на території громади станом на 01.10.2023р.

Додаток Ж

Результати оцінення показників ефективності запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень

Таблиця Ж.1 – Результати оцінення показників ефективності запропонованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для оперативного планування заготівлі продовольчої сировини

Показники	Власний досвід та офісні програми	Власний досвід, офісні програми та онлайн сервіс «Della»	Запропонована СППР
Тривалість прийняття рішень T_{np} , с	6360	4320	1320
Достовірність оперативних планів D_{pe} , %	82	86	97

Додаток II

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Статті у міжнародних наукових виданнях і тих, що входять до міжнародних наукометричних баз (МНБ):

1. Tryhuba A., Ratushny R., Tryhuba I., **Koval N.**, Androshchuk I. The Model of Projects Creation of the Fire Extinguishing Systems in Community Territories. Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis. Vol. 68, No. 2, 2020, pp. 419-431. <https://doi.org/10.11118/actaun202068020419>. (1,125 д. а.). *Видання входить до МНБ – Scopus. Особистий внесок автора полягає у виконаному системному аналізі особливостей мінливого проектного середовища гібридних проектів систем безпеки об'єднаних територіальних громад та становить 0,2 друк. арк.*

2. Tryhuba A., Tryhuba I., Bashynsky O., Kondysiuk I., **Koval N.**, Bondarchuk L., Conceptual Model of Management of Technologically Integrated Industry Development Projects. IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2020, IEEE, Lviv, 2020, pp. 155–158. doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321903. (0,625 д. а.). *Видання входить до МНБ – Scopus. Особистий внесок автора полягає у виконаному системному аналізі та описі взаємозв'язків між проектами виробництва сировини, логістичними проектами та проектами створення готової продукції для споживачів та становить 0,12 друк. арк.*

3. **Koval N.**, Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop, MoMLLeT and DS 2021, CEUR Workshop Proceedings 2917, Lviv-Shatsk, 2021, pp. 196–206. (1,05 д. а.). *Видання входить до МНБ – Scopus. Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні підходу та алгоритму*

прогнозування фонду часу виконання робіт у гібридних проектах з урахуванням мінливих природно-кліматичних складових умов та становить 0,2 друк. арк.

4. Tryhuba A., Boyarchuk V., **Koval N.**, Tryhuba I., Boiarchuk O., Pavlikha N. Risk-adapted model of the lifecycle of the technologically integrated programs of dairy cattle breeding. IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2021, IEEE, Lviv, 2021, pp. 307–310. doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648672. (0,625 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні моделі впливу термінів виконання гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини на тривалість життєвого циклу технологічно інтегрованої програми та становить 0,125 друк. арк.*

5. Tryhuba A., **Koval N.**, Shevchuk V., Tryhuba I., Bashynsky O. System Model of Formation of the Value of Projects of Digital Transformation in Rural Communities. IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2021, IEEE, Lviv, 2022, pp. 398–401. doi: 10.1109/CSIT56902.2022. (0,625 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні системної моделі цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад та становить 0,2 друк. арк.*

6. Tryhuba A., Koval N., Tryhuba I., Boiarchuk O. Application of Sarima Models in Information Systems Forecasting Seasonal Volumes of Food Raw Materials of Procurement on the Territory of Communities. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3295, pp. 64–75. (0,925 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні параметрів моделі SARIMA, яка забезпечує якісне прогнозування сезонних обсягів надходження продовольчої сировини, та становить 0,4 друк. арк.*

7. Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., **Koval N.**, Boiarchuk O., Tatomyr A. Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises, in: I Workshop Information Technologies in Energy and Agro-industrial Complex, ITEA-WS 2021, CEUR Workshop Proceedings 3109, Dubliany,

Lviv region, 2021, pp. 44–52. (0,75 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у розробці трирівневої архітектури інтелектуальної інформаційної системи та становить 0,15 друк. арк.*

8. Tryhuba A. M., Koval N. Ya., Ratushnyi A. R., Tryhuba I. L., Shevchuk V. V. Algorithm for the routes formation of food raw materials procurement on the community territory taking into account the production conditions during emergency situations. Applied Aspects of Information Technology, 2023; Vol.6 No.1. pp. 60–73. (1,1 д. а.). **Видання входить до МНБ – Index Copernicus, Research Bible.** *Особистий внесок автора полягає у розробці алгоритму оптимізації мурашинних колоній для формування маршрутів транспортних засобів та становить 0,6 друк. арк.*

Статті у наукових фахових виданнях України:

9. Тригуба А., Тригуба І., Фтома О., Кондисюк І., **Коваль Н.** Системний підхід до оцінення ризиків несвоєчасного виконання робіт в інтегрованих проектах. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. №23. Львів: Львів НАУ, 2019. С. 123-130. (0,84 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні особливості використання ресурсів у гібридних проектах та потребі розроблення методів і моделей врахування мінливих характеристик проектного середовища, що становить 0,1 друк. арк.*

10. Тригуба А., Тригуба І., Чубик Р., Кондисюк І., **Коваль Н.**, Панюра Я. Прогнозування обсягів заготівлі сировини на території громад із використанням штучних нейронних мереж. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. №24. Львів: Львів НАУ, 2020. С.143-151. (1,0 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні архітектури штучної нейронної мережі для прогнозування обсягів заготівлі сировини на території громад, що становить 0,2 друк. арк.*

11. Тригуба А., Кондисюк І., **Коваль Н.** Формування портфелів гібридних проектів автотранспортних підприємств. Вісник Національного

технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами : зб. наук. праць. Харків : НТУ "ХПІ", 2021. № 2 (4). С. 67-72. (0,85 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у виконанні імітаційного моделювання із врахуванням особливостей проектного середовища окремих гібридних проектів та тимчасово доступних ресурсів (транспортні засоби, виконавці), що становить 0,2 друк. арк.*

12. **Коваль Н.** Особливості створення інформаційної технології оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2021. 24. С. 48-56. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.06>. (0,95 д. а.).

13. **Коваль Н.** Функціональні моделі інформаційної технології та архітектура інформаційної системи оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. №25. Львів: Львів НАУ, 2021. С. 157–166. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.157> (1,05 д. а.).

14. Тригуба А., Кондисюк І., **Коваль Н.**, Тригуба І., Боярчук Ок., Боярчук Ол. Планування часу виконання робіт у гібридних проектах. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами : зб. наук. праць. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. № 2 (4). С. 67-72. (1,1 д. а.). Особистий внесок автора полягає у розробленні укрупненого алгоритму навчання нейронної мережі для планування природно-дозволеного часу виконання робіт впродовж окремих діб життєвого циклу гібридних проектів та становить 0,2 друк. арк.*

15. Тригуба А., **Коваль Н.**, Тригуба І., Падюка Р., Боярчук О. Системна модель цифрової трансформації сільських територіальних громад на основі обчислювального інтелекту. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. №26. Львів: Львів НАУ, 2022. С.177-184. (1,1 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробленні системної моделі та виконанні математичного опису повного циклу цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських*

громад із використанням обчислювального інтелекту, що становить 0,3 друк. арк.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

16. Тригуба А.М., Кондисюк І., **Коваль Н.** Алгоритм прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності із використанням машинного навчання. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 20. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2020. С. 39. (0,05 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробленні алгоритму прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності, що становить 0,02 друк. арк.*

17. Тригуба А.М., Ратушний Р.Т., Кондисюк І., **Коваль Н.** Рівні та особливості моделювання гібридних проектів розвитку територіальних систем. *Управління проектами: стан та перспективи*: матеріали XVI Міжнар. конф. – Миколаїв: НУК, 2020. С. 74-75. (0,09 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні особливостей моделювання гібридних проектів розвитку територіальних систем та становить 0,025 друк. арк.*

18. Тригуба А.М., **Коваль Н.Я.** Алгоритм прогнозування добових обсягів молока на території громад. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 21. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2021. С. 51. (0,05 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробці алгоритму прогнозування добових обсягів молока на території громад та становить 0,03 друк. арк.*

19. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., Кондисюк І.В., **Коваль Н.Я.** Планування змісту та часу виконання робіт у гібридних проектах із використанням штучних нейронних мереж. *Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами в умовах пандемії COVID-19»* тези доп. XVII-ї Міжн. конф., Київ: КНУБА, 2021. С.279-284. (0,2 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні особливостей планування змісту та часу виконання робіт у*

гібридних проектах із використанням штучних нейронних мереж та становить 0,05 друк. арк.

20. **Коваль Н.Я.**, Кондисюк І.В., Тригуба А.М. Алгоритм навчання нейронної мережі для планування часу виконання робіт у гібридних проектах. Молодь у світі сучасних технологій за тематикою: *Сучасні інформаційні технології: стан та перспективи розвитку* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (4 червня 2021 р., м. Херсон); за заг. ред. Г.О. Райко. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. – С. 153-156. (0,25 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробленні алгоритму та моделі планування часу виконання робіт у гібридних проектах, що становить 0,08 друк. арк.*

21. Тригуба А., Пташник В., Татомир А., **Коваль Н.Я.**, Кондисюк І.В. Використання штучних нейронних мереж для прогнозування складових гібридних проектів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали ХХІІ Міжнародного науково-парктичного форуму, 5-7 жовтня 2021р.: у 2 т. Львів: ННВК «АТБ», 2021. Т.2. С. 96-100. (0,25 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробці моделі прогнозування складових гібридних проектів, що становить 0,06 друк. арк.*

22. **Коваль Н.**, Кисіль С., Тригуба А. Розробка бази даних інформаційної системи планування заготівлі молока. *Інформаційна безпека та інформаційні технології*: збірник тез доповідей V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів, м. Львів, 26 листопада 2021 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2021, С.137-139. (0,315 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробці бази даних інформаційної системи планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини, що становить 0,15 друк. арк.*

23. Тригуба А.М., **Коваль Н.Я.**, Тригуба І.Л., Кисіль С.Р. Архітектура інформаційної системи оперативного планування заготівлі молока на території громад. *Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі*: матеріали Х-ї міжнародної наукової конференції, присвяченої 165-річчю

університету. Львів-Дубляни, 2021, С. 111–113. (0,315 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні архітектури інформаційної системи оперативного планування заготівлі молока на території громад, що становить 0,1 друк. арк.*

24. Тригуба А.М., **Коваль Н.Я.** Модель SARIMA для оперативного прогнозування обсягів заготівлі молока на території громад. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: каталог інноваційних розробок*; за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 22. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2022. С. 27. (0,05 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у розробці моделі для оперативного прогнозування обсягів заготівлі молока на території громад та становить 0,03 друк. арк.*

Додаток К

Акти впровадження науково-дослідної роботи у практику

«Затверджую»
 Голова Заболотцівської
 об'єднаної територіальної
 громади
 Дискант М. В.
 01 2023 р.

АКТ

про впровадження НДР у виробництво

Ми, що підписалися нижче, голова правління Клубок Л.О. та заступник голови правління Околіта І.В. сільськогосподарського обслуговуючого кооперативу «Покрова» Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Золочівського району Львівській області, з однієї сторони, а також керівник НДР професор кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки, д.т.н., професор Тригуба А.М. та виконавець НДР, ад'юнкт цієї ж кафедри Коваль Н.Я., з другої сторони, склали цей акт про впровадження результатів закінченої науково-дослідної роботи «Моделі та інформаційна технологія планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій».

В результаті НДР виконано: 1) розроблено системну модель цифрової трансформації процесу заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад; 2) алгоритм формування маршрутів транспортних засобів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій; 3) інформаційну технологію для підтримки прийняття рішень оперативного планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

У практику Заболотцівської об'єднаної територіальної громади Золочівського району Львівської області впроваджено: 1) інформаційну систему підтримки прийняття рішень оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій; 2) рекомендації щодо прийняття управлінських рішень під час оперативного планування заготівлі продовольчої сировини на території громади під час надзвичайних ситуацій.

Клубок Л.О.

Околіта І.В.

Тригуба А.М.

Коваль Н.Я.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Т.в.о ректора Львівського
 державного університету безпеки
 життєдіяльності
 Роман ПАТУШНИЙ
 05 2023 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
 результатів дисертаційної роботи
 здобувача третього (освітньо-наукового) рівня освіти із спеціальності 122
 «Комп'ютерні науки» Ковалю Назарія Ярославовича за темою «Моделі та
 інформаційна технологія планування гібридних проектів заготівлі продовольчої
 сировини під час надзвичайних ситуацій»
 в освітній процес кафедри інформаційних технологій та систем електронних
 комунікацій

Цим актом засвідчується, що в освітньому процесі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності у рамках викладання дисциплін «Інтелектуальний аналіз даних», «Системи підтримки прийняття рішень» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти та «Інтелектуальні системи аналізу даних та підтримки прийняття рішень» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня освіти з спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», використовуються результати дисертаційного дослідження Ковалю Назарія Ярославовича за темою «Моделі та інформаційна технологія планування гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини під час надзвичайних ситуацій», а також результати виконання науково-дослідної роботи «Інформаційні технології управління проектами розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності» (ДР № 0119U002950), яка входила до переліку наукових досліджень Університету. Освітній процес з означених дисциплін забезпечується на кафедрі інформаційних технологій та систем електронних комунікацій (лектор д.т.н., професор, професор кафедри Тригуба А.М.). Окремі наукові положення дисертаційного дослідження відображені в силабусах дисциплін та методичних матеріалах окремих тем курсів.

Начальник кафедри інформаційних
 технологій та систем електронних комунікацій
 к.т.н., доцент



Олександр Придатко