

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Міністерства освіти і науки України
Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МЕДВЕДЄВ ЄВГЕН ПАВЛОВИЧ

УДК 656.073.7

ДИСЕРТАЦІЯ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ

05.22.01 – транспортні системи

27 Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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

Науковий керівник –
Лебідь Ірина Георгіївна,
кандидат технічних наук,
доцент

Ідентичність усіх примірників дисертації
Засвідчую
Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02
_____ В. І. Каськів

Сєвєродонецьк – 2019

АНОТАЦІЯ

Медведєв Є.П. Підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 – Транспортні технології (за видами)). – Національний транспортний університет МОН України, Київ, 2019.

У вступі розкрито сутність і стан наукової проблеми, обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано її мету і конкретні задачі, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів досліджень.

У першому розділі проведено аналіз сучасних методів організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці та оцінено значущість впливу на нього погодно-кліматичних умов.

Встановлено, що головним недоліком існуючих методів, методик та підходів є неврахування погодно-кліматичних умов та їхнього впливу на організацію транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

На прикладі Луганської області вперше проведено експертну оцінку впливу параметрів погодно-кліматичних умов на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці. За статистичної обробки результатів анкетування за 10 бальною шкалою опитування, отримано кількісні дані, які дозволили оцінити значущість впливу «зовнішнього середовища» на збирально-транспортний комплекс. При цьому на основі розрахунків за кожною категорією експертів та в цілому середніх значень прогнозованої величини, її дисперсії, довірчого інтервалу визначено коефіцієнт варіації оцінок.

За результатами аналізу в області використання нечіткої логіки відносно складних об'єктів керування, встановлено, що нечітка логіка є результативною

при наявності складного об'єкта керування, інформація про поведінку якого є стохастичною та невизначеною. Саме до таких об'єктів належить транспортне забезпечення збирально-транспортного комплексу.

На основі системного підходу, методів аналізу та синтезу науково обґрунтовано та класифіковано погодно-кліматичні, технічні та технологічні параметри, які чинять найсуттєвіший вплив на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці. Встановлено, що погодно-кліматичні параметри – це дощ, роса, град; технічних параметрів – тип дороги, ширина жатки, вологість культури, стан ґрунту, відносна вологість ґрунту, швидкість руху комбайну, продуктивність комбайну, експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів); для технологічних параметрів – вантажопідйомність транспортних засобів (автомобілів), відстань від поля до току, площа поля, урожайність, полеглість, кількість комбайнів, кількість транспортних засобів (автомобілів), час обертів транспортних засобів (автомобілів), спосіб збирання. Це дозволило в подальшому на їхній основі провести структурну та параметричну ідентифікацію транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

У другому розділі розглянуто теоретико-методичні аспекти транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

При цьому теоретично обґрунтовано схему побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, яка складається з рівнів структурної та параметричної ідентифікації.

При проведенні структурної ідентифікації системи на основі опрацювання формальних аналітичних якостей її елементів, теоретичних та евристичних міркувань експертів, визначено структуру системи та запропоновано її основні елементи: «Погодно-кліматичні умови», що характеризують вплив зовнішнього середовища, «Поле», «Культура», «Спосіб збирання», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль». Кожному із елементів

збирально-транспортного комплексу надано характерні для нього параметри, за допомогою яких здійснюється моделювання транспортного забезпечення.

На основі методу аналізу ієрархій Сааті теоретично обґрунтовано та класифіковано незалежні параметри за силою їхнього впливу на транспортне забезпечення з урахуванням погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів. При цьому встановлено, що погодно-кліматичні параметри «Дощ», «Роса» та «Град» чинять найсуттєвіший вплив на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, їхні розрахункові коефіцієнти впливу, відповідно, складають 0,31; 0,22; 0,15.

Виконано параметричну ідентифікацію системи, що дозволило встановити залежності між параметрами системи, які мають місце як у контексті «залежні параметри – незалежні параметри» так й у контексті «залежні параметри – залежні параметри».

На рівні проведення параметричної ідентифікації збирально-транспортного комплексу виконано присвоєння термів кожному з залежних та незалежних параметрів на основі методу експертних оцінок. Проведено фазифікацію параметрів збирально-транспортного комплексу за допомогою трикутної та трапецієвидної функцій приналежності $\mu(u)$.

Розроблено правила нечіткого логічного висновку моделей для параметрів системи функціонування транспортного забезпечення. При цьому кожний такий нечіткий логічний висновок утворює окрему модель, яка відповідає за розрахунок конкретного параметру.

У третьому розділі розроблено модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на основі нечіткої логіки

На основі структурної та параметричної ідентифікації розроблено математичну модель транспортного забезпечення, яка на відміну від існуючих дозволяє формалізувати зв'язок погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного-комплексу. Використання такої моделі дозволяє: отримувати залежності між параметрами системи «залежні параметри – незалежні параметри» та «залежні параметри –

залежні параметри»; присвоювати терми кожному з параметрів; будувати графіки фазифікації та дефазифікації транспортного забезпечення збирально-транспортного-комплексу; а також розробляти правила нечіткого логічного висновку моделей для параметрів системи функціонування транспортного забезпечення.

Модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці являє собою граф з 9 витокami (B), 5 рівнями ієрархії впливу (I, II, III, IV, V) та одним стоком (C).

В моделі в якості витоків (B) виступають вхідні параметри: погодно-кліматичні – дощ, град, роса; технологічні параметри – площа поля, відстань від поля до току, вантажопідйомність та технічні параметри – тип дороги, ширина жатки, відносна вологість ґрунту. Кінцевим результатом імітаційної моделі є стік (C), який представлено у вигляді параметру «Кількість транспортних засобів», що необхідно визначити.

В свою чергу, загальна модель складається із 10 моделей за рівнями. До моделей I рівня належать наступні моделі: «Полеглість»; «Стан ґрунту»; «Вологість культури»; «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів». До моделей II рівня належать моделі: «Спосіб збирання»; «Урожайність»; «Час оберту транспортних засобів». До моделей III рівня належить модель «Швидкість руху комбайну». До моделей IV рівня належить модель «Продуктивність комбайну». До моделей V рівня належить модель «Кількість комбайнів».

Імітаційне моделювання транспортного забезпечення виконано в додатку Fuzzy Logic Toolbox в пакеті MATLAB, що містить інструменти для проектування систем нечіткої логіки та графічний інтерфейс в Simulink для інтерактивного покрокового проектування нечітких систем.

Розроблені схема побудови системи функціонування транспортного забезпечення та математична модель покладені в основу методу імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, який на відміну від існуючих, поєднує погодно-кліматичні,

технічні та технологічні параметри і дозволяє визначити раціональну кількість транспортних засобів на період жнив; оперативно вносити зміни у планування одиниць транспорту; підвищити ефективність транспортного забезпечення в агропромисловому комплексі.

На основі імітаційного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю та алгоритмів його реалізації розроблено програмне забезпечення у вигляді комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)», яка дозволила провести розрахунки необхідної кількості транспортних засобів при збиранні врожаю озимої пшениці.

У четвертому розділі проведено моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, здійснено перевірку адекватності розробленої математичної моделі, виконано розрахунок очікуваного економічного ефекту.

Апробація розробленої математичної моделі здійснювалася на базі сільського фермерського господарства – далі СФГ «САША», яке розташоване у селі Шульгинка Старобільського району Луганської області та вирощуванням зернових культур (озимої пшениці), бобових і насінням олійних культур.

За допомогою програми WCC CAT, на основі реалізації структурно-логічних схем математичної моделі за ситуаціями пораховано необхідну кількість автомобілів, які забезпечують транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці на СФГ «САША». Результати розрахунку наведені у вигляді порівняння кількості транспортних засобів за даними СФГ «САША» та програми WCC CAT. Аналіз отриманих результатів показує: погодно-кліматичні умови чинять найсуттєвіший вплив на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці; врахування впливу параметрів погодно-кліматичних умов за допомогою WCC CAT дозволяє отримати раціональну кількість транспортних засобів, за рахунок чого дає можливість скоротити загальну планову потребу СФГ «САША» в автомобілях на одну одиницю,

тобто замість 9 використовувати 8 автомобілів, не порушуючи при цьому терміни збирання врожаю – 12 днів.

На основі проведених досліджень розроблено методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу, яка враховує вплив погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів і дозволяє визначити необхідну кількість транспортних засобів на період жнив.

На прикладі СФГ «САША» проведено розрахунок економічного ефекту від впровадження програми WCC SAT при збиранні врожаю озимої пшениці за сезонами 2016-2018 року. Результати розрахунків економічного ефекту складаються за рахунок економії витрат на паливо-мастильні матеріали, заробітну плату водіям, єдиний соціальний внесок та амортизацію транспортних засобів та становлять за роками: 2016 р. – 24,8 тис. грн.; 2017 р. – 32,6 тис. грн.; 2018 р. – 36,5 тис. грн.

Ключові слова: врожай, експертна оцінка, параметрична ідентифікація, погодно-кліматичний параметр, технічний параметр, технологічний параметр, структурна ідентифікація, транспортне забезпечення, транспортний засіб.

Список публікацій здобувача

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Medvediev Ie, Lebid I, Bragin M. Assessment of the weather and climate conditions impact on the organization and planning of transport support for wheat harvesting // TEKA of the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol. 17, No. 2. P. 45-54.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Медведєв Є. П. Факторний аналіз організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових культур в Україні // Управління проектами, системний аналіз і логістика. К.: НТУ, 2016. Вип. 18, ч. 1. С. 86-93.

3. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Теоретичні аспекти визначення транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Вісник

Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Сєверодонецьк, 2017. №3 (233). С. 111-115.

4. Медведєв Є. П. Сучасний стан та перспективи розвитку транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. К.: ДУІТ, 2018. Вип. 31. С. 236-244.

5. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Обґрунтування доцільності застосування апарату нечіткої логіки у транспортних процесах збирання врожаю пшениці // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 11. С. 269-279.

6. Медведєв Є. П. Обґрунтування використання погодно-кліматичних факторів при організації збирально-транспортного процесу застосуванням методу експертних оцінок // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 14. С. 184-193.

7. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортного процесу збирання врожаю на основі методу аналізу ієрархій Сааті // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2018. Вип. 29. С. 103-116.

8. Барбарук Л. В., Зубарев Д. В., Медведєв Є. П., Барбарук В. М. Використання нечітких моделей для планування збиральних робіт у різних кліматичних умовах // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. № 6 (247). С. 175-179.

9. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й., Зубарев Д. В. Розробка комп'ютерної програми для організації та планування транспортного процесу при збиранні врожаю ранньої пшениці [Електронний ресурс] // Наукові вісті Далівського університету. 2018. № 15. – Режим доступу до журн.: <http://nvdu.pp.ua>.

Список опублікованих праць апробаційного характеру

10. Медведєв Є. П. Щодо проблем транспортного обслуговування агропромислового комплексу. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті* : зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2015. С. 141.

11. Medvediev Ie. The effect of the weather conditions in the operation of transport and logistics systems of agriculture. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific Conference, Strasbourg (France). Severodonetsk: Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2016. P. 72.

12. Медведєв Е. П. Особенности организации и планирования транспортного обеспечения при уборке урожая. *Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения* : сб. науч. ст. по материалам междунар. науч. конф. молодых ученых. Гродно: ГрГУим. Я. Купалы, 2017. С. 206-209.

13. Медведєв Е. П., Лебедь И. Г. Использование локальных сельскохозяйственных метеостанций при организации и планировании работы транспорта для уборки урожая пшеницы. *Безопасность движения и инновационная деятельность в транспортной сфере* : материалы науч.-практ. конф. (29-30 июня 2017 г.). Душанбе: ТТУ им. академика М. С. Осими, 2017. С. 38-39.

14. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання визначення транспортного забезпечення збирального комплексу. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доп. К.: НТУ, 2017. С. 264.

15. Медведєв Є. П. Експертна оцінка впливу погодних умов на транспортне забезпечення. *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. XV міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 89.

16. Medvediev Ie. In regard of taking into account the weather condition at organizing and planning transport provision in agriculture. *Innovations of transport and logistics infrastructure. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific and Practical Conferenc. Dresden (Germany), Paris (France) 3-12 May 2017. Severodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. P. 125.

17. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортних процесів сільського господарства з врахуванням погодних умов. *Енергооптимальні технології перевізного процесу* : тези II міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 76-77.

18. Блезнюк О. І., Медведєв Є. П., Сорока С. І. Використання методів точного землеробства при організації транспортного забезпечення в період збору врожаю. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті*: зб. наук. праць конф. – Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 21-23.

19. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання сучасного стану транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: зб. наук. праць X міжнар. наук.-практ. конф. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 208-210.

20. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо обґрунтування математичної моделі транспортного забезпечення з урахуванням погодних умов. *LXXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доп. К.: НТУ, 2018. С. 273.

21. Медведєв Є. П. Моделювання збирально-транспортних процесів на основі моделі типу Мамдані // *Молодь і сільськогосподарська техніка у сторіччі. XIV міжнар. форум молоді (5-6 квіт. 2018 р.)* : зб. матеріалів форуму. Харків: ХНТУСГ. 2018. С. 62.

22. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей математичного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових за допомогою нечіткої логіки. *82-а науково-технічна та*

науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету (7–11 трав. 2018 р.). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 62.

23. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. *Щодо особливостей алгоритмізації збирально-транспортного процесу на основі нечіткої логіки 82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету (7–11 трав. 2018 р.). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 87.*

24. Медведєв Є. П. *Врахування погодно-кліматичних умов у збирально-транспортному процесі на основі експертних оцінок. Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (22-23 трав. 2018 р., м. Харків). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 188-190.*

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір

25. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Барбарук В. М., Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму №84073 «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport» (WCC CAT) - № 85087; заявл. 06.11.2018; зареєстр. 02.01.2019.

26. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Лебідь І. Г., Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму № 84966 «Weight Assignment Modeling Transport Process» - №85801; заявл. від 05.12.2018 зареєстр. 29.01.2019.

ABSTRACT

Medvediev Ie.P. Improving the efficiency of transportation support of the harvesting and transportation complex. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The thesis for attaining the Candidate Degree in technical sciences in specialty 05.22.01 "Transport systems" (275 – Transport technologies (by types)). – National Transport University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2019.

The introduction reveals the nature and the state of the research problem, substantiates the work's relevance, formulates its purpose and specific tasks, the research novelty and practical significance of the obtained research results.

The first chapter analyses the modern methods of organizing transportation support for winter wheat harvesting and determines the significance of weather and climatic conditions during this process.

It is established that the main disadvantage of the existing methods, techniques and approaches is neglect of weather and climatic conditions and their influence on organizing transportation support for the harvesting and transportation complex.

Based on the example of Luhansk oblast, an expert evaluation of the influence of the parameters of weather and climatic conditions on transportation support during winter wheat harvesting is conducted for the first time. During statistical processing of the results of the 10-point grading scale questionnaire, quantitative data are obtained, allowing to evaluate the significance of the influence of the "external environment" on the harvesting and transportation complex. At the same time, the coefficient of variation in estimates is determined on the basis of calculations per each expert category and generally per average values of the predicted value, its variance, and the confidence interval.

Based on the analysis of use of fuzzy logic for complex control objects, it is found out that fuzzy logic is effective in case of availability of a complex control object the behaviour information of which is stochastic and uncertain. These objects include transportation support for the harvesting and transportation complex.

Based on the systematic approach, methods of analysis and synthesis there are scientifically substantiated and classified weather and climatic, technical and technological parameters that have the most significant influence on transportation support during winter wheat harvesting. It is established that the weather and climatic parameters are rain, dew, hail; technical parameters are road type, harvester width, crop moisture, soil condition, relative soil moisture, combine speed, combine productivity, operating speed of vehicles (cars); technological parameters are load capacity of vehicles (cars), distance from field to threshing-floor, field area, crop

yield, slope, number of combines, number of vehicles (cars), turnaround time of vehicles (cars), harvesting method. This allows to carry out further structural and parametric identification of transportation support for the harvesting and transportation complex on their basis.

The second chapter discusses the theoretical and methodological aspects of transportation support for winter wheat harvesting.

At the same time, the design of the transportation support operating system of the harvesting and transportation complex, which consists of levels of structural and parametric identification is theoretically substantiated.

During structural identification of the system based on processing of formal analytical qualities of its elements, theoretical and heuristic considerations of experts, the system structure is determined and its main elements are proposed: “Weather and Climatic Conditions”, characterizing the influence of the environment, “Field”, “Crop”, “Harvesting Method”, “Combine”, “Road”, “Car”. Each of the elements of the harvesting and transportation complex is given its characteristic parameters by which transportation support is modelled.

On the basis of Saati’s hierarchy analysis method, the independent parameters are theoretically substantiated and classified according to their influence on transportation support, taking into account weather and climatic, technical and technological parameters. It is found out that weather and climatic parameters “Rain”, “Dew” and “Hail” have the most significant influence on transportation support when harvesting winter wheat, their estimated influence coefficients are respectively 0.31; 0.22; 0.15.

Parametric identification of the system is performed, allowing to establish dependencies between the system parameters that take place both in the context of “dependent parameters - independent parameters” and in the context of “dependent parameters - dependent parameters”.

At the level of parametric identification of the harvesting and transportation complex, the terms are assigned to each of the dependent and independent parameters based on the method of expert evaluation. The parameters of the

harvesting and transportation complex are phased using triangular and trapezoidal membership functions $\mu(u)$.

The rules of fuzzy logic inference of models for the parameters of the transportation support operating system are developed. At the same time, each such fuzzy logic inference forms a separate model, which is responsible for calculation of a specific parameter.

The third chapter develops a model of transportation support for winter wheat harvesting based on fuzzy logic.

On the basis of structural and parametric identification, a mathematical model of transportation support is developed, which, unlike the existing ones, allows to formalize the connection between weather and climatic, technical and technological parameters of the harvesting and transportation complex. Usage of this model allows to obtain dependencies between the system parameters “dependent parameters - independent parameters” and “dependent parameters - dependent parameters”; to assign terms to each of the parameters; to construct graphs of phasification and dephasification of transportation support for the harvesting and transportation complex; and to develop rules of fuzzy logic inference of models for the parameters of the transportation support operating system.

The winter wheat harvesting model is a graph with 9 sources (B), 5 levels of influence hierarchy (I, II, III, IV, V) and one sink (C).

In the model sources (B) are the input parameters: weather and climatic - rain, hail, dew; technological parameters - field area, distance from field to threshing-floor, load capacity; and technical parameters – road type, harvester width, soil relative moisture. The final result of the simulation model is the sink (C), which is represented as “Number of Vehicles” parameter that must be determined.

In its turn, the general model consists of 10 models by levels. Models of Level I include the following models: “Slope”; “Soil Condition”; “Crop Moisture”; “Operating Speed of Vehicles”. Level II models include “Harvesting Method”; “Crop Yield”; “Turnaround Time of Vehicles”. Level III models include “Combine

Speed” model. Level IV models include “Combine Productivity” model. Level V models include “Number of Combines” model.

Simulation modelling of transportation support is performed by Fuzzy Logic Toolbox of MATLAB, which contains fuzzy logic system design tools and Simulink GUI for interactive step-by-step design of fuzzy systems.

The design of the transportation support operating system and the mathematical model is based on the method of simulation modelling of transportation support for the harvesting and transportation complex, which, unlike the existing ones, combines weather and climatic, technical and technological parameters and allows to determine the rational number of vehicles for the harvest time; to promptly make changes to the planning of transport units; to increase the efficiency of transportation support in the agro-industrial complex.

On the basis of simulation modelling of transportation support during harvesting and algorithms of its implementation, “Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)” software is developed in the form of computer programme, which allows to carry out calculations of the required number of vehicles for harvesting winter wheat.

The fourth chapter conducts the modelling of transportation support for winter wheat harvesting, verifies the adequacy of the developed mathematical model, and calculates the expected economic benefit.

Testing of the developed mathematical model is carried out on the basis of agricultural farming - henceforth referred as SFG “SASHA”, which is located in the village of Shulhinka of Starobilsk district of Luhansk oblast and involved in growing crops (winter wheat), legume and oil crops.

With the help of WCC CAT programme, based on implementation of logical structure diagrams of the mathematical model, according to the situations the required number of cars is calculated that provide transportation support for harvesting winter wheat at SFG “SASHA”. The results of the calculation are shown in the form of comparison of the number of vehicles according to SFG “SASHA” and the WCC CAT programme. The analysis of the obtained results shows: weather

and climatic conditions have the most significant influence on transportation support during winter wheat harvesting; taking into account the influence of the parameters of weather conditions with the help of WCC CAT allows to obtain a rational number of vehicles, which makes it possible to reduce the total planned need of SFG “SASHA” in cars by one unit, i.e. instead of 9 use 8 cars without violating the harvesting time of 12 days.

On the basis of the conducted research the method of determining the rational number of vehicles of the harvesting and transportation complex is developed, which takes into account the influence of weather and climatic, technical and technological parameters and allows to determine the required number of vehicles for the harvest time.

Based on the example of SFG “SASHA”, the economic benefit of implementation of the WCC CAT programme during winter wheat harvesting for 2016-2018 seasons is calculated. The results of calculations of the economic benefit are compiled at the expense of saving the cost of fuel and lubricants, wages for drivers, the unified social contribution and depreciation of vehicles, and amounts to UAH 24.8 thousand in 2016; UAH 32.6 thousand in 2017; UAH 36.5 thousand in 2018.

Key words: harvesting, expert evaluation, parametric identification, weather and climatic parameter, technical parameter, technological parameter, structural identification, transportation support, vehicle.

Список публікацій здобувача

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Medvediev Ie, Lebid I, Bragin M. Assessment of the weather and climate conditions impact on the organization and planning of transport support for wheat harvesting // TEKA of the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol. 17, No. 2. P. 45-54.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Медведєв Є. П. Факторний аналіз організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових культур в Україні // Управління проектами, системний аналіз і логістика. К.: НТУ, 2016. Вип. 18, ч. 1. С. 86-93.

3. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Теоретичні аспекти визначення транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Сєверодонецьк, 2017. №3 (233). С. 111-115.

4. Медведєв Є. П. Сучасний стан та перспективи розвитку транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. К.: ДУІТ, 2018. Вип. 31. С. 236-244.

5. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Обґрунтування доцільності застосування апарату нечіткої логіки у транспортних процесах збирання врожаю пшениці // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 11. С. 269-279.

6. Медведєв Є. П. Обґрунтування використання погодно-кліматичних факторів при організації збирально-транспортного процесу застосуванням методу експертних оцінок // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 14. С. 184-193.

7. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортного процесу збирання врожаю на основі методу аналізу ієрархій Сааті // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2018. Вип. 29. С. 103-116.

8. Барбарук Л. В., Зубарев Д. В., Медведєв Є. П., Барбарук В. М. Використання нечітких моделей для планування збиральних робіт у різних кліматичних умовах // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. № 6 (247). С. 175-179.

9. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й., Зубарев Д. В. Розробка комп'ютерної програми для організації та планування транспортного процесу при збиранні врожаю ранньої пшениці [Електронний ресурс] // Наукові вісті

Далівського університету. 2018. № 15. – Режим доступу до журн.: <http://nvdu.pp.ua>.

Список опублікованих праць апробаційного характеру

10. Медведєв Є. П. Щодо проблем транспортного обслуговування агропромислового комплексу. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті* : зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2015. С. 141.

11. Medvediev Ie. The effect of the weather conditions in the operation of transport and logistics systems of agriculture. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific Conference, Strasbourg (France). Severodonetsk: Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2016. P. 72.

12. Медведєв Е. П. Особенности организации и планирования транспортного обеспечения при уборке урожая. *Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения* : сб. науч. ст. по материалам междунар. науч. конф. молодых ученых. Гродно: ГрГУим. Я. Купалы, 2017. С. 206-209.

13. Медведєв Е. П., Лебедь И. Г. Использование локальных сельскохозяйственных метеостанций при организации и планировании работы транспорта для уборки урожая пшеницы. *Безопасность движения и инновационная деятельность в транспортной сфере* : материалы науч.-практ. конф. (29-30 июня 2017 г.). Душанбе: ТТУ им. академика М. С. Осими, 2017. С. 38-39.

14. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання визначення транспортного забезпечення збирального комплексу. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доп. К.: НТУ, 2017. С. 264.

15. Медведєв Є. П. Експертна оцінка впливу погодних умов на транспортне забезпечення. *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. XV міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 89.

16. Medvediev Ie. In regard of taking into account the weather condition at organizing and planning transport provision in agriculture. *Innovations of transport and logistics infrastructure. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific and Practical Conferenc. Dresden (Germany), Paris (France) 3-12 May 2017. Severodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. P. 125.

17. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортних процесів сільського господарства з врахуванням погодних умов. *Енергооптимальні технології перевізного процесу* : тези II міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 76-77.

18. Блезнюк О. І., Медведєв Є. П., Сорока С. І. Використання методів точного землеробства при організації транспортного забезпечення в період збору врожаю. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті*: зб. наук. праць конф. – Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 21-23.

19. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання сучасного стану транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: зб. наук. праць X міжнар. наук.-практ. конф. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 208-210.

20. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо обґрунтування математичної моделі транспортного забезпечення з урахуванням погодних умов. *LXXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доп. К.: НТУ, 2018. С. 273.

21. Медведєв Є. П. Моделювання збирально-транспортних процесів на основі моделі типу Мамдані // *Молодь і сільськогосподарська техніка у сторіччі*. XIV міжнар. форум молоді (5-6 квіт. 2018 р.) : зб. матеріалів форуму. Харків: ХНТУСГ. 2018. С. 62.

22. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей математичного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових за допомогою нечіткої логіки. *82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету* (7–11 трав. 2018 р.). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 62.

23. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей алгоритмізації збирально-транспортного процесу на основі нечіткої логіки *82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету* (7–11 трав. 2018 р.). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 87.

24. Медведєв Є. П. Врахування погодно-кліматичних умов у збирально-транспортному процесі на основі експертних оцінок. *Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (22-23 трав. 2018 р., м. Харків). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 188-190.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір

25. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Барбарук В. М., Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму №84073 «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport» (WCC CAT) - № 85087; заявл. 06.11.2018; зареєстр. 02.01.2019.

26. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Лебідь І. Г., Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму № 84966 «Weight Assignment Modeling Transport Process» - №85801; заявл. від 05.12.2018 зареєстр. 29.01.2019.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	29
1.1 Сучасний стан організації транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці.....	29
1.2 Аналіз впливу технічних та технологічних параметрів на організацію транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.....	41
1.3 Аналіз впливу погодно-кліматичних умов на організацію транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.....	45
1.4 Аналіз впливу погодно-кліматичних умов на організацію транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на основі методу експертних оцінок.....	59
1.5 Висновки до розділу 1.....	72
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	74
2.1 Загальна методика дослідження системи транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.....	74
2.2 Структурна ідентифікація системи транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.....	80
2.3 Параметрична ідентифікація системи транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.....	94
2.4 Висновки до розділу 2.....	107
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ.....	109

3.1 Розробка математичної моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.....	109
3.2 Імітаційне моделювання транспортного забезпечення в додатку Fuzzy Logic Toolbox.....	118
3.3 Реалізація імітаційної моделі транспортного забезпечення у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink.....	142
3.4 Розробка програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)».....	148
3.5 Висновки до розділу 3.....	151
РОЗДІЛ 4 МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	152
4.1 Аналіз результатів моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.....	152
4.2 Перевірка адекватності розробленої математичної моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.....	158
4.3 Економічне обґрунтування запропонованих рішень.....	161
4.4 Висновки до розділу 4.....	168
ВИСНОВКИ.....	170
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	172
ДОДАТКИ.....	192

ВСТУП

Актуальність теми. Сільське господарство відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки України. На сьогодні його доля у ВВП країни складає 17 %.

Одним з найголовніших етапів у сільському господарстві є процес збирання врожаю озимої пшениці, складова якої при вирощуванні сільськогосподарських культур становить близько 20-25 %. При цьому провідну роль у процесі збирання врожаю відіграє автомобільний транспорт, доля якого в загальному обсязі перевезень складає 75-80 %.

Характерною особливістю транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці є його обмеженість у часі та вплив погодно-кліматичних умов, які мають стохастичний характер. Як свідчить аналіз збирання ранніх зернових та зернобобових культур в Україні, втрати врожаю зернових через перевищення строків жнив з причини недосконалого транспортного забезпечення та неврахування погодно-кліматичних умов щорічно становлять майже 10 %. Особливу актуальність це набуває в районах ризикованого землеробства, де вплив погодних умов має вирішальне значення.

Сучасні тенденції розвитку агропромислового комплексу країни в умовах обмеженої кількості техніки збирально-транспортного комплексу, її морального й фізичного зносу висувають підвищені вимоги до ефективного використання транспорту сільськогосподарських підприємств. Однак, наявні аналітично-статистичні та статистично-імітаційні моделі транспортного забезпечення не враховують вплив погодно-кліматичних умов на ефективність транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, а вирішують питання в детермінованій постановці. Крім того, необхідно оцінити значущість впливу погодно-кліматичних умов на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці в конкретно взятому регіоні.

Тому підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на основі врахування погодно-кліматичних умов,

технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу є актуальною науково-практичною задачею, вирішення якої є запорукою сталого розвитку сільськогосподарських підприємств.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові результати роботи отримані при виконанні науково-дослідних робіт Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля за темами «Підвищення ефективності транспортного забезпечення підприємств агропромислового комплексу України» (номер державної реєстрації ДО №0116U008787) та Національного транспортного університету «Підвищення ефективності функціонування інтегрованих транспортних систем у міжнародному сполученні» (номер державної реєстрації №0116U007748). Дисертаційна робота виконана відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 № 2174-р, Концепції Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1437-р.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на основі врахування погодно-кліматичних умов, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу.

Для досягнення мети у дисертаційній роботі визначені наступні **задачі дослідження**:

1. Провести аналіз сучасних методів організації транспортного забезпечення сільськогосподарських підприємств при збиранні озимої пшениці та оцінити значущість впливу на нього погодно-кліматичних умов.

2. Провести структурну та параметричну ідентифікацію параметрів транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу з урахуванням погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів та розробити математичну модель транспортного забезпечення.

3. Розробити метод імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

4. Розробити методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу.

Об'єкт дослідження – процес транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

Предметом дослідження є нечіткі залежності впливу погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів на ефективність транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

Методи дослідження. Дослідження було виконано з використанням: методу експертних оцінок для теоретичного обґрунтування та доцільності врахування погодно-кліматичних умов на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці; методу аналізу ієрархій Сааті для порівняння вхідних параметрів за силою їхнього впливу на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці та визначення ваги кожного з них; математичне моделювання транспортного забезпечення, яке ґрунтується на засадах нечіткої бази знань моделі Мамдані; імітаційне моделювання та комп'ютерний експеримент реалізації моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці здійснено за допомогою Fuzzy Logic Toolbox та Simulink прикладної програми MATLAB.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено метод імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, який на відміну від існуючих, поєднує погодно-кліматичні, технічні та технологічні параметри і дозволяє визначити раціональну кількість транспортних засобів на період жнив; оперативно вносити зміни в планування одиниць транспорту; підвищити ефективність транспортного забезпечення в агропромисловому комплексі.

На основі структурної та параметричної ідентифікації розроблено математичну модель транспортного забезпечення, яка на відміну від існуючих дозволяє формалізувати зв'язок погодно-кліматичних, технічних і

технологічних параметрів збирально-транспортного-комплексу. Використання такої моделі дозволяє: отримувати залежності між параметрами системи «залежні параметри – незалежні параметри» та «залежні параметри – залежні параметри»; присвоювати терми кожному з параметрів; будувати графіки фазифікації та дефазифікації транспортного забезпечення збирально-транспортного-комплексу; а також розробляти правила нечіткого логічного висновку моделей для параметрів системи функціонування транспортного забезпечення.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу.

Розроблено комп'ютерні програми: «Weight Assignment Modeling Transport Process» для оцінки впливу параметрів транспортного забезпечення; «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)» для реалізації нечіткої імітаційної моделі організації транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

Результати роботи у вигляді розроблених схем й алгоритмів, моделей, програм, методики та методу впроваджені: в Департаменті агропромислового розвитку Луганської обласної державної адміністрації Обласної військово-цивільної адміністрації; в Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»; в СФГ «САША»; у навчальному процесі Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєвєродонецьк) та використовуються при вивченні наступних дисциплін: «Системи підтримки прийняття рішень в управлінні транспортними системами», «Організація і технологія вантажних робіт на автотранспорті».

Сумісно з Національною академією аграрних наук України, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Департаментом агропромислового розвитку Луганської ОБЦА, Центром наукового забезпечення АПВ Луганській області розроблено «Рекомендації по

збиранню врожаю ранніх зернових, круп'яних і олійних культур в агроформуваннях Луганської області в умовах 2018 року».

Економічний ефект від впровадження програми реалізації нечіткої імітаційної моделі організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на прикладі СФГ «САША» склав у 2016 р. – 24,8 тис. грн.; у 2017 р. – 32,6 тис. грн.; у 2018 р. – 36,5 тис. грн.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані автором особисто. У спільних роботах автору належать: оцінка взаємозв'язків транспортного забезпечення, з урахуванням впливу погодних умов [1, 3, 14, 18, 19]; теоретичне обґрунтування концепції побудови транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу при збиранні врожаю озимої пшениці [5, 24]; математична модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, особливості моделювання [8, 9, 20, 22, 23]; перевірка адекватності розробленої моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці [25, 26]; практичні рекомендації щодо підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці [4].

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях: Науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» студентів та молодих вчених (м. Лиман, Україна, 5-7 жовтня 2017 р.); LXXIII-LXXIV наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету (м. Київ, Україна, 2017-2018 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» (м. Лозова, Україна, 4-8 травня 2015 р.); International Scientific Conference “Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects” (Strasbourg, France, January 26-27, 2016); XV Міжнародній науково-практичній

конференції «Проблеми економіки транспорту» (м. Дніпро, Україна, 20- 21 квітня 2017 р.); International Scientific and Practical Conference “Innovations of transport and logistics infrastructure. Problems, experience, prospects”(Dresden (Germany) – Paris (France), May 03-12, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Енергооптимальні технології перевізного процесу» (м. Львів, Україна, 22-26 травня 2017 р.); Международной научной конференции молодых ученых «Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения» (г. Гродно, Республика Беларусь, 25 – 26 мая 2017 г.); Научно-практической конференции «Безопасность движения и инновационная деятельность в транспортной сфере» (г. Душанбе, Республика Таджикистан, 29-30 июня 2017 г.); X міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (м. Вінниця, Україна, 23-25 жовтня 2017 р.); XIV-м Міжнародному форумі молоді «Молодь та сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі» (г. Харків, Україна, 6-7 квітня, 2018 г.).

У повному обсязі дисертаційну роботу обговорено та схвалено на наукових семінарах кафедр «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк, 2019) і «Міжнародні перевезення та митний контроль» Національного транспортного університету (м. Київ, 2019).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 26 праць: 1 стаття у виданні іноземних держав, яку включено до міжнародних науково-метричних баз [1], 8 статей у наукових фахових виданнях України, 4 з яких – одноосібні [2,4,6,7], 15 праць апробаційного характеру, 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (180 найменувань) та додатків. Загальний обсяг роботи становить 212 сторінок, зокрема 148 сторінок основного тексту, 19 таблиць, 92 рисунки та 4 додатки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

1.1 Сучасний стан організації транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці

У загальному комплексі сільськогосподарських робіт транспортні процеси займають до 35 % всіх витрат праці при вирощуванні сільськогосподарських культур, а за витратами енергії – до 40 %. У собівартості пшениці транспортна складова займає близько 20 ... 25 %.

В Україні логістична складова у вартості зерна займає біля 35 %, в той же час у Європі вона складає 12-14 %, а в США – 9 %. Тому задача її зменшення є дуже актуальною для України [1].

Питання організації та планування транспортного забезпечення у сільському господарстві розглядаються у працях Васильєвої Н.К., Колодійчука В.А., Курносова О.П., Мазнева Г.Є., Перебийноса В.І., Рудя А.В [2-7]. Зокрема у наведених роботах підкреслюється важливість пошуку оптимальних параметрів технічної забезпеченості агропромислових підприємств та поліпшення використання машинно-тракторного парку, планування потреби господарства в транспортних засобах у повній відповідності з агротехнічними вимогами до якості та строків проведення збирально-транспортних робіт, висвітлюються питання логістичної складової транспортних процесів при збиранні врожаю, актуалізуються проблемні аспекти транспортного забезпечення.

Розглянемо загальні проблеми організації та планування транспортного забезпечення під час збирання пшениці. До головних належать наступні:

- зношеність та застарілість сільськогосподарської техніки [8,9];
- недостатнє матеріально-технічне забезпечення сільського господарства [10-12];

– сезонний дефіцит автомобільних транспортних засобів або нестача транспортних засобів у період сезонних навантажень [3,13];

– недосконалість розвитку транспортної логістики сільського господарства та АПК в цілому [3];

– відсутність сучасної системи диспетчеризації автомобільних перевезень, що призводить до значних витрат підприємств сільського господарства [4];

– необґрунтоване комплектування машинно-тракторного парку збиральної кампанії;

– низький рівень ефективності використання транспортних засобів [14].

У 2017 році кількість комбайнів в Україні складає 56 тис. одиниць. У [15] зауважується, що при середній врожайності зернових у 50 млн. тон необхідно мати до 75 000 одиниць техніки.

На рис. 1.1 наведено діаграму наявності комбайнів за строком їх експлуатації в Україні.

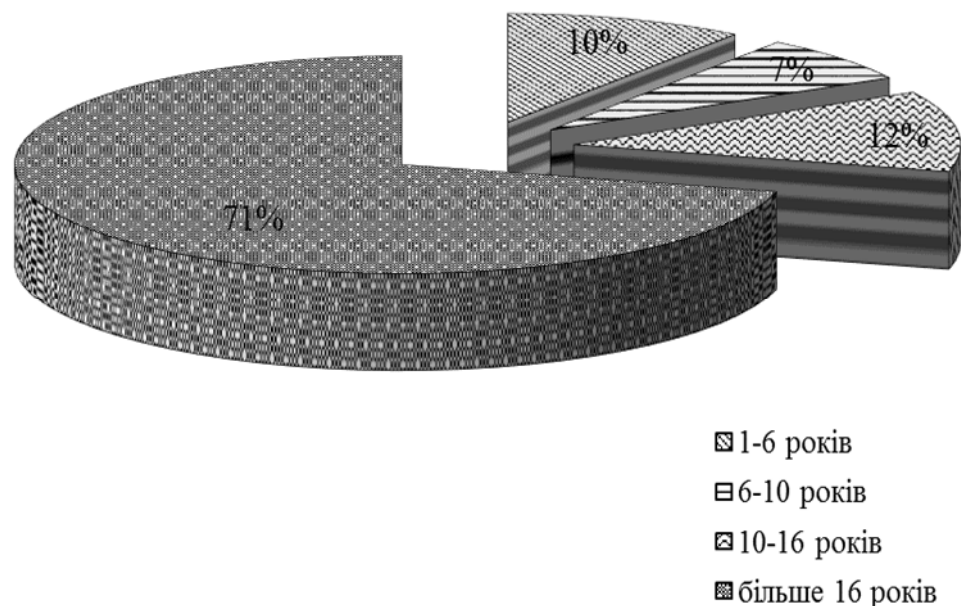
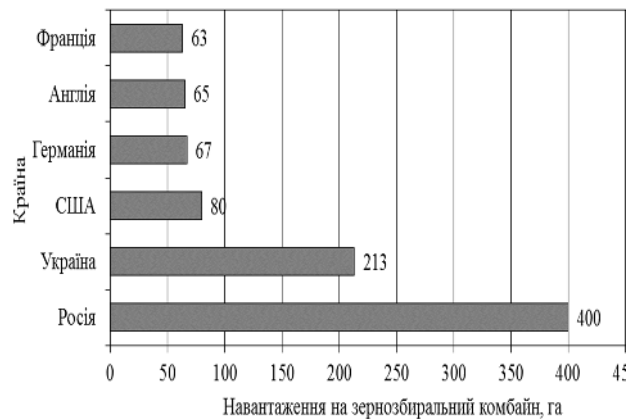


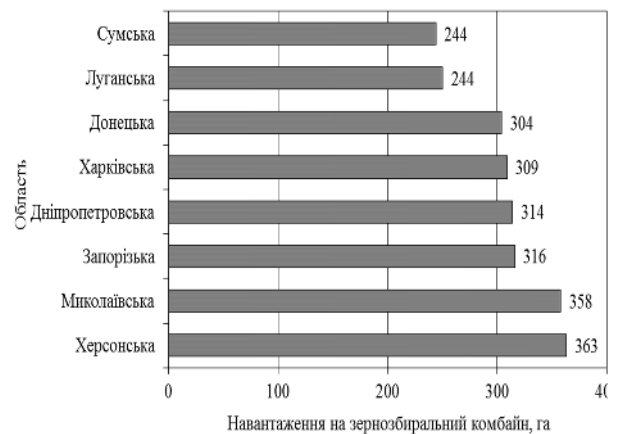
Рисунок 1.1 – Діаграма наявності комбайнів за строком їх експлуатації в Україні [16]

З діаграми видно, що 71 % комбайнів є морально та фізично застарілими.

Навантаження на зернозбиральний комбайн по Україні складає 213 га. Для порівняння навантаження на зернозбиральний комбайн в інших країнах наведено на рис. 1.2 а, у розрізі деяких областей України на рис. 1.2 б.



а



б

Рисунок 1.2 – Навантаження на зернозбиральний комбайн по країнах та у розрізі деяких областей України [16]

З наведених діаграм доходимо висновку, що навантаження на зернозбиральні комбайни в Україні майже в 3 рази перевищують показники інших країн, збиральні машини працюють на межі своїх можливостей, наслідком чого є їх частий вихід з ладу, що призводить до збільшення термінів збирання пшениці. У розрізі областей України найбільші навантаження на зернозбиральні комбайни припадають на південні області країни, зокрема Миколаївську та Херсонську [17,18].

Через недостатню кількість сільськогосподарської техніки, її фізичне та моральне старіння сільськогосподарські підприємства (СГП) не в змозі своєчасно виконати технологічні операції з виробництва сільськогосподарської продукції, що спричиняє втрату врожаю [10].

Так, за даними, наведеними у [19], на етапі збирання врожаю аграрії України за останні чотири роки втратили близько 45 млн. т зерна. За нинішніми цінами це дорівнює вартості приблизно 50 тис. комбайнів класу

«ДОН-1500Б», або 27 тис. комбайнів класу «Lexion-570» фірми «Claas», або 34 тис. комбайнів «John Deere-9570», що відповідає потребі зернового господарства України в зернозбиральній техніці.

При наявності комбайнів у кількості 56,6 тис. одиниць, збирання зернових культур здійснюється в середньому за 30 днів у кожному регіоні. Це на 18 днів перевищує оптимальні строки збирання (12 днів), що тягне за собою втрати, еквівалентні 6 млн. тонн [8].

У [20] відзначено, що тривалість збирання в окремих господарствах значно варіює і сягає 28-36 днів. Розрахунки, проведені на прикладі сільськогосподарських підприємств зони Степу, стверджують, що втрати за регіоном можуть досягати 16,5-17 % зерна від середньорічного валового збору. Розтягування строків збирання до 15 днів через зростання собівартості зерна за ціною у 4700 грн/т виробник може недоотримати 528-704 грн./га прибутку.

Дані Асоціації аграрних перевізників свідчать, що втрати на збиранні зернових через дефіцит автотранспортних засобів і несвоєчасне вивезення продукції з полів склали у 2012–2013 роках 10 %. У 2014 році ці втрати склали щонайменше 11 %. З огляду на стратегічне значення зерновиробництва для економіки держави нести такі втрати лише через недосконалість транспортної логістики є недопустимим [3].

Проведений аналіз збирання ранніх зернових та зернобобових культур в 2014 – 2016 роках показує [21], що цей процес триває 32-55 днів. Внаслідок цього, за даними наукових установ України, лише на збиранні зернових культур втрати врожаю зернових щорічно становлять майже 10 % або 6-6,5 млн. тон.

Основною складовою, що забезпечує транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці є автомобільний транспорт.

Так у роботі [4], колектив авторів зауважує, що потреба у вантажних автомобілях у період збирання врожаю збільшується у 2–2,5 рази. Здійснити процес збирання та вивезення врожаю у найкоротший термін вдається тільки

при виключно інтенсивній та злагодженій роботі збиральної та транспортної техніки.

Для порівняння: у німецьких середньостатистичних господарствах на 1 га сільськогосподарських угідь припадає в 3,4 рази більше машин та обладнання, ніж у середньому по Україні. Рівень транспортного забезпечення господарств Німеччини вище в 10,4 рази [11].

Щоб забезпечити нерозривність збирального і транспортного процесів, для перевезення продукції потрібно у декілька разів більше транспорту, ніж збиральних машин. Для ритмічної роботи 3–4 зернозбиральних комбайнів при відстані перевезень 10 км і врожайності 36 ц/га необхідно автомобілів у 2–3 рази більше [22].

25 % витрат праці та 35 % енергетичних потужностей у сільському господарстві припадає на автотранспортне обслуговування, навантажувально-розвантажувальні та складські роботи.

Графік виконання обсягу перевезень у сільському господарстві за видами задіяного транспорту представлено на рис. 1.3.

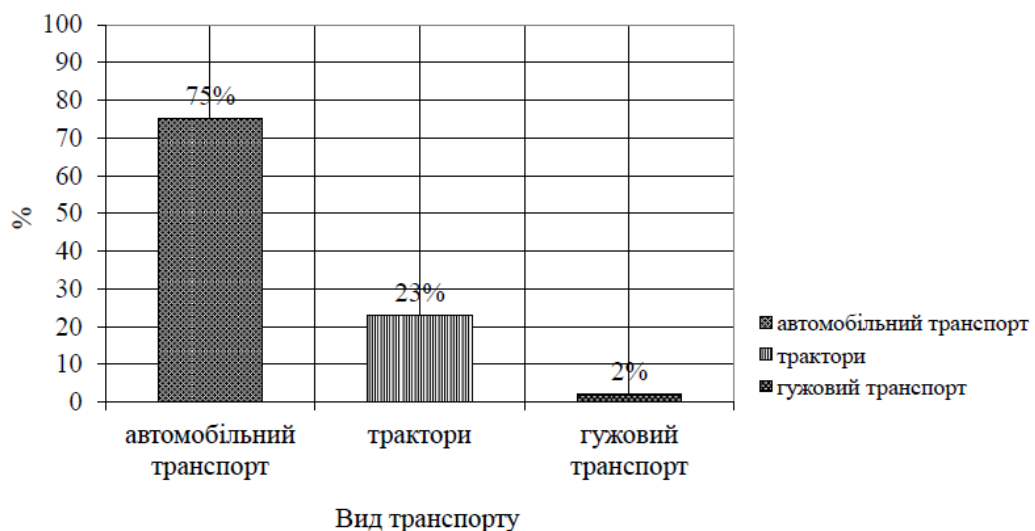


Рисунок 1.3 – Виконання перевезень сільськогосподарськими підприємствами за видами транспорту [23]

Колектив авторів у [6], вважають, що при обґрунтуванні потреби аграрного підприємства в транспортних засобах варто здійснити:

- аналіз реалізації внутрішніх можливостей удосконалення забезпечення транспортними засобами на підприємстві;
- порівняльний аналіз ефективності різних варіантів забезпечення транспортними засобами.

Проведення аналізу реалізації внутрішніх можливостей забезпечення транспортними засобами дозволяє з'ясувати, яка частина потреб підприємства може бути забезпечена за рахунок оптимізації використання власного рухомого складу.

Аналізуючи стан організації транспортного процесу у Луганській області можна констатувати, що у 2018 році до збиральної кампанії підготовлено 983 зернозбиральних комбайнів, а також 539 рядкових жниварок. Сезонне навантаження на один комбайн складає 250 га. При середньому показнику збирання одного комбайну 28 га за добу, при ефективному використанні техніки і сприятливих умовах ранні зернові будуть зібрані за 9-11 днів [24].

Урожай 2017 року, який склав 1 млн. 62 тис. тон є найбільшим за останні 10 років у Луганській області. До того ж, з восьми степових областей України, Луганська область стала лідером за врожайністю ранніх зернових культур – 37,8 ц/га. При середній урожайності в зоні Степу 33,6 ц/га.

Відзначимо, що Луганська область завжди була зоною ризикованого землеробства, однак сьогодні додалися ще й складнощі, пов'язані з бойовими діями на території області. Третина орних земель лишилась на непідконтрольній території. Але луганським аграріям вдалося збільшити обсяги виробництва зернових і забезпечити продовольчу безпеку регіону, тим самим зміцнивши експортний потенціал.

Ціна на зерно у Луганській області лишається найнижчою порівняно з іншими областями України. Це, насамперед, пов'язано з недосконалою системою логістики.

Десяту частину врожаю області зібрано у Сватівському районі – 104 тис. тон зерна. Найкращі показники врожайності по області наведені у таблиці 1.1 [1, 2, 24, 25, 26].

Таблиця 1.1 –Показники врожайності по Луганській області у 2017 році

№ з/п	Район області	Врожайність, ц/га
1	Сватівський	39,3
2	Марківський	47,2
3	Новоайдарський	46,2
4	Білокуракінський	39,2
5	Кремінський	37,8
8	Новопсковський	40,4

Порівняння показника середнього навантаження на один комбайн наведено у таблиці 1.2 [24,27-29].

Таблиця 1.2 – Порівняння показника середнього навантаження на один комбайн

Рік	Кількість комбайнів	Середнє навантаження на один комбайн по Луганській області, га	Середній показник навантаження на один комбайн по Україні, га
2015	913	360	217
2016	958	240	196
2017	983	250	189

Департамент агропромислового розвитку облдержадміністрації Луганської області зауважує, що сільськогосподарська техніка переважно морально застаріла, і що її катастрофічно не вистачає. Навантаження на один зернозбиральний комбайн перевищує в три-чотири рази загальноукраїнський

показник: замість 65 га становить 250 га [30]. Парк зернозбиральних комбайнів та тракторів у Луганській області починає зростати (рис. 1.4) [28].

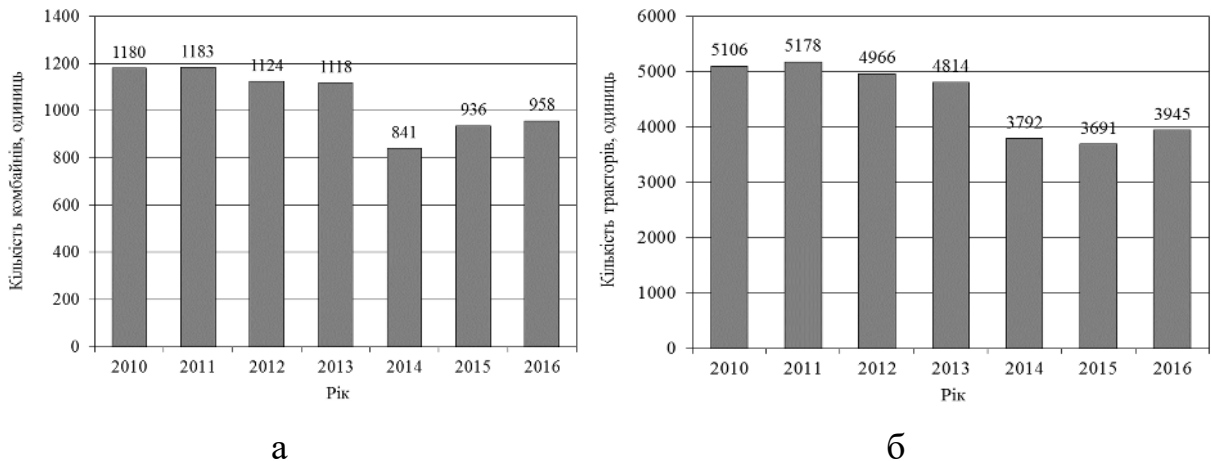


Рисунок 1.4 – Парк зернозбиральних комбайнів (а) та тракторів (б) у Луганській області

У 2015 році машино-тракторний парк оновлено 303 одиницями сільськогосподарської техніки на загальну суму 142 млн грн, з них:

- тракторів – 46 од.;
- зернозбиральних комбайнів – 18 од.;
- посівної техніки – 45 од.;
- ґрунтообробної техніки – 95 одиниць.

Загальна кількість придбаної техніки у 2015 році в порівнянні з 2014 роком більше на 90 одиниць або 42,3 % [31].

У 2016 році машино-тракторний парк оновлено 430 одиницями сільськогосподарської техніки на загальну суму 420,6 млн грн, з них:

- тракторів – 92 од.;
- зернозбиральних комбайнів – 45 од.;
- посівної техніки – 57 од.;
- ґрунтообробної техніки – 103 одиниці.

Загальна кількість придбаної техніки у 2016 році в порівнянні з 2015 роком більше на 127 одиниць або 41,9 % [32].

За даними Департаменту агропромислового розвитку Облдержадміністрації Луганської області 2017 року, в АПК області продовжується робота щодо технічної модернізації виробництва та оновлення машино-тракторного парку. З початку 2017 року підприємствами АПК закуплено 211 одиниць техніки, з них 20 комбайнів, 63 трактори. Незважаючи на позитивні кроки, навантаження на один комбайн, порівнюючи зі всеукраїнськими показниками, все ж таки вище [27].

З початку року закуплено сільськогосподарської техніки 297 одиниць на суму 301,9 млн грн. З них 73 трактори і 33 зернозбиральні комбайни. Найбільш придбали техніки у районах: Троїцькому – 57, Старобільському – 43, Біловодському – 40 та Станично-Луганському – 38 одиниць [32].

В агроформуваннях та фермерських господарствах Новоайдарського району Луганської області найбільша врожайність озимої пшениці отримана в таких господарствах як: СПП «Фантазія» 66,9 ц/га; ПрАТ СПФ «Агротон» – 55,4 ц/га; ФГ «Лани Айдарщини» – 53,0 ц/га; КСП ім. Держинського 48,6 ц/га; СВК «Батьківщина» – 48,1 ц/га [33].

Наявність-залучення комбайнів за 2015-2018 роками по Луганській області наведено на рис. 1.5-1.8.

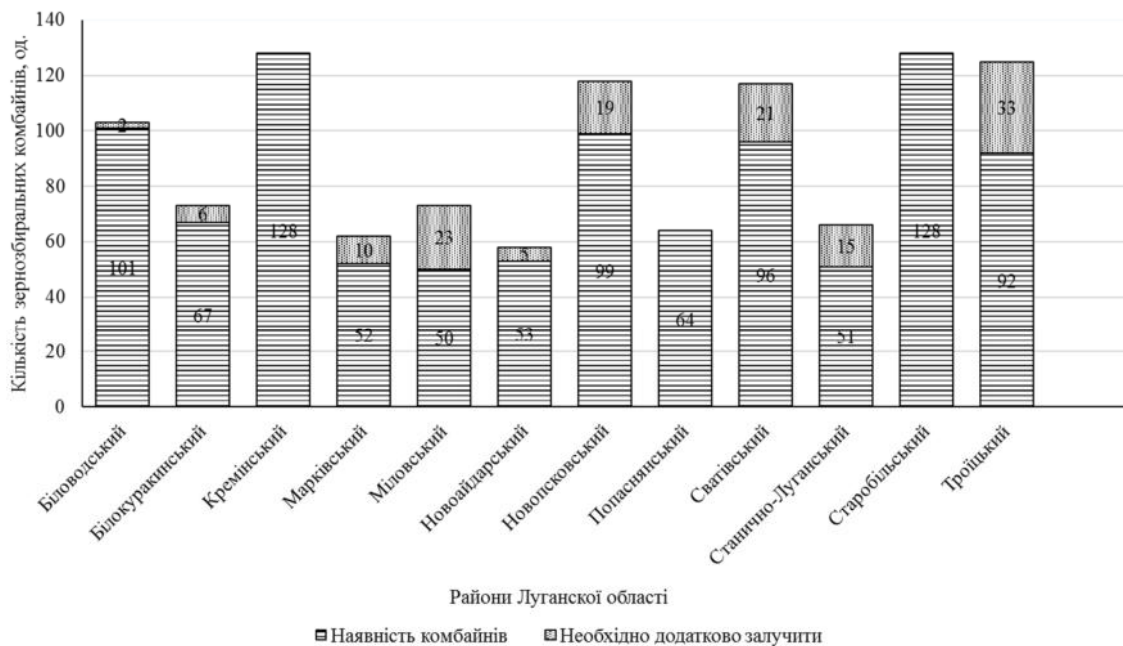


Рисунок 1.5 – Наявність-залучення комбайнів за 2015 рік по Луганській області

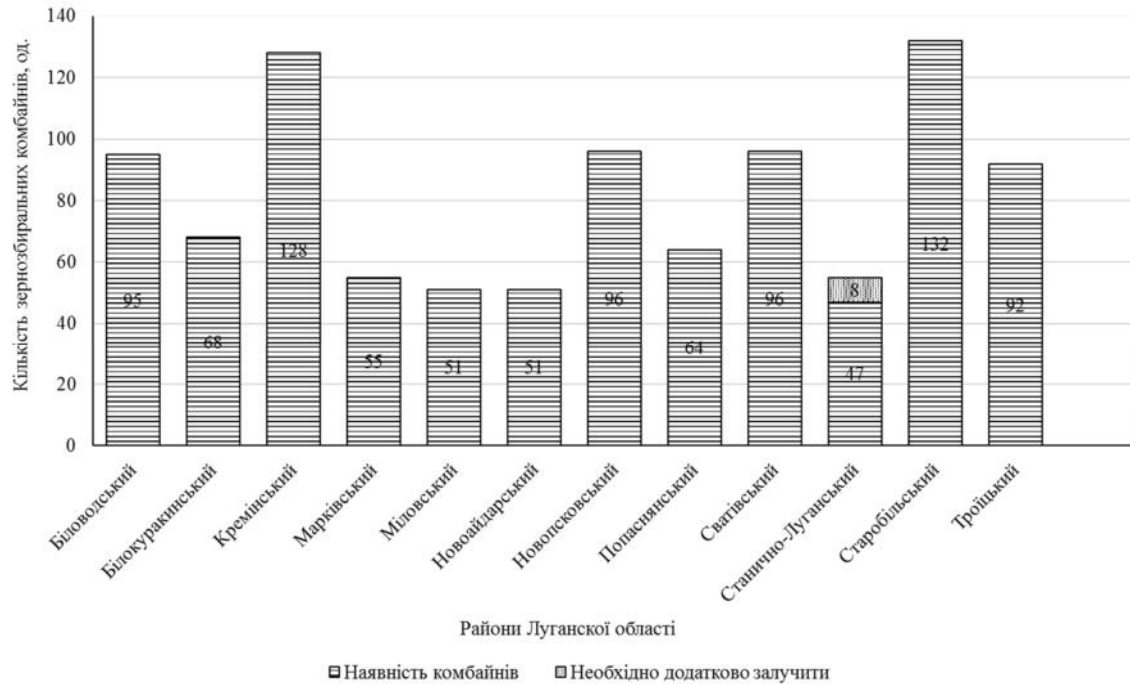


Рисунок 1.6 – Наявність-залучення комбайнів за 2016 рік по Луганській області

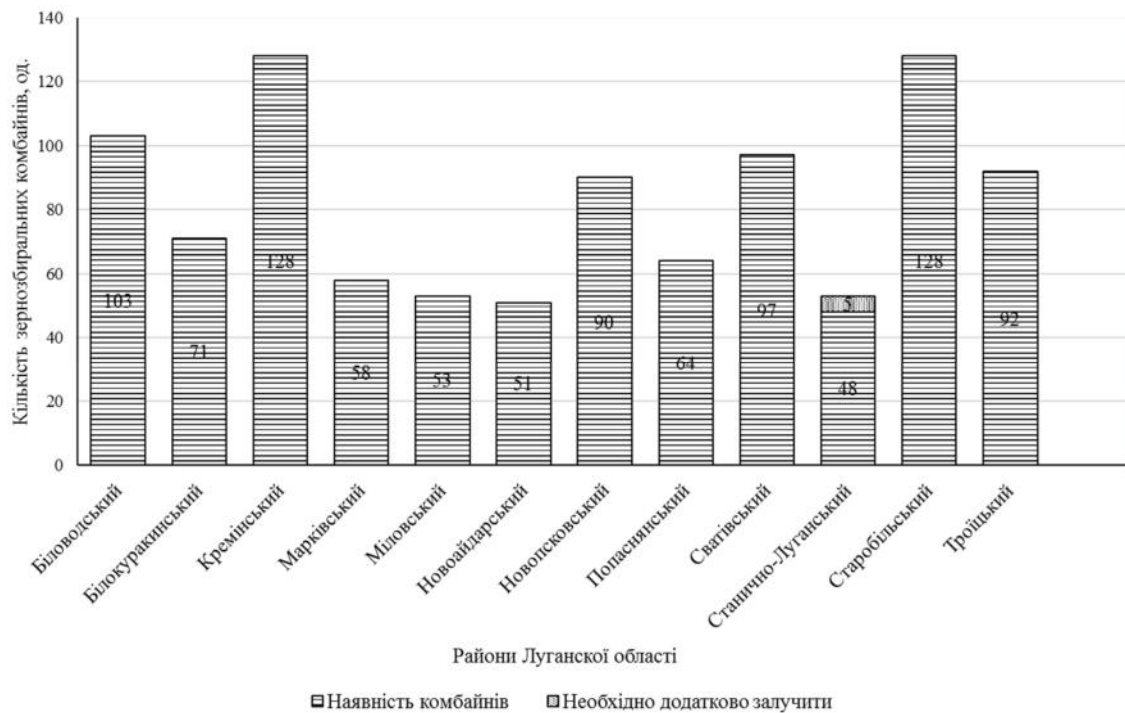


Рисунок 1.7 – Наявність-залучення комбайнів за 2017 рік по Луганській області

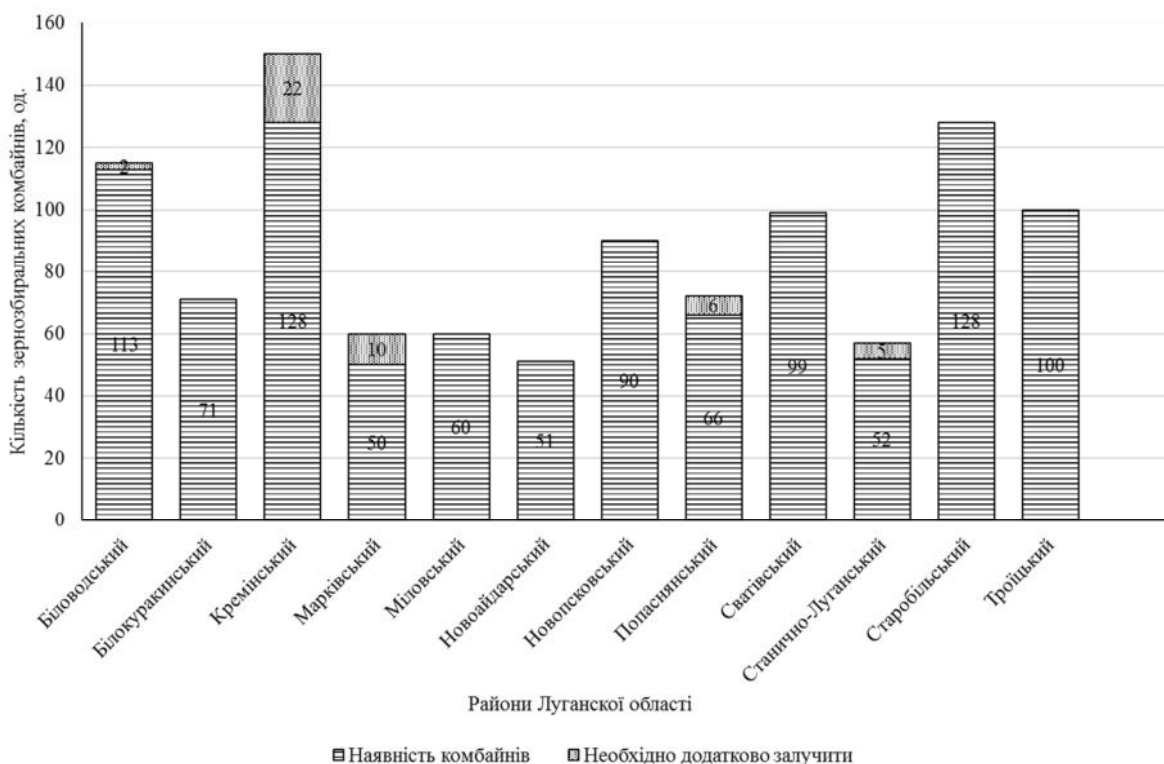


Рисунок 1.8 – Наявність-залучення комбайнів за 2018 рік по Луганській області

Очевидним є факт того, що логістичною утворюючою збирально-транспортного процесу є комбайн, від кількості яких залежить необхідна кількість транспортних засобів. Але, якщо ситуація з необхідною кількістю комбайнів є очевидною – ведеться статистика забезпечення комбайнами процесу збирання врожаю, то проблема визначення необхідної кількості транспортних засобів відходить на другий план і не розглядається практиками як першочергова.

Стабілізація зернової галузі мусить здійснюватися основним чином за рахунок технологічного забезпечення зростаючої врожайності, та зведення до мінімуму втрат урожаю при збиранні, транспортуванні, зберіганні, реалізації [34].

У роботі [35] автори зауважують, що витрати на використання технічних засобів в новітніх технологіях виробництва сільськогосподарської продукції та підтримку їх в працездатному стані сягають 50–60 % в структурі виробничої собівартості.

Високий рівень технічної оснащеності землеробства дозволяє більш оперативно маневрувати агротехнічними заходами відповідно до метеорологічних умов, особливо екстремальних, що склалися чи передбачаються, з метою послаблення або навіть уникнення негативного впливу несприятливої погоди і найбільш раціонально використовувати її сприятливі сторони [36].

В період збору врожаю зернових культур виникає суттєва потреба в залученні великої кількості транспортних засобів для забезпечення своєчасного вивозу сільськогосподарських вантажів з полів до тимчасових місць зберігання [37]. Так, згідно з [4] потреба у вантажних автомобілях у період збирання врожаю збільшується у 2–2,5 рази.

Питання транспортного забезпечення сільського господарства розглядаються у працях зарубіжних і вітчизняних вчених: [4, 5, 38-42] та інших.

У зв'язку з цим, першочерговим завданням є проведення факторного аналізу з метою визначення впливу чинників на організацію транспортного забезпечення [43].

Так, у роботі [41] автор вважає, що важливим резервом підвищення ефективності використання транспортних засобів, поліпшення транспортного забезпечення сільськогосподарського виробництва є вдосконалення планування потреби в рухомому складі. При визначенні необхідної кількості вантажних автомобілів для виконання тих чи інших робіт необхідно мати наступні дані: обсяг вантажоперевезень, відстань перевезень, тривалість робочого періоду, фактичну вантажопідйомність, стан доріг тощо [42].

Необґрунтоване транспортне забезпечення є однією з причин зриву виробничого процесу, зниження якості роботи всього ланцюга збиральної кампанії, що призводить до значних втрат при збиранні врожаю, збитків підприємства. Таким чином, в умовах широкого попиту та обмежених виробничих транспортних потужностей підприємств сільгоспвиробників

актуальним постає питання раціонального планування та організації транспортного забезпечення під час збирання врожаю зернових культур [43].

Як показали дослідження у [4], в аналізованих господарствах на сучасному етапі відсутні чіткі комплексні плани оперативного управління і організації роботи транспортного парку навіть на період збирання врожаю. Об'єм перевезень і потреба в транспорті визначаються по мірі дозрівання врожаю, що призводить до великих його втрат із-за невчасності прибирання і інших чинників. Диспетчерська служба або не організовується, або складається лише з одного диспетчера.

Таким чином, на основі аналізу літературних джерел, доходимо висновку, що транспортне забезпечення – це система, що представляє собою сукупність технічних, технологічних елементів; економічних, правових, організаційних, погодних та кліматичних (природних) впливів; форм і методів керування транспортними процесами та операціями [44, 45, 46].

Виходячи з цього, розглянемо більш детально вплив на організацію та планування транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці технічних, технологічних та погодно-кліматичних параметрів.

1.2 Аналіз впливу технічних та технологічних параметрів на організацію транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці

Аналіз здійснення транспортних робіт при збиранні врожаю озимої пшениці показує, що чистий час роботи становить 43,5 %, основна частка втрат часу доводиться на організацію транспортних робіт і очікування під вивантаженням (28 %), час на відновлення і усунення технічних і технологічних відмов становить 19,5 %, обов'язковий час на забезпечення процесу збирання становить 9 % [47].

Розглядаючи причини внутрішньозмінних простоїв машин, академік Української академії аграрних наук Погорелий Л.В. у роботі [48] виділяв наступні: технічні та технологічні, організаційні та погодні (рис. 1.9).

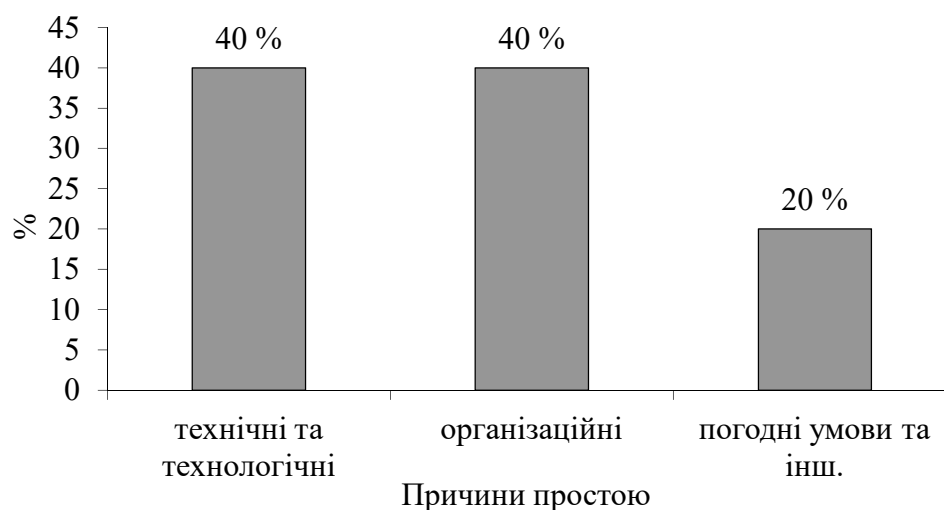


Рисунок 1.9 – Причини внутрішньозмінних простоїв машин (%)

Професор Стельмашук А.М. [41] підкреслює, що при формуванні та використанні транспортного парку аграрних підприємств необхідно враховувати особливості галузі: сезонність, складні дорожні умови, значні відстані, повторюваність перевезень тощо. Ці чинники зумовлюють підвищені вимоги до транспортного забезпечення сільського господарства.

Батіг А.І. у роботі [42] серед нормоутворюючих факторів вантажоперевезень транспортними засобами виділяє наступні:

- вид транспортного засобу та його вантажопідйомність;
- швидкість руху, відстань перевезень;
- спосіб навантаження і розвантаження, до диференційованих – вид та клас вантажу;
- дорожні (група доріг) і метеорологічні умови (сприятливі, несприятливі).

Тихоненко О. у роботі [49] відзначає, що через нестачу транспортних засобів на збиральних роботах простій збиральних машин може сягати 30-40 % змінного часу, тому необхідна правильна організація збиральних робіт, що залежить від основних та другорядних чинників. На думку автора, до

основних належать: продуктивність зернозбиральної машини; вантажопідйомність транспортного засобу; врожайність зерна культури, збирання якої проводиться; радіус перевезень (відстань від поля до місця вивантаження зерна); швидкість транспортного засобу з вантажем та без нього; спосіб виконання вантажно-розвантажувальних робіт. З-поміж другорядних можна виділити такі чинники: стан доріг; погодні умови; кваліфікація механізатора та водія тощо.

Співвідношення між окремими видами транспорту і розподіл обсягу перевезень за видами транспортних засобів установлюють у кожному підприємстві з урахуванням таких факторів, як клас вантажу, дорожні умови, відстань перевезень, терміновість, погодні умови, спосіб виконання вантажно-розвантажувальних робіт, технологія виробництва сільськогосподарської продукції. За інших однакових умов критерієм вибору транспортного засобу є мінімізація затрат на 1 т перевезеного вантажу і швидкість його перевезення [50].

Головним фактором збереження врожаю зерна є зниження втрат при його збиранні. Так, порушення технологічних операцій збирання може призвести до втрати, як мінімум, 17 % врожаю (рис. 1.10).

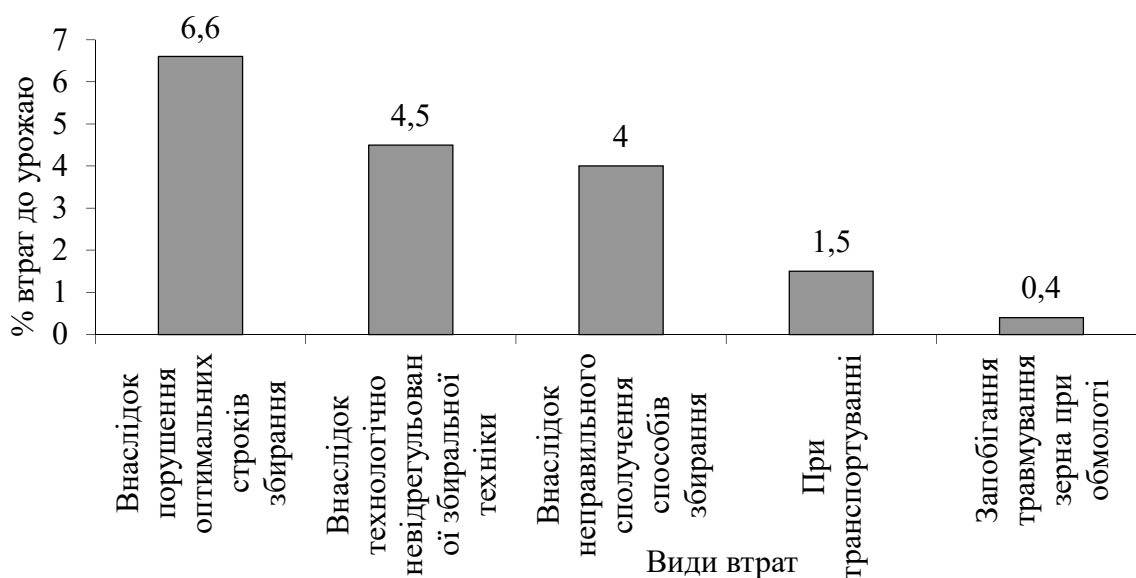


Рисунок 1.10 – Середні втрати врожаю зерна при різних технологічних операціях збирання [51]

За даними наукових досліджень лише третина території України знаходиться в зоні гарантованих врожаїв. На решті території посушливі умови весняно-літнього періоду, несприятливі умови перезимівлі та перезволоження ґрунту зменшують врожаї на 30 – 40 %. Тому фахівцям з сільськогосподарського виробництва необхідно вміти ефективно використовувати ресурси клімату і погоди для підвищення продуктивності сільського господарства, боротись з несприятливими метеорологічними явищами [52].

В Україні повторність аномалій погоди відбувається кожні чотири роки в умовах Степу, а в межах країни – раз на чотири-п'ять років. Фактичне зниження врожайності зернових визначається жорсткістю несприятливих погодних факторів і зональними ґрунтово-кліматичними умовами. Зниження врожайності відбувається в межах 3,7 – 5,3 ц/га [53].

Результати виробничо-господарської діяльності сільськогосподарських товаровиробників багато в чому залежать від правильного врахування кліматичних, погодних, природних та біологічних факторів, раціонального використання природних ресурсів, їх заощадження й забезпечення відтворення [54].

Нефьодовим В.М. та Ткаченко Ю.А. у роботі [55] особлива увага приділяється раціоналізації технології перевезень для зменшення часу простою комбайнів і транспортних засобів. Встановлено залежність часу збору врожаю від площі полів та від довжини їздки з вантажем – зі збільшенням площі поля, збільшується відстань доставки зерна.

Найбільша кількість продукції, як правило, перевозиться від поля до зернотоку, коли рухомий склад працює на відносно невеликому плечі (10-15 км) і в поганих дорожніх умовах (здебільшого по ґрунтових дорогах) [56].

Дорожні умови відносяться до одного з факторів, що впливає на співвідношення між окремими видами транспорту і розподіл обсягу перевезень за видами транспортних засобів [40].

При визначенні необхідної кількості вантажних автомобілів для виконання тих чи інших робіт необхідно мати наступні дані: обсяг вантажоперевезень, відстань перевезень, тривалість робочого періоду, фактичну вантажопідйомність, стан доріг тощо [5].

Так, наприклад, гарне покриття автомобільного шляху забезпечує більшу технічну швидкість транспортного засобу, що прямим чином впливає на його швидший оберт, і як наслідок, на загальний час збирання.

Згідно з [57] дорожні умови відносять до нормоутворюючих факторів вантажних перевезень. Продуктивність транспортних засобів визначається дорожніми умовами – типом доріг, їх покриттям, протяжністю маршрутів та іншими факторами.

Стан автомобільних доріг прямим чином впливає на експлуатаційну швидкість автомобілів, та їх ефективність в цілому [58]. У роботі [59] встановлено, що при здійсненні перевезень вантажів дорогами із твердим покриттям витрати пального зменшуються у 1,5–2 рази, а швидкість транспортних засобів збільшується в 2–3 рази порівняно з ґрунтовими дорогами. Втрати при перевезенні вантажів дорогами сільського господарства сягають 2 % валового врожаю [60].

Косарева Т.В. у роботі [61] підкреслює, що чим більше доріг з твердим покриттям приходить на сільськогосподарські угіддя, тим вище є вироблення валової продукції сільськогосподарського підприємства.

1.3 Аналіз впливу погодно-кліматичних умов на організацію транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці

Автори у [62] звертають увагу на те, що для систем притаманна нерозривна єдність з зовнішнім середовищем, по відношенню до якої система проявляє свою цілісність. Ця єдність реалізується тільки через взаємодію окремих елементів системи з елементами зовнішнього середовища. Різниця між елементами системи та зовнішнього середовища полягає у тому, що воно

генерує умови роботи системи, що досліджується та не змінюється під її впливом (рис. 1.11).

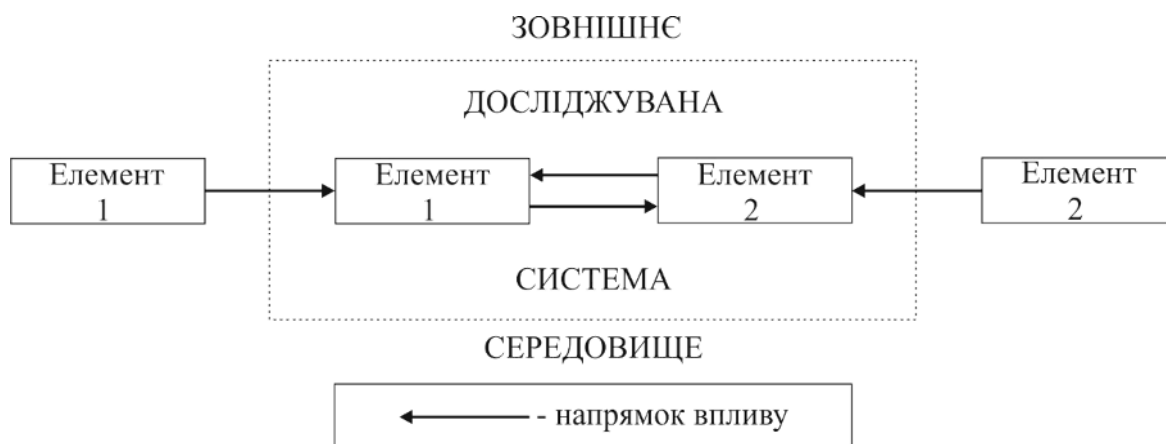


Рисунок 1.11 – Взаємодія елементів системи та зовнішнього середовища

Пискарьов О.В. у [63] зазначає, що до задач визначення середовища системи виділяють два підходи: середовище – це все те, що не входить у систему (просто зовнішнє середовище); середовище системи – це все те, що нас цікавить в зовнішньому середовищі з точки зору впливу на її роботу системи. Автор зазначає, що другий підхід є більш конструктивним та результативним, особливо з практичної точки зору. При аналізі технологічної системи машиновикористання для процесу рослинництва (ТСМПР) потрібно використовувати саме такий підхід, враховуючи тісний взаємозв'язок системи та середовища. Таким чином, «середовище системи» – це найбільш суттєві зв'язки технологічної системи з навколишнім світом. В загальному вигляді – це природні та організаційно-господарські фактори, що впливають на роботу технологічної системи.

Загалом існує така закономірність: чим невизначеніше зовнішнє середовище, тим складніше приймати ефективні рішення. Проте за всіх обставин для прийняття обґрунтованих рішень важливо здійснювати прогнозування зовнішнього середовища, тобто передбачувати можливі зміни його і виникнення вірогідних подій під впливом такої зміни [64].

Пискарьов О.В. вважає, що характер невизначеності технологічної системи машиновикористання для процесу рослинництва (ТСМПР), в основному пов'язаний з невизначеністю деяких параметрів (характеристик) середовища. До них, перед усім, належить невизначеність метеорологічних (погодних) умов, які в свою чергу, безпосередньо пов'язані з проектуванням та експлуатацією технологічних систем. Автор зауважує, що невизначеність ТСМПР є об'єктивною реальністю, яку не можна ігнорувати та недооцінювати.

Наприклад, невизначеність технологічної системи значно зменшиться, при отриманні додаткової інформації у вигляді прогнозу погоди на майбутній період, або, припустимо, прогнозу врожайності до початку збирання врожаю [63].

Таким чином, невизначеність у сільському господарстві, зокрема на етапі здійснення транспортного процесу при збиранні врожаю пшениці, характеризується погодно-кліматичними параметрами, що потребує дослідження закономірностей взаємного впливу функціонування транспортних систем та зовнішнього середовища.

Транспорт один з найбільш залежних від погодних умов галузей народного господарства [65]. На ефективність транспортно-технологічних процесів в АПК впливають погодні умови, які значною мірою визначають технологію вирощування та збирання зернових культур [66]. Сільськогосподарська праця має постійно враховувати конкретні погодні умови, які впливають на предмети та засоби праці, технологію виробництва [67].

На думку Хандожко Л.А. розвиток сучасних транспортних систем та техніки неможливий без урахування кліматичного фактору, який включається в розробку технічних проектів. Показники продуктивності, надійності та економічності знаходяться в прямій (надійність і економічність) і в непрякій (продуктивність) залежності від погодно-кліматичних умов [68].

Так, згідно з вченням філософа М.Ф. Федорова, морально виправданим буде такий розвиток техніки, що підпорядковуватиметься, насамперед, завданням забезпечення людей продовольством, тобто розвитку сільського господарства. У зв'язку із цим філософ висуває ідею «регуляції» природи, завданням якої є керування метеорологічними процесами [69].

У роботі [70] автор наголошує, що природно-кліматичний фактор є основним у вирішенні проблеми продовольчої безпеки.

На думку Степаненка С.М. продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від ефективності адаптації сільського господарства до майбутніх змін клімату. Проблема оцінки впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування, продуктивність та валові збори урожаю сільськогосподарських культур України є дуже актуальною. Враховуючи інерційний характер такої системи як сільське господарство та її залежність від погодних умов, уже зараз необхідне прийняття своєчасних та адекватних рішень щодо складних проблем, зумовлених змінами клімату [71].

Про необхідність маневрування технікою в залежності від погодних умов для мінімізації витрат підтримки технологічних процесів йдеться мова у [72].

Упровадження наукових методів використання метеорологічної інформації дає змогу зменшити збитки в економіці держави за умов урахування погодних умов, одержати найбільший ефект за мінімальних витрат [52].

Еріс Е. Масей підкреслює актуальність врахування наслідків зміни клімату у довгостроковому плануванні транспортної галузі у [73] при цьому вказуючи на її відносну новизну.

Клімат чинить свій вплив на енергозбереження у сільському господарстві. Так, у [74] зазначається, що потрібно дотримуватись науково обґрунтованих норм витрат палива та енергії за кліматичними зонами, рівнями електрифікації та механізації сільського господарства. Раціональна

організація використання транспортних засобів є однією з основних засад заходів, що спрямовані на енергозбереження на транспорті.

Природно-кліматичні та виробничі умови великою мірою впливають на правильне обґрунтування річної потреби нафтопродуктів [75].

Погодні умови чинять вплив на змінність складу взаємоузгоджених та взаємодіючих машин протягом робочого періоду та дня [76]. Згідно з роботою [77] відповідно до наявних або очікуваних умов погоди необхідне упровадження диференційованого застосування агротехніки.

Крім того, слабке матеріально-технічне забезпечення підсилюється впливом погодних умов на врожайність зернових [78].

Матеріально-технічна база сільського господарства значною мірою потрапляє під вплив природно-кліматичних умов. Крім того, сільське господарство розташоване в різних природних зонах потребує неоднакових технічних засобів, систем машин, витрат виробництва на одиницю земельної площі [67].

Залежно від природно-кліматичних умов, стану посівів, наявності збиральної техніки з урахуванням оптимального агротехнічного строку збирання, який становить 8–12 календарних днів обирають спосіб збирання для кожного поля [79].

На думку автора у [80] через брак уваги до питань технологій в залежності від кліматичних та ґрунтових умов, гнучкому реагуванню на зміни погодної обстановки призвело до невиправданого зростання виробничих витрат при збиранні врожаю.

Майборода М.Є у [81] наголошує, що природно-кліматичні умови в яких виконуються перевезення є одним з факторів, від якого залежить рівень техніко-експлуатаційних показників транспортного процесу. При цьому одним з факторів, від якого залежить коефіцієнт випуску рухомого складу на лінію є природно-кліматичні умови.

Мохненко А. С. вважає, що наразі ефективність фермерського господарства залежить від природного середовища (грунту, клімату, погодних умов) [82].

Так, наприклад у роботі [83], автори відмічають, тривалість роботи комбайнів T_m регламентується метеорологічними факторами:

$$T_m = f(M_i, P_{mi}), \quad (1.1)$$

де M_i – метеорологічні фактори впливу;

P_{mi} – вірогідність появи M_i -факторів.

Реальну середню тривалість роботи комбайна можна розглядати як зменшення часу доби за рахунок метеорологічних факторів, що обмежують цю тривалість. Тобто:

$$T_m = 24 - M_i. \quad (1.2)$$

Можливе поєднання метеорологічних ситуацій: опади відсутні; наявність опадів; наявність туману і роси. В першому випадку зволоження рослинної маси відбувається за рахунок вологості повітря, яка найбільш повно характеризується комплексним показником – дефіцитом вологості повітря.

Тобто, якщо мати на увазі тільки цей показник, то тривалість роботи комбайна, як показали багаточисельні дослідження, можна визначити емпіричною формулою:

$$T_m = 5,8D_{\Pi} + 4,67, \quad (1.3)$$

де D_{Π} – середньодобовий дефіцит вологості повітря, кПа, (при умові $D_{\Pi} \leq 3,35$).

Авторами зауважено, що при $D_n = 3,3$ кПа можлива цілодобова робота комбайнів. Спостереження по господарствах Запорізької та Херсонської областей це підтвердили. В умовах Сумської області комбайни можуть обмолочувати хліба в середньому 12-13 годин. Цілодобова робота – виняток. В умовах південних областей – 20-21 година, а при відсутності опадів – цілодобово.

При наявності опадів простої комбайнів ΔT_o будуть дорівнювати:

$$\Delta T_o = (T_{oi} + T_{bi})P_i, \text{ год.}, \quad (1.4)$$

де T_{oi} – тривалість дощу з i -ю сумою опадів, год.;

T_{bi} – тривалість підсихання маси до збиральної вологості, год.;

P_i – вірогідність появи опадів в зоні.

Наявність роси зменшує тривалість роботи комбайна на величину $\Delta T_{\text{рос}}$:

$$\Delta T_{\text{рос}} = T_{\text{рос}} + T_{\text{врос}}, \quad (1.5)$$

де $T_{\text{рос}}$ – тривалість стояння роси, год;

$T_{\text{врос}}$ – тривалість висихання маси до збиральної вологості, год.

Тривалість висихання рослин після спадання роси залежить від температури повітря і для умов Сумської області складає 1,5-2,0 год, для Півдня – менше.

На перший погляд, дані формули є достатньо простими, але вивести якусь загальну формулу, закон, який би описував вплив погодно-кліматичних умов на організацію та планування транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці доволі складно через вплив великої кількості параметрів на нього.

У роботі [84] наголошується на необхідності удосконалення методів планування та обліку виробництва сільського господарства через залежність від погодних умов, наявності техніки, вологості ґрунтів та їх якості. В оперативному плануванні саме стохастичні моделі дозволять повно врахувати особливості конкретного виробництва.

Через складну формалізацію погодно-кліматичних умов у транспортному процесі збирання врожаю, вони зазвичай, ідеалізуються. Так, наприклад у роботі [85] автор ідеалізує простої комбайна через непогоду, а кліматичні умови в певний момент часу для всіх полів з достиглим врожаєм вважає однаковими.

У роботі [86] при розгляді погодних факторів, що впливають на польові роботи автори у моделі припускають, що затримка роботи у полі через 1 мм опадів у вигляді дощу дорівнює одній годині.

Виробничі процеси в рослинництві – складна динамічна система, що змінює свій стан в залежності від дії великої кількості факторів, які розбиті на природні, виробничі і техніко-технологічні. Вони охоплюють зональні, погодні, організаційні та експлуатаційні особливості процесу. Якщо дію більшості виробничих і техніко-технологічних факторів на виробничі процеси можна сприятливо змінити, то дію погодних умов можна тільки врахувати [87, 88, 89].

Труднощі проектування та управління виробничими процесами полягають ще і в тому, що більшість виробничих і техніко-технологічних чинників є функцією погодних. Погодні чинники диктують вибір способу організації роботи, визначають її хід, якісні та техніко-економічні показники. Не врахування погодних факторів призводить до неможливості об'єктивного проектування і використання технічних засобів, правильної організації робіт, до низьких показників якості, великих матеріальних і трудових витрат [90].

На динаміку транспортної системи впливає велика кількість важко враховуваних і невизначених факторів, що особливо стосується характеристик ситуації, які формуються вербально або вимог, одночасне задоволення яких

неможливо (ситуація компромісу), а також прогностичних завдань, для яких не накопичена повноцінна статистична вибірка.

У роботі [91] автором наголошується, що ефективність функціонування транспортної системи доставки вантажів в умовах динаміки і невизначеності навколишнього середовища пов'язана з високим рівнем управління. Реалізація тільки технічних і технологічних рішень для підвищення ефективності функціонування транспорту, як показує практика, не здатна привести до корінної зміни ситуації з підвищення якості та обсягів перевезень.

У роботі [92] автор звертає увагу на те, що кожна автотранспортна система взаємодіє з середовищем, в якій вона функціонує, отримуючи керуючий вплив від суб'єкту управління. Дослідник вважає, що дану систему доцільно розглядати у якості елементу системи «Людина – Автотранспортна система – Середовище експлуатації – Ефективність експлуатації».

Згідно із [93] представляють транспортну систему та її підсистеми як нечіткі множини; крім того підкреслюють, що ці системи нестационарні, працюють з недетермінованими об'єктами і на які впливає значна кількість факторів, в т. ч. природнього характеру. В автоматизованих системах утворюються нечіткі бази даних на підставі не завжди достовірної, повної та своєчасної інформації, в обробці якої приймає участь людина. При наявності таких характеристик та існуючому, назовемо його «принципом несумісності», коли складність системи і точність, з якою її можна описати традиційними математичними методами, суперечать один одному, для побудови моделі доцільно використовувати логіко-лінгвістичну модель (ЛЛМ), що відображає загальну смислову постановку задачі.

Загальною передумовою для застосування нечітких систем управління є, з одного боку, наявність невизначеності, пов'язаної як з відсутністю інформації, так і складністю системи і неможливістю або недоцільністю її опису традиційними методами і, з іншого боку, наявність про об'єкт, необхідних керуючих впливах, обурення і т. п. інформації якісного характеру [94].

Виходячи з цього можна зробити висновок про те, що складова погодних умов має суттєвий вплив як на склад збирально-транспортного комплексу, так і на його перебіг, тобто швидкість протікання процесів, змінність його складових, наприклад, чи достатньо буде транспортних засобів, якими володіє підприємство для виконання збиральних робіт, яку їх кількість необхідно буде залучити.

Музильовим Д.О. на основі розрахунково-аналітичних залежностей збирально-транспортного комплексу запропоновано методику визначення кількості одиниць техніки для різних технологій доставки зернових культур [37, 95].

Професор Мазнєв Г.Є. розглядає збирально-транспортний комплекс на основі системи масового обслуговування, яка дозволяє оптимізувати його структуру і скоротити збитки через прості комбайнів та автомобілів [96].

Роботи професора Фришева С.Г. [97-99] присвячено питанням організації транспортного процесу в агропромисловому комплексі, визначенню раціонального складу збирально-транспортного комплексу та удосконаленню збирально-транспортного процесу зерна при застосуванні змінних кузовів.

Петрик А.В. у роботі [100] при моделюванні перевізних процесів збирально-транспортного комплексу розглядає його з позиції теорії систем масового обслуговування, що сприяє зменшенню сумарних витрат та удосконаленню організаційної структури.

Колектив авторів Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик В.І., Жуль С.Г., Дуганець В.І., Комарніцький С.П., Сидорчук Л.Л. пропонують методи узгодження збиральних і транспортних робіт у процесі оперативного їх планування та моделі подій у проектах на різних етапах планування збирання ранніх зернових [101, 102]. У роботі [103] концентрують свою увагу на агрометеорологічній групі чинників, так як вона є некерованою, і розкриття її впливу на інтенсивність робіт в проектах збирання зернових культур є підґрунтям підвищення ефективності управління збиранням врожаю. У

роботах [104,105] наголошують на необхідності розроблення методів та моделей, що дають змогу врахувати специфіку впливу агрометеорологічних умов на стан предмету праці рільництва та тенденції його зміни, а також формування природно зумовленого фонду часу на виконання відповідних робіт є важливим етапом розроблення статистичних імітаційних моделей віртуальних проектів і оцінення на їх підставі ефективності управлінських рішень щодо реакцій на технологічний ризик. У роботі [106] автори підкреслюють, що стохастичність агрометеорологічних умов та їх вплив на стан ґрунту зумовлюють мінливість природно дозволеного фонду часу та способи обробки ґрунту та посівів. Розробка методів і моделей, що враховують вплив агрометеорологічних умов дозволяє досліджувати характеристики та тенденції мінливості параметрів ефективності адаптивних технологічних комплексів машин.

Селякова С.М. пропонує розглядати збирально-транспортний процес як нелінійну динамічну детерміновано-стохастичну модель [107] та приділяє увагу розподілу збиральної техніки по полям, ґрунтуючись на методах штучного інтелекту [108].

Ali O., Verlinden B., Oudheusden D.V. зазначають, що ефективність процесу збирання врожаю може бути значно покращена шляхом обчислення оптимальних маршрутів та взаємодій машин, що залучені для збору врожаю на полі. Проблема забезпечення транспортом для здійснення збирання врожаю сформована як задача маршрутизації з лінійним програмуванням, з додатковими обмеженнями, але через велику кількість нечітких змінних постає багато питань [109].

Однак наявні аналітично-статистичні та статистично-імітаційні моделі не враховують вплив погодно-кліматичних умов та техніко-технологічних параметрів на організацію транспортного процесу збирання врожаю та вирішують питання в детермінованій постановці. Крім того необхідно розрахунково оцінити значущість погодно-кліматичних умов на організацію

Встановлено, що для погодно-кліматичних умов це параметри дощ, роса, град; для технічних параметрів – тип дороги, ширина жатки, вологість культури, стан ґрунту, відносна вологість ґрунту, швидкість руху комбайну, продуктивність комбайну, експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів); для технологічних параметрів – вантажопідйомність транспортних засобів (автомобілів), відстань від поля до току, площа поля, урожайність, полеглість, кількість комбайнів, кількість транспортних засобів (автомобілів), час обертів транспортних засобів (автомобілів), спосіб збирання.

Невизначеність у сільському господарстві, зокрема на етапі здійснення транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці, характеризується погодно-кліматичними умовами, що потребують визначення закономірностей взаємного впливу транспортних систем та зовнішнього середовища .

На нашу думку для процесів моделювання збирально-транспортних процесів врожаю пшениці з врахуванням погодно-кліматичних умов доречно використовувати апарат нечіткої логіки [110]. Його переваги наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Переваги використання теорії нечіткої логіки при моделюванні транспортного процесу збирання врожаю озимої пшениці

Риси, які характерні транспортному процесу під час збирання врожаю озимої пшениці	Переваги
Висока динаміка та мінливість зовнішніх умов та стану збирально-транспортного процесу	Можливість адаптації до умов, що змінюються
Неповнота та нечіткість даних через їх велику кількість та погану визначеність параметрів збирально-транспортного процесу	Можливість роботи в умовах неповноти інформації та невизначеності
Процес збирання врожаю пшениці суттєво залежить від погодно-кліматичних умов, які є непередбачуваними та можуть змінювати його перебіг	Прийняття до уваги рішень експертів (експертних оцінок)

Отже, з метою удосконалення організації транспортного процесу, його планування та організація повинні ґрунтуватись на сучасних наукових підходах. При цьому необхідність застосування та використання теорії нечіткої логіки у даних процесах сільського господарства заснована на:

- великій кількості невідомих;
- складності процесів;
- складності встановлення кількісних залежностей між параметрами, що впливають на процес керування;
- можливості формулювання експертних знань про об'єкт (процес) тільки у вербальному вираженні;
- оперативному обліку багатьох суперечливих параметрів;
- створенні більш простої математичної моделі, що відповідає практичному застосуванню.

Застосування теорії нечіткої логіки відносно складного об'єкту керування, до якого можна віднести транспортний процес при здійсненні збирання врожаю озимої пшениці підтверджено наступними роботами.

Дослідниками A. Sarkar, G. Sahoo, U.C. Sahoo у роботі [111] показано, що нечітка логіка є дуже перспективним математичним підходом для моделювання руху і транспортних процесів, які характеризуються суб'єктивністю, неоднозначністю, невизначеністю і неточністю. Представлені передумови систем нечіткої логіки, а також детальний аналіз зазначених систем для вирішення різних проблем планування руху і транспортування. Акцент робиться на важливості нечітких логічних систем як універсальних апроксиматорів у вирішенні транспортних задач. У роботі представлений аналіз результатів, отриманих з використанням нечіткої логіки для моделювання складних транспортних процесів руху та перевезень.

Dušan Teodorović, Katarina Vukadinović у [112] підкреслюють, що при вирішенні інженерних задач часто зустрічається лінгвістична інформація, яку часто важко визначити кількісно за допомогою «класичних» математичних методів. Ця лінгвістична інформація являє собою суб'єктивні знання. Через

припущення, зроблені аналітиком при формуванні математичної моделі, лінгвістична інформація часто ігнорується. З іншого боку, широкий спектр параметрів транспортного процесу характеризується невизначеністю, суб'єктивністю, неточністю і неоднозначністю. Люди-оператори, диспетчери, водії і пасажери щодня використовують ці суб'єктивні знання або лінгвістичну інформацію при прийнятті рішень.

Wieland R., Mirschel W., Nendel C., Specka X. зазначають, що при плануванні збиральних робіт, людина має визначитись з кількістю транспортних засобів, їх номенклатурою, оцінити найкращі маршрути руху транспортних засобів на тимчасових дорогах, враховуючи шкоду для лісних ґрунтів [113].

Waongo M. у [114] вводить нову концепцію динамічних нечітких моделей, які використовуються для оцінки врожайності озимої пшениці в умовах зміни клімату.

Mohammed A., Gadallah A.M., Hefny H.A., Hazman M. у роботі [115] розглянуто питання оптимізації термінів посадки сільськогосподарських культур за умови зміни клімату з використанням нечіткої логіки.

Домаскіна М.А. наголошує, що для моделювання складних систем, зокрема процесів аграрного виробництва, сьогодні доречним і необхідним є використання експертної інформації. Завдяки методам нечіткої математики в цих моделях вдалося описати і врахувати вплив погодних умов, якості земельних ресурсів, невизначеність витратних статей, якості виробленої продукції і т. ін. Отримані завдяки моделям нечіткої логіки рішення є більш адекватними реальним умовам господарювання [116].

1.4 Аналіз впливу погодно-кліматичних параметрів на організацію транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на основі методу експертних оцінок

Дослідження оцінки впливу погодно-кліматичних умов на організацію та планування транспортного забезпечення збирання врожаю пшениці

складається з двох частин. Перша частина являє собою опитування стосовно актуальності врахування погодних умов у спеціалізованих групах, друга частина – поділ на категорії фахівців, які задіяні у збиранні врожаю пшениці та анкетування відносно оцінки впливу погодно-кліматичних умов на організацію та планування транспортного процесу у Луганській області.

Актуальність врахування погодних умов підтверджується з практичної точки зору фахівцями-аграріями, такими як: механізатори, комбайнери, трактористи, водії, що перевозять пшеницю з поля на тік, директорами сільськогосподарських підприємств, інженерами, логістами та ін.

З метою визначення загальної думки щодо впливу погодних умов на організацію та планування транспортного процесу під час збиральної кампанії, було проведено опитування у двох спеціалізованих групах: «AgroUA. Агроном. АГРО. Сільське господарство» та «Агроном. Сельское хозяйство. Бизнес». Результати опитування наведено відповідно на рисунках 1.13 та 1.14.



Рисунок 1.13 – Результати опитування у спеціалізованій групі «AgroUA. Агроном. АГРО. Сільське господарство»

Загалом у опитуванні прийняли участь 503 фахівці-практики, які переймаються питаннями сільського господарства. Як бачимо з практичної точки зору, фахівці-практики підтверджують сильний вплив (290 респондентів

або 57,7 %) та помірний вплив (140 респондентів або 27,8 %) погодних умов на транспортне забезпечення під час збиральної кампанії. За слабкий вплив висловилися 49 респондентів або 9,7 %, про те, що вплив відсутній вважають 24 респонденти або 4,8 % [117].



Рисунок 1.14 – Результати опитування у спеціалізованій групі «Агроном. Сельское хозяйство. Бизнес»

Дослідження оцінки впливу погодно-кліматичних умов на транспортне забезпечення для збирання врожаю пшениці було комплексним та охоплювало фахівців України, США, Білорусі, Литви, Польщі, Казахстану.

Фахівці обирались випадковим чином, опитування не було спеціально організовано поточним чином на одному підприємстві, а охоплює 300 підприємств аграрної сфери, що спеціалізуються на вирощуванні та збиранні пшениці.

До складу групи експертів «Керівники» увійшли директори, керівники, голови сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств, що спеціалізуються на вирощуванні пшениці, заступники директорів, комерційні директори, керівники сервісних служб та фермери, що спеціалізуються на збиранні врожаю пшениці.

До складу групи експертів «Агрономи» увійшли головні агрономи, агрономи, агрономи відділень, агрономи-агрохіміки, агрономи-консультанти, агрономи-обліковці, агрономи-полеводи, агрономи-технологи, агроінженери, молодші агрономи, що спеціалізуються на збиранні врожаю пшениці.

До складу групи експертів «Інженери» увійшли головні інженери, інженери з транспорту, логісти, менеджери з транспорту, інженери з експлуатації машинно-тракторного парку, інженери сервісних служб, інженери-конструктори, інженери-механіки, інженери з експлуатації сільськогосподарської техніки, механізатори, механіки, що спеціалізуються на збиранні врожаю пшениці.

До складу групи експертів «Дослідники» увійшли дослідники, агрономи-дослідники, наукові співробітники (старші та молодші), кандидати економічних, сільськогосподарських наук.

До складу групи експертів «Комбайнери» увійшли комбайнери, комбайнери-механізатори, комбайнери-трактористи, помічники комбайнерів, що спеціалізуються на збиранні врожаю пшениці.

До складу групи експертів «Водії» увійшли водії транспортних засобів, що задіяні у збиранні врожаю пшениці, водії бункерів-перевантажувачів, водії-трактористи, трактористи-машиністи СГТ (сільськогосподарської техніки), що спеціалізуються на збиранні врожаю пшениці. Загальну кількість експертів у групах за категоріями, які прийняли участь у дослідженні наведено на рис. 1.15.

Категорія «Агрономи» підкреслює, що найбільш критичними точками впливу погоди є жнива – коли довгі опади несуть пряму втрату врожаю та, звичайно, період посівної (особливо в осінній період). Вплив даних умов максимальний і враховувати його потрібно у кількості, якості зерна та часу транспортування з поля.

Питання врахування погодних умов актуальне при відсутності великої кількості транспорту, за умови багатопрофільності організації. Вся логістика

організації в період збирання в прямій зв'язці з прогнозом погоди, тому як навантаження на транспорт крім перевезення зерна достатньо велике.

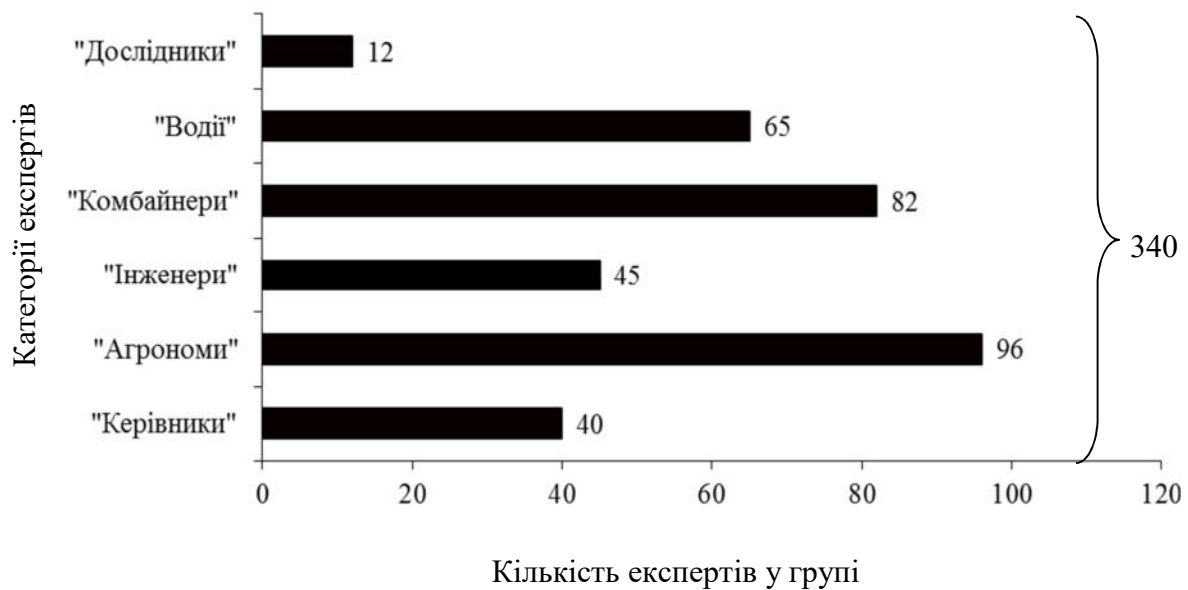


Рисунок 1.15 – Загальна кількість експертів у групах за категоріями

Агрономи, в свою чергу, зауважують, що при організації та плануванні транспортного забезпечення необхідно враховувати погодні умови на 100 %, але для більшості господарств суттєвий показник є 60-70 %.

Категорія «Дослідники» зауважує, що потрібно враховувати імовірність погодно-кліматичних умов при організації та плануванні транспортного забезпечення, особливо в північних і західних регіонах України.

Категорія «Водії» відмічають, що погодні умови грають не останню роль в транспортному забезпеченні так як вони впливають як на витрату палива так і на знос транспорту.

Категорія «Інженери» вказує, що, як правило до уваги приймаються погодні умови, проте, у зв'язку з недостовірністю інформації завжди планується найсприятливіший збіг обставин і максимальне використання машинно-тракторного парку.

Категорія «Комбайнери» відзначає, що вплив погодних умов на організацію та планування транспортного забезпечення відрізняється за областями нашої країни.

Комбайнери відзначають прямопропорційну тенденцію – хороша погода – брак машин, дощ – машин з надлишком. Оцінка впливу погодно-кліматичних умов залежить від технічного забезпечення господарства, а також від типу та стану дорожнього покриття яке прилягає до оброблюваного поля.

За результатами дослідження було встановлено, що не враховують вплив погодних умов, зазвичай, маленькі, приватні фермерські господарства, які вирощують пшеницю. Підприємства, які мають в своєму розпорядженні власний парк транспортних засобів, зазвичай також дуже не звертають уваги на погодні умови при плануванні та організації транспортного забезпечення.

Цікаво те, що при опитуванні, фахівці, наприклад управлінці, казали, що питання врахування погодних умов покладається на агрономів, комбайнери зауважували, що на управлінців. А в ідеалі потрібна тісна взаємодія між усіма учасниками логістичного ланцюга збиральної кампанії.

Один з респондентів, що приймав участь у опитуванні, – Сергей Аксёнов, М. Sc. MBA, провідний спеціаліст з оптимізації процесів відділу міжнародного збуту сільськогосподарської техніки фірми Tiemann Landtechnik GmbH & Co. KG, Germany відмічає важливість опису взаємодії системи «машина – поле – людина – погода», вивчення її особливостей. Це дасть нам категорії взаємодії. При цьому має сенс дати оцінку максимальній кількості подій і сценаріїв в максимально спрощених умовах. Мінімально впливати на погоду – це не глобально впливати на клімат. Де знаходяться межі цього «мінімально» – це ще одне питання. Але це наблизило б застосування техніки до оптимуму (необхідно і достатньо). Удобрюють, обробляють засобами захисту рослин і селекціонують пшеницю тому ж самому принципу, щоб досягти оптимуму. Але виходять з кліматичних особливостей і природних чинників, не враховуючи погоду, а ось саме погода залишається перемішаною колодою карт.

Діаграма оцінки впливу погодних умов за категоріями експертів (як середнього значення оцінок), що прийняли участь у дослідженні наведена на рис. 1.16. При цьому, максимальне значення шкали відповідає середньому значенню оцінки.

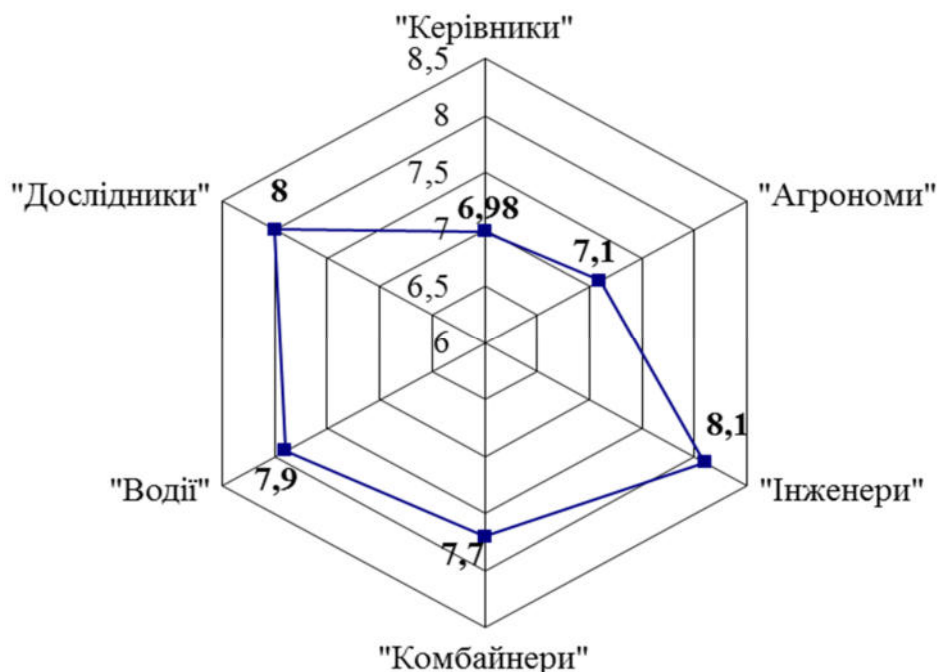


Рисунок 1.16 – Оцінка впливу погодних умов за категоріями експертів

Аналізуючи даний графік слід відзначити, що найбільш оптимістично налаштованими щодо врахування погодних умов при організації та плануванні транспортного забезпечення для збирання пшениці є категорія «Інженери», «Дослідники», «Водії» та «Комбайнери». Це пов'язано, насамперед, із прикладним характером їх роботи.

Категорія «Агрономи» займають середню позицію з приводу врахування погодних умов. На наш погляд, це пов'язано з недостатнім застосуванням сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій в організації та плануванні роботи сільськогосподарського виробництва. Наприклад у нашому дослідженні, з опитаних 340 респондентів лише 3 повідомили про впровадження та застосування локальних метеорологічних станцій та сучасних систем моніторингу посівів та планування збирально-транспортної техніки.

Категорія «Керівники» є найбільш скептично налаштованою з приводу врахування погодних умов при збиранні врожаю. Про це свідчить результат у 6,98. Керівникам збиральної кампанії пшениці необхідно планувати та приймати рішення відповідно до мінливої ситуації, що має місце у зв'язку з дуже стислим терміном збирання врожаю. На сьогодні, керівники сільськогосподарських підприємств працюють з великими обсягами даних, зазвичай не маючи навичок аналізу даних, вміння їх коректно оброблювати, ризики у вигляді погодно-кліматичних умов практично не враховуються, доступ до інформації є достатньо обмеженим через відсутність ведення баз даних на підприємствах сільськогосподарського профілю.

Таким чином, погодні умови в технологічних системах виступають як каталізатори виробничого процесу, вони здатні як інтенсифікувати, так й гальмувати його протікання. Для збирально-транспортного комплексу, як одного із складових виробничої системи підприємства, що має центральне положення та значний виробничий потенціал, особливої уваги набуває транспортне забезпечення. Цілісна оцінка взаємозв'язків транспортного забезпечення, з врахуванням динаміки погодних умов, структурно-функціональної організації, проблем і перспектив розвитку визначили актуальність дослідження [118].

Організація та планування транспортного процесу при збиранні озимої пшениці вимагає моніторингу зовнішнього середовища, зокрема погодно-кліматичних умов, що потребує досліджень та розробки оптимізаційних рішень з метою зниження їх впливу. На жаль, сьогодні, сучасні сільгоспвиробники недостатньо враховують вищезгадані умови при організації своєї діяльності, хоча вони мають важливе теоретичне і практичне значення. Виходячи з цього, дослідження, що стосуються питання організації, планування, та управління збирально-транспортним процесом з врахуванням погодно-кліматичних умов сільськогосподарських підприємств, є актуальними.

Задача оперативного управління транспортним процесом під час збирання врожаю озимої пшениці полягає в зменшенні впливу невизначеності на рішення, що приймаються, та процес планування.

Невизначеність у сільському господарстві, зокрема на етапі здійснення збирально-транспортного процесу, характеризується погодно-кліматичними умовами, що потребує дослідження закономірностей взаємного впливу функціонування транспортних процесів та систем із зовнішнім середовищем – погодно-кліматичними факторами.

Провідну роль в зменшенні впливу невизначеності відіграє використання методу експертних оцінок.

При моделюванні складних виробничих процесів, до якого впевнено можна віднести процес збирання врожаю, обов'язковим є визначення ступеня погодженості думок експертів з приводу врахування погодно-кліматичних умов при організації та плануванні збирально-транспортного процесу.

Метою даного підрозділу є обґрунтування використання погодно-кліматичних параметрів при організації та плануванні транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці застосуванням методу експертних оцінок та розрахунок погодженості думок експертів на основі статистичних показників.

Метод експертних оцінок є одним з найпоширеніших способів отримання і аналізу якісної інформації для розробки господарських рішень [119,120]. Лідерами з їх впровадження та застосування є Сполучені Штати Америки [121].

Експертні дослідження проводять з метою підготовки інформації для прийняття рішень [122].

За допомогою методу експертних оцінок можливо побудувати адекватну картину майбутнього розвитку з урахуванням всіх можливих зсувів і стрибків [123].

На думку Інюшкіної О.Г. отримання даних експертної оцінки суттєво розширює проблемне поле дослідження, дозволяє доповнити брак інформації, отриманої з інших джерел [124].

Балджи М.Д. у [121] наголошує, що методи експертних оцінок полягають в раціональній організації проведення експертами аналізу проблеми з кількісною оцінкою суджень та обробкою їх результатів.

Gordon T.J. у праці [125] підкреслює, що основою методу експертних оцінок є ідея про узагальнення та обробку індивідуальних оцінок експертів з приводу конкретної ситуації, отримання загальної думки, яка буде мати максимальну ступінь надійності та достовірності.

Бешелев С.Д. у роботі [126] наголошує, що при груповому отриманні оцінок експертів, припускається, що «істинне» значення характеристики, яка досліджується знаходиться всередині діапазону оцінок та що «загальна» колективна думка є більш достовірною.

Орлов А.І. дає наступне визначення: «Методи експертних оцінок – методи організації роботи зі спеціалістами-експертами та обробки думок експертів». Ці думки висловлюються у кількісній та якісній формі [122].

Інюшкіна О.Г. вважає, що експертні методи – це методи, які засновані на використанні експертів у якості основних джерел інформації відносно об'єкта дослідження. Спеціалісти вдаються до даного методу через неможливість опису проблеми аналітичними залежностями. Метою експертного обслідування є раціональні рекомендації відносно формування, перебудови систем управління, раціональних принципів управління, аналізу та впровадження найбільш передових технологій відносно галузі організації системи. Автор наголошує на створенні регулярної системи роботи з експертами, через велику ступінь невизначеності одноразового опитування [124].

Тверезовська Н.Т. у [127] дає наступне визначення: «Експертна система – автоматизована система, що реалізує ознаки та засоби штучного інтелекту, має базу знань з набором правил визначеного кола завдань та програмно-технічні засоби, що дозволяють на основі даних сформулювати рекомендації, коло рішень для користувача системи щодо стану об'єкта управління».

Домаскіна М.А. у роботі [116] наголошує на доречності та необхідності використання експертної інформації при моделюванні складних систем, зокрема аграрного виробництва.

Так, наприклад, у [127] наголошується на здійсненні експертними системами в сільському господарстві:

- автоматизації системи оперативного керування технологічним процесом оброблення сільськогосподарських культур системами економічних розрахунків;

- визначення параметрів управління, термін проведення операцій, їх характеристики і умови відтворення;

- видачі обґрунтованих рекомендацій;

- планування програм агротехнічних заходів для конкретних полів, на яких будуть вирощуватись культури;

- корекції інформаційної бази проектування відповідно до нових уявлень щодо технології обробки.

Колектив авторів у [128] зауважують, що при використанні експертних підходів результати обробки зберігають суб'єктивний характер у меншій мірі, ніж при висловлюванні думки одного експерту.

Згідно методики, яка наведена у [129], якщо кожен з m експертів, які приймають участь у опитуванні, дає одну оцінку y_j (j – номер даного експерта) майбутньому значенню величини, що прогнозується, тоді у результаті обробки цих оцінок можуть бути отримані наступні показники: середнє значення оцінок, дисперсія оцінок, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\sigma_{cp}}{y_{e.cp}}. \quad (1.6)$$

Погодженість думок експертів вважають важливою характеристикою якості результатів [130].

Тарасова В.В. у [131] відносить моду та медіану до особливого виду середніх величин. Автор стверджує, що середнє значення оцінок, мода і медіана

для якісно однорідної сукупності незначно відрізняються одна від одної, тобто в симетричних розподілах $x = Mo = Me$.

При аналізі погодженості оцінок експертів використовують коефіцієнт варіації – V , який характеризує варіабельність, розраховану як відношення середнього квадратичного відхилення до середньої арифметичної [120,129,132-134].

Малицький Б.А. вважає, що без врахування варіації експертних оцінок погіршується достовірність визначення привабливості фактору, який досліджується. Тому для кожного показника розраховується достовірність проведеного виміру його привабливості – коефіцієнт варіації експертних оцінок [133].

Зазвичай коефіцієнт варіації виражається у відсотках [127]:

$$V = \frac{\sigma_{cp}}{y_{e.cp}} \cdot 100 \% . \quad (1.7)$$

Вважають, що сукупність є однорідною, а середня – типовою, коли коефіцієнт варіації не перевищує 33 % [131, 134].

Згідно з [135] опитування експертів являє собою заслуховування та фіксацію у змістовній та кількісній формі думок експертів за вирішуваною проблемі. Основними видами опитування експертів є: анкетування та інтерв'ювання, дискусії, метод «мозкової атаки», метод Дельфи.

З перелічених методів більш детально зупинимося на анкетуванні. Головною перевагою даного методу є:

- простота процедури опитування експертів;
- можливість залучення великої кількості експертів, що орієнтується у даному питанні;
- створення анкети за допомогою онлайн-сервісів, наприклад сервісу Google. Експерти, що приймають участь у процедурі експертного оцінювання є практиками у сільському господарстві, через брак часу їх доволі складно залучити до опитування. Створення анкети за допомогою Google-форм є однією з головних переваг, яка дозволяє значно економити час на опитуванні,

прибирає просторово-часову приналежність та дає змогу заповнення анкети у зручний час для спеціаліста-експерта.

Бешелев С.Д. дає наступне визначення: «Анкетування – процес опитування експертів за допомогою анкет, на питання яких вони повинні дати відповіді у письмовій формі або з використанням технічних засобів». Анкета у експертних методах – організований визначеним чином набір питань, відповіді на які розглядаються як інформація про ступінь впевненості експерта у ймовірності здійснення події або у відносній важливості властивості, яка оцінюється [126].

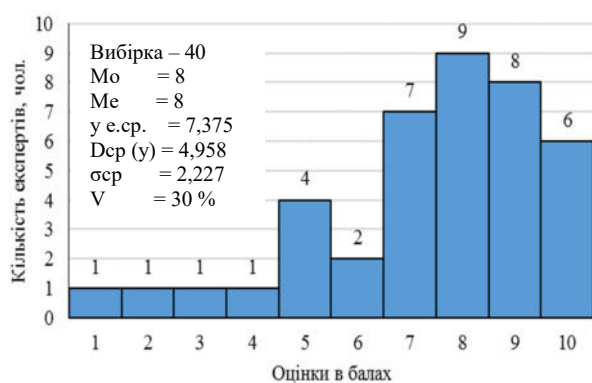
Таким чином, використовуючи вищенаведені рекомендації, було розроблено анкету за допомогою сервісу Google (додаток А).

Статистичне дослідження оцінок в балах за групами експертів «Керівники», «Агрономи», «Інженери», «Комбайнери», «Водії» та «Дослідники» представимо на рис. 1.17.

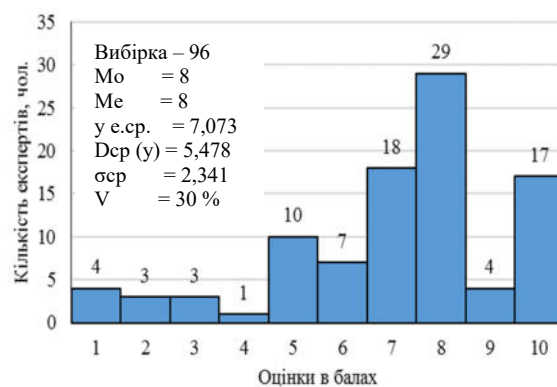
За результатами обробки оцінок, отриманих від спеціалістів-практиків бачимо, що погодно-кліматичні умови мають свій суттєвий вплив на організацію та планування збирально-транспортних процесів у сільському господарстві під час збирання врожаю пшениці та їх необхідно враховувати у господарській діяльності.

Обґрунтування погодженості думок експертів здійснено за середнім значенням оцінок, модою та медіаною. Згідно проведених розрахунків, результати яких наведено на рис. 1.17, показники середнього значення оцінок, моди та медіани незначно відрізняються один від одного. Таким чином, доходим висновку, що сукупність є однорідною.

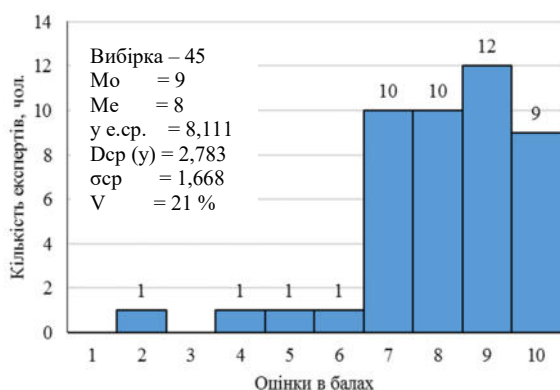
Обґрунтування погодженості думок експертів за коефіцієнтом варіації. Показник V_{σ} за групами експертів не перевищує 30 %. Аналізуючи показники коефіцієнта варіації, доходимо висновку, що сукупність є однорідною та думки експертів з приводу врахування погодно-кліматичних параметрів для організації та планування транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці є погодженими [136, 137].



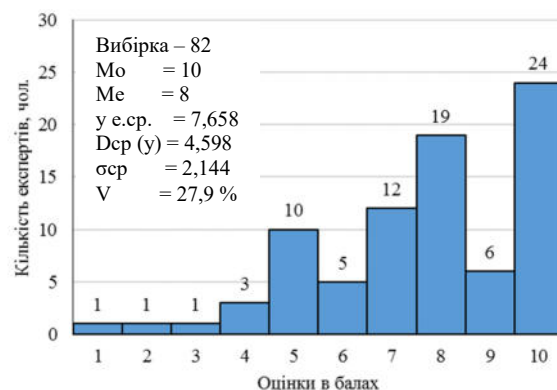
а



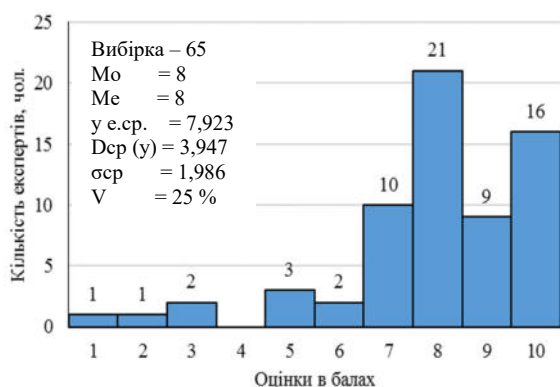
б



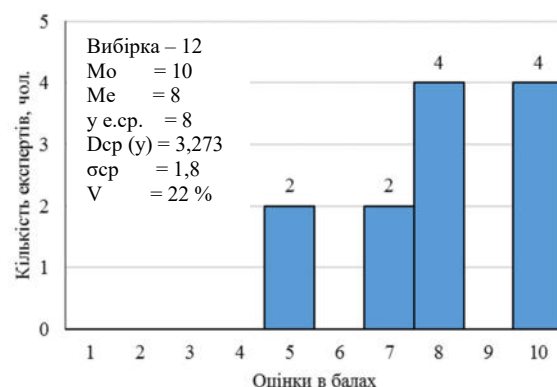
в



г



д



е

Рисунок 1.17 – Статистичне дослідження оцінок в балах за: а – групою експертів «Керівники»; б – групою експертів «Агрономи»; в – групою експертів «Інженери»; г – групою експертів «Комбайнери»; д – групою експертів «Водії»; є – групою експертів «Дослідники»

1.5 Висновки по розділу 1

1. На основі проведеного аналізу літературних джерел сучасних методів організації транспортного забезпечення у сільському господарстві встановлено, що наявні аналітично-статистичні та статистично-імітаційні

моделі транспортного забезпечення не враховують вплив погодно-кліматичних умов на ефективність транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, а вирішують питання в детермінованій постановці.

2. Обґрунтовано погодно-кліматичні, технічні та технологічні параметри, які чинять найсуттєвіший вплив на організацію транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці. Встановлено, що для погодно-кліматичних умов – це параметри дощ, роса, град; для технічних параметрів – тип дороги, ширина жатки, вологість культури, стан ґрунту, відносна вологість ґрунту, швидкість руху комбайну, продуктивність комбайну, експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів); для технологічних параметрів – вантажопідйомність транспортних засобів (автомобілів), відстань від поля до току, площа поля, урожайність, полеглисть, кількість комбайнів, кількість транспортних засобів (автомобілів), час обертів транспортних засобів (автомобілів), спосіб збирання.

3. Теоретично обґрунтовано доцільність застосування апарату нечіткої логіки разом з методом експертних оцінок у сільському господарстві, зокрема при організації транспортного забезпечення збирання врожаю озимої пшениці, що буде враховувати погодно-кліматичні, технічні та технологічні параметри в системі збирально-транспортного комплексу.

4. Проведена експертна оцінка значущості впливу погодно-кліматичних умов при збиранні врожаю озимої пшениці в Луганському регіоні підтвердила суттєвість їх врахування при визначенні раціональної кількості транспортних засобів. Отримані результати дозволили зробити висновок: показники за кожною групою експертів є однорідними, середнє значення оцінок в цілому дорівнює 8; погодженість показників за коефіцієнтом варіації знаходиться в межах від 21 до 30 %, що ≤ 33 %, тобто думки експертів відносно необхідності врахування погодно-кліматичних умов є погодженими.

5. Результати досліджень даного розділу викладено у публікаціях [14, 17, 18, 43, 44, 45, 46, 87, 88, 89, 110, 117, 118, 136, 137].

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

2.1 Загальна методика дослідження системи транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці

Загальна методика дослідження системи транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці складається з двох основних рівнів – структурної ідентифікації системи та параметричної ідентифікації системи

Згідно з [138] ідентифікацією є відображення залежності між величинами, що характеризують матеріальний об'єкт, математичною або логічною моделлю.

З позиції теорії управління ідентифікацією системи є визначення її структури та параметрів за допомогою аналізу вхідних та вихідних даних системи [139-141].

Згідно з [142,143] структурна ідентифікація системи – це етап, на якому визначається структура моделі дослідження, яка ґрунтується на теоретичних та евристичних міркуваннях, апріорній інформації про об'єкт дослідження, знаннях формальних аналітичних якостей моделей, інженерних навичках та інтуїції.

Автори у [144] дають наступне визначення «Ідентифікація моделі – визначення параметрів та структури математичної моделі, що забезпечує найкращу відповідність вихідних координат об'єкту та моделі при однакових вхідних впливах».

Загальних підходів до рішення задачі структурної ідентифікації до теперішнього часу не існує. Етап структурної ідентифікації зводиться до евристичного задання структури моделі, ґрунтуючись апріорними відомостями про об'єкт або процес [142].

Рівень структурної ідентифікації системи включає в себе наступні кроки (рис. 2.1):

1. Визначення структури моделі та її елементів полягає в опрацюванні формальних аналітичних якостей елементів моделі, теоретичних та евристичних міркувань експертів, апріорній інформації про об'єкт дослідження.

2. Визначення залежних та незалежних параметрів при організації та плануванні транспортного процесу на основі методу загального аналізу. Метою даного етапу є загальний аналіз та аргументація складових елементів системи, а також визначення залежних та незалежних параметрів.

3. Наступним кроком є теоретичне обґрунтування впливу незалежних параметрів. Для цього в нашому дослідженні використовується метод аналізу ієрархій Сааті. Даний метод дозволяє теоретично обґрунтувати вплив незалежних параметрів транспортного процесу як вихідних для етапу імітаційного моделювання. Більш детально застосування методу аналізу ієрархій Сааті буде розглянуто у п. 2.2. дисертаційного дослідження.

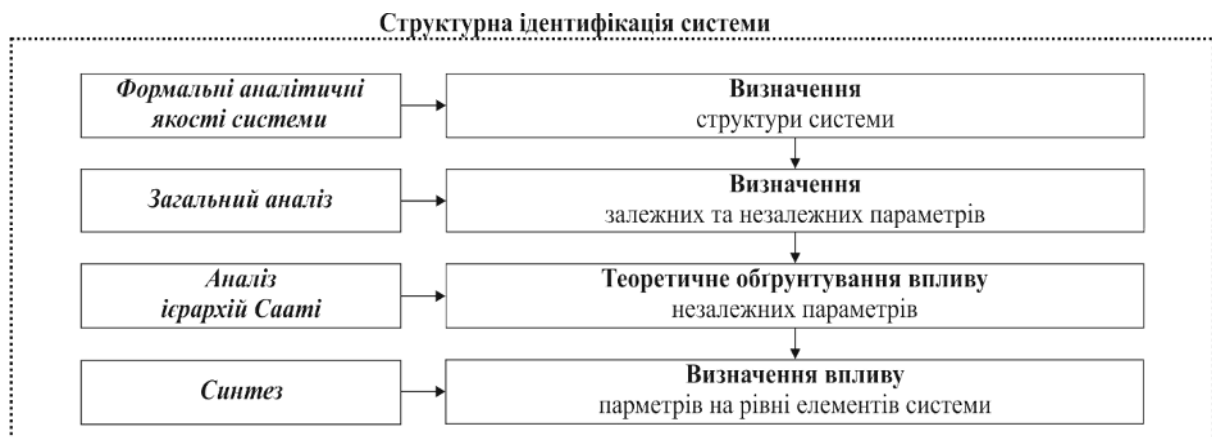


Рисунок 2.1 – Структурна ідентифікація системи

4. Наступним є крок визначення впливу залежності параметрів на основі методу синтезу. Метою даного етапу є встановлення залежності між параметрами системи. Вона буде відбуватися як у контексті «залежні

параметри – незалежні параметри» так й у контексті «залежні параметри – залежні параметри». Даний крок є перехідним до параметричної ідентифікації системи.

Автор у роботі [145] підкреслює, що на етапі синтезу систем управління на основі моделей прогнозування часто ставляться задачі побудови нових, складних моделей процесів, які не мають апріорного математичного опису.

Параметрична ідентифікація – це процес оцінювання параметрів моделі заданої структури. Методи параметричної ідентифікації зводяться до пошуку чисельних значень параметрів, які дають найкращий збіг між виходом моделі і виходом системи, що вимірюється [146].

Процедурою параметричної ідентифікації або оцінювання параметрів є встановлення значень параметрів, які характеризують динаміку поведінки об'єкта [144].

Рівень параметричної ідентифікації системи складається із наступних кроків (рис. 2.2):

1. Присвоєння термів кожному з залежних та незалежних параметрів системи на основі методу експертних оцінок. Після того, як присвоєно терми для всіх параметрів, переходимо до наступного кроку.

2. Фазифікація параметрів системи, тобто представлення нечітких значень залежних та незалежних параметрів у вигляді лінгвістичних величин істинності.

3. Нечіткий логічний висновок реалізується за допомогою відображення вектору вхідних даних у скалярне вихідне значення [147].

4. Дефазифікація, тобто процедура одержання чіткого результату з нечіткого.

5. Отримання результату розрахунку.

6. Перевірка коректності результату. При встановленні, що результат розрахунку є коректним, кінцеву мету досягнуто.

Якщо ж в результаті моделювання виявиться, що система дає некоректний результат за оцінкою фахівців-практиків (експертів), тоді необхідно буде перелаштувати систему, наприклад, задати більш деталізовані терми, обрати інший метод фазифікації і т. ін.

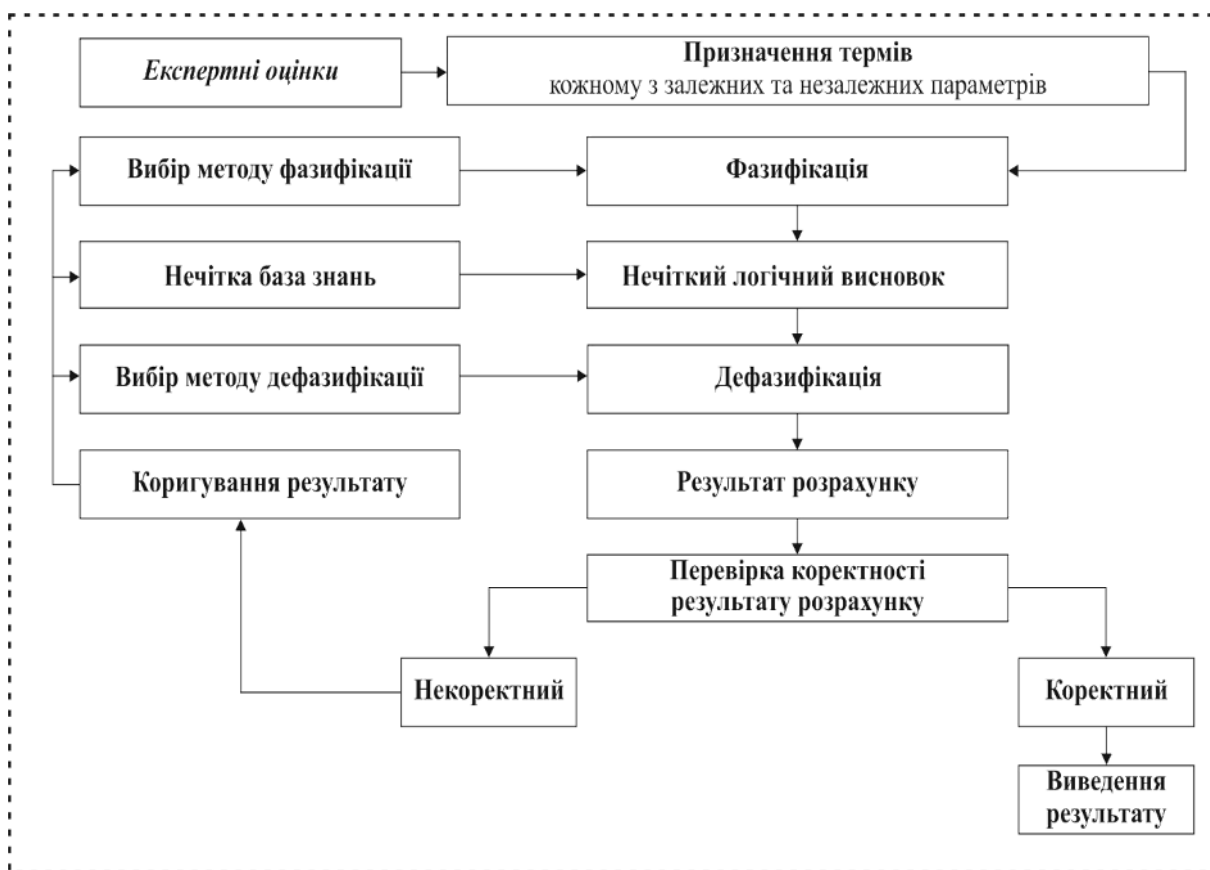


Рисунок 2.2 – Параметрична ідентифікація системи

У роботі [146] автор підкреслює, що параметрична ідентифікація є циклічним процесом, який полягає у багатократному виборі структури моделі, розрахунку найкращої моделі обраної структури, та оцінці властивостей отриманої моделі.

Даний етап будемо називати етапом адаптації. Його здійснення регламентується кроками 7-10 згідно з (рис. 2.3). Після цього, на етапі, який будемо називати етапом експлуатації (рис. 2.4), здійснюється повторний перерахунок за моделлю.

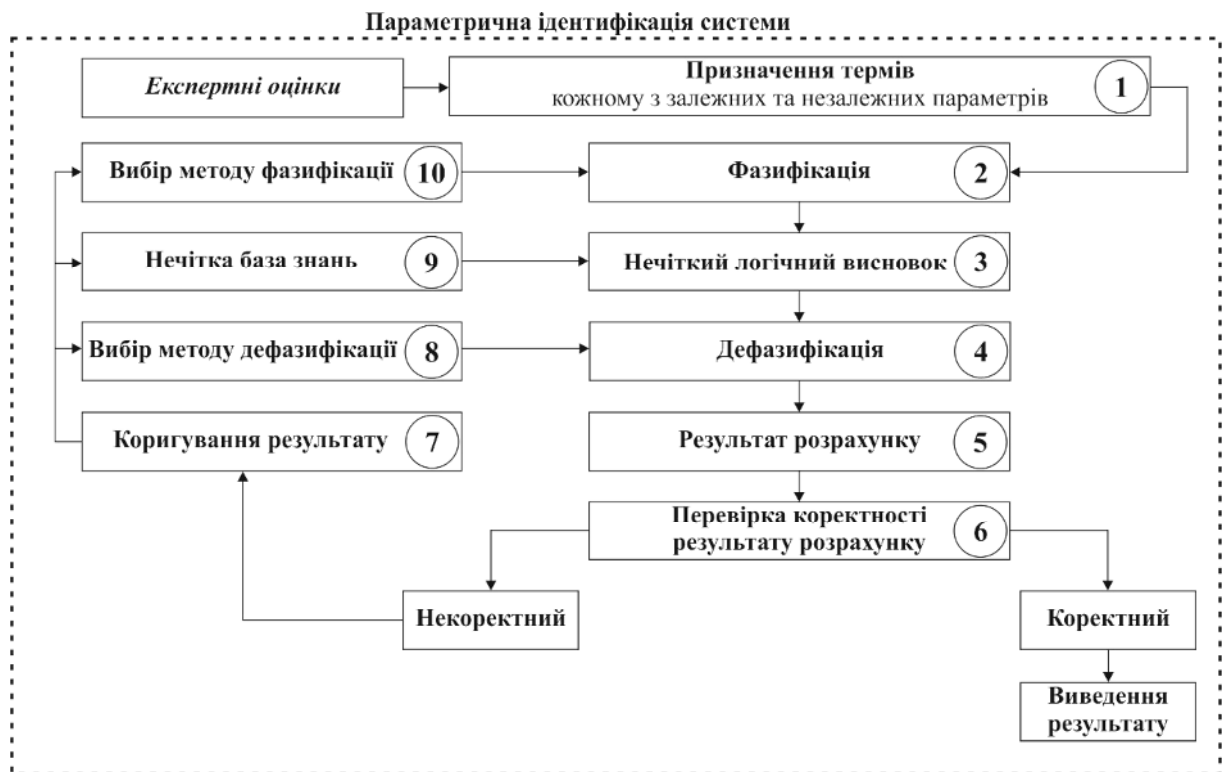


Рисунок 2.3 – Параметрична ідентифікація системи (етап адаптації)

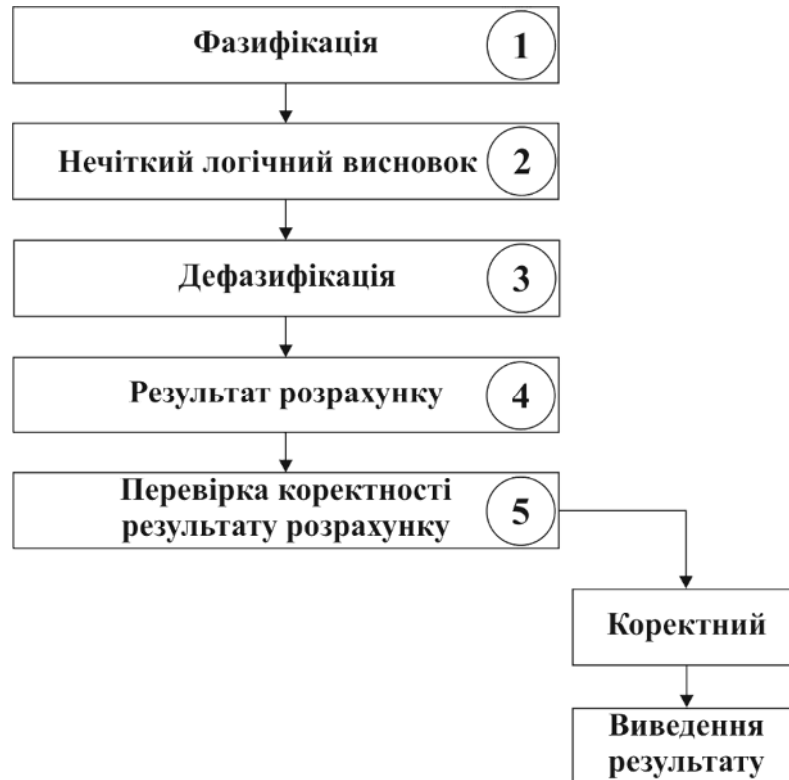


Рисунок 2.4 – Етап експлуатації системи

Таким чином, загальна методика дослідження складається з рівнів структурної та параметричної ідентифікації, включає в себе етап адаптації та експлуатації системи.

Схема побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу представлена на рис. 2.5.

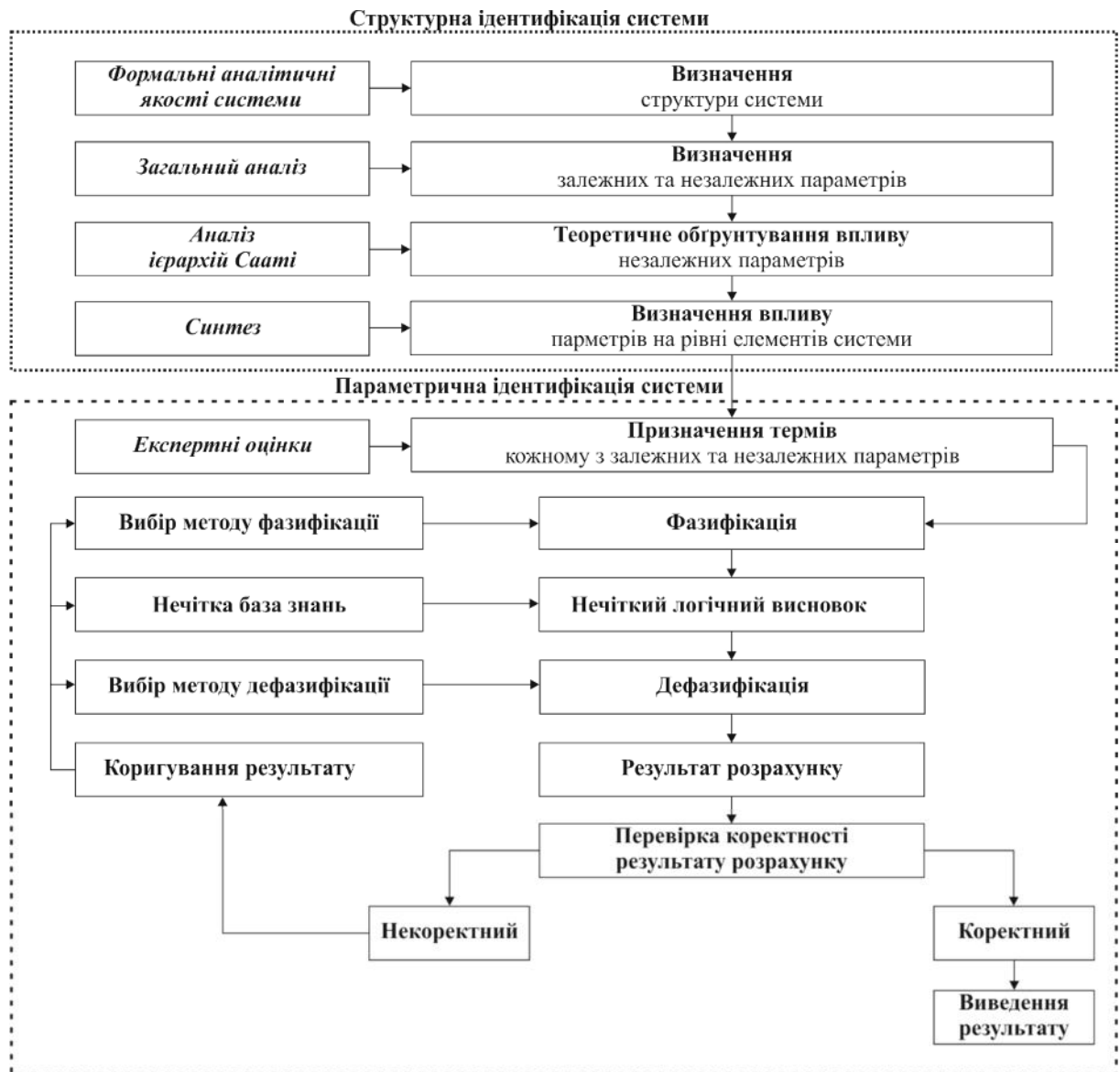


Рисунок 2.5 – Схема побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу

При розробці системи залучаються наступні спеціалісти: програмісти, аналітики, агрономи, інженери з транспорту, інженер з експлуатації транспорту, керівники сільськогосподарських підприємств, які переймаються питаннями збирання врожаю озимої пшениці.

2.2 Структурна ідентифікація системи транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці

Згідно з рис. 2.1 першим кроком структурної ідентифікації системи є визначення структури моделі та її елементів (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Визначення структури системи та її елементів при організації транспортного процесу збирання озимої пшениці

При дослідженні транспортного забезпечення пропонується виділити основні елементи: «Погодно-кліматичні параметри», що характеризують вплив зовнішнього середовища, «Поле», «Культура», «Спосіб збирання», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль».

Кожному із вищезазначених елементів збирально-транспортного комплексу задамо характерні для нього параметри, за допомогою яких буде здійснюватися процес моделювання (рис. 2.7).

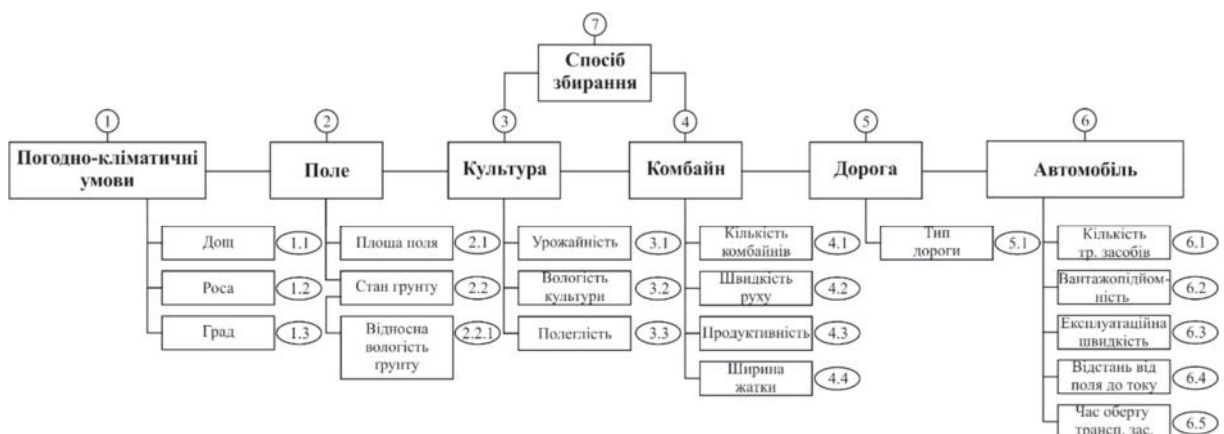
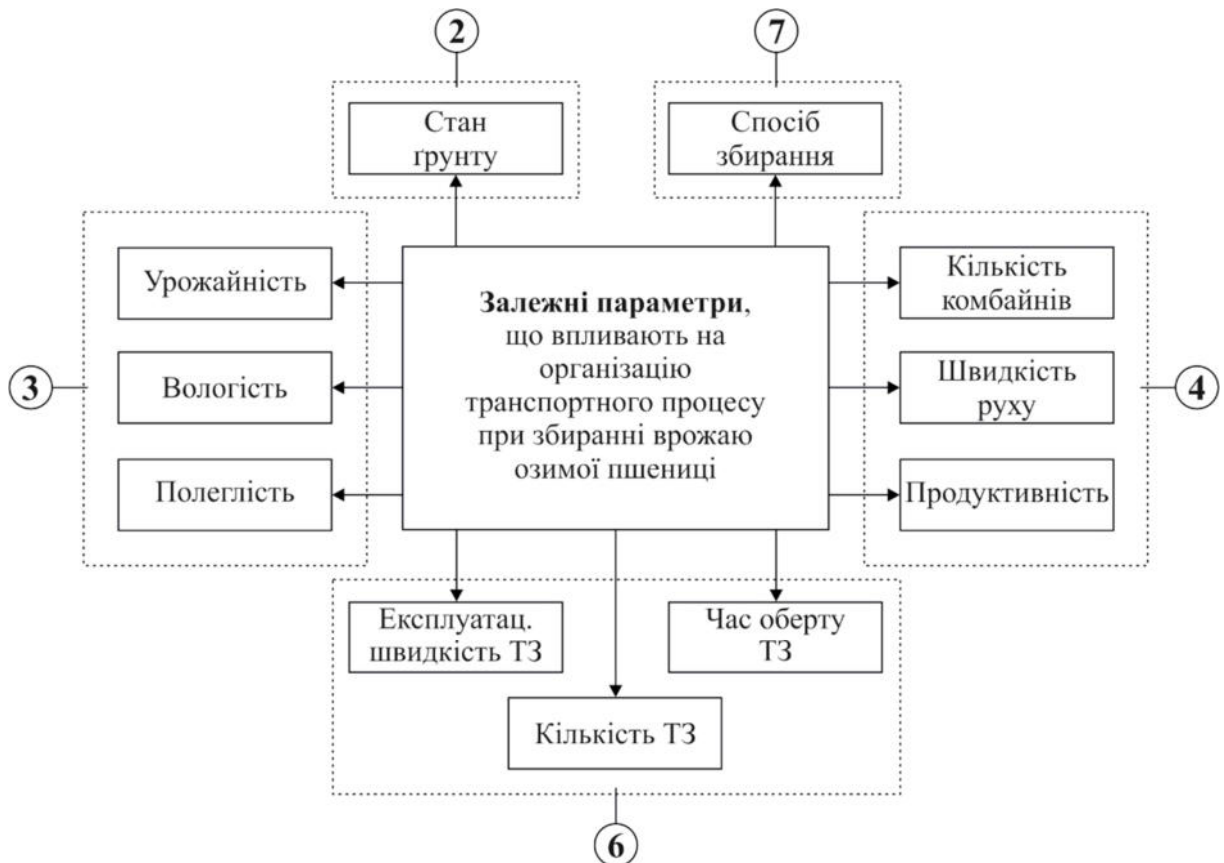


Рисунок 2.7 – Елементи системи збирально-транспортного комплексу

Другим кроком у відповідності з наведеною методикою структурної ідентифікації є визначення залежних та незалежних параметрів.

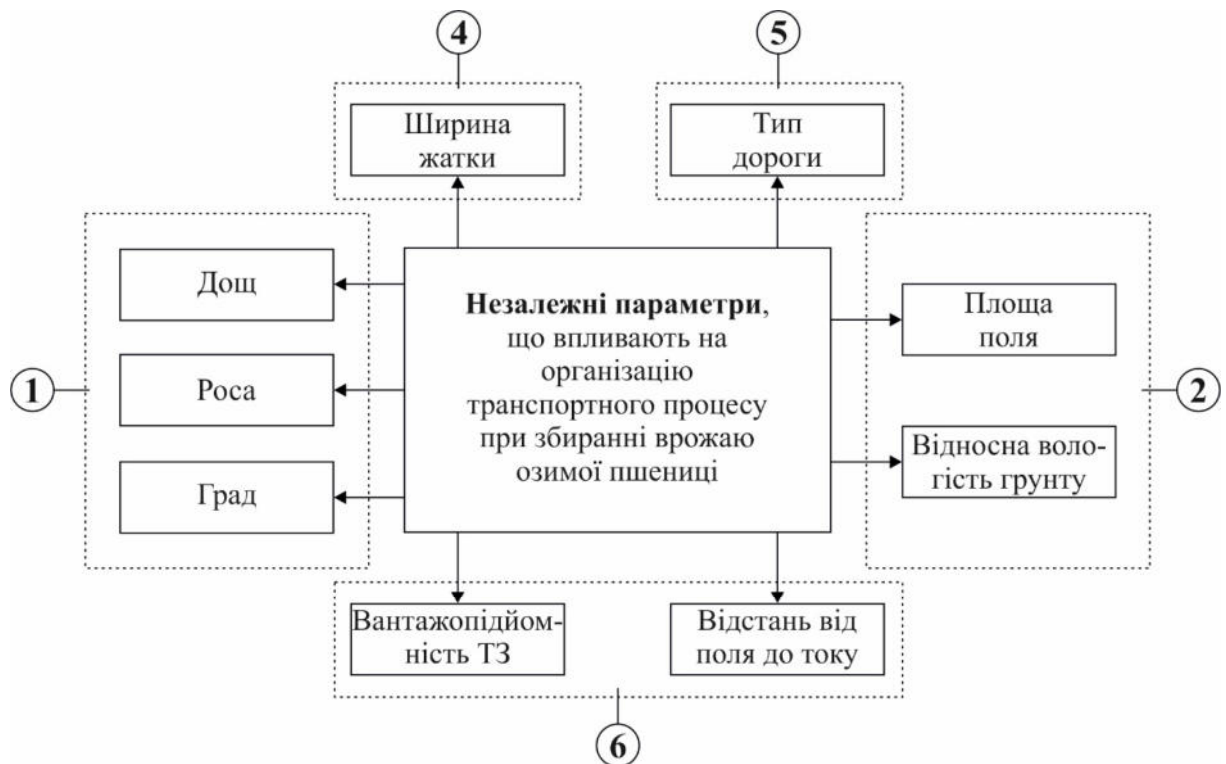
Визначимо залежні та незалежні параметри елементів системи організації транспортного процесу збирання озимої пшениці. Залежні та незалежні параметри представимо у вигляді рис. 2.8 та рис. 2.9 відповідно.



Приналежність до структури системи та її елементів:

- ② — Поле
- ③ — Культура
- ④ — Комбайн
- ⑥ — Автомобіль
- ⑦ — Спосіб збирання

Рисунок 2.8 – Залежні параметри елементів транспортного забезпечення збирання озимої пшениці



Приналежність до структури системи та її елементів:

- ① — Погодно-кліматичні умови (зовнішнє середовище)
- ② — Поле
- ④ — Комбайн
- ⑤ — Дорога
- ⑥ — Автомобіль

Рисунок 2.9 – Незалежні параметри елементів транспортного забезпечення збирання озимої пшениці

Третім кроком згідно із структурною ідентифікацією системи (рис. 2.1) є теоретичне обґрунтування незалежних параметрів на основі методу аналізу ієрархій Сааті.

Організація транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці відноситься до слабоструктурованих та багатокритеріальних задач, через вплив на нього багатьох параметрів – погодно-кліматичних, технічних і технологічних.

Параметри, з якими ми маємо справу у сільському господарстві, мають різний вплив на організацію транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці. Даний вплив необхідно оцінити та визначити відповідні коефіцієнти впливу, які у подальшому буде використано при обґрунтуванні використання вихідних даних при імітаційному моделюванні.

Для забезпечення надійного та якісного управління нам необхідно виділити та ранжувати дані параметри за ступінню їх об'єктивного впливу на функціонування системи організації та планування транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці.

Для вирішення даної задачі пропонуємо застосувати метод аналізу ієрархій Сааті [148-150].

Ефективність та різноманітність практичного застосування методу аналізу ієрархій Сааті підтверджується універсальністю його застосування до великої кількості практичних задач [151].

Так, наприклад, авторами у роботі [152] на базі методу аналізу ієрархій Сааті запропоновано процедуру визначення ефективних транспортних засобів за техніко-експлуатаційними характеристиками для здійснення перевезень певного виду товару.

У роботі [153] метод аналізу ієрархій Сааті автор застосовує для ранжування видів міського пасажирського транспорту за рівнем їх пріоритетності.

Методом аналізу ієрархій у роботі [154] дослідники визначають коефіцієнти вагомості кожної групи показників вантажних автомобілів.

У роботі [155] визначення ступеню впливу показників на інтегральний показник оцінки базових підприємств автомобільного транспорту здійснюється на основі методу аналізу ієрархій Сааті.

Метою даного підрозділу є застосування методу аналізу ієрархій Сааті для теоретичного обґрунтування вихідних незалежних параметрів за силою їх впливу на транспортний процес збирання врожаю озимої пшениці [156].

Для розв'язання цієї задачі необхідно задати деяку вимірну шкалу для суджень та мати механізм вірогідної асоціації суджень експертів з числами. При цьому, обов'язковою умовою методу має бути числова (кардинальна) узгодженість результатів за ступінню їх переваги. Експертів було відібрано при виконанні дослідження [118] у кількості 63 респондентів, які мають стаж практичної роботи відносно збирання врожаю пшениці більше 10 років.

Шкала оцінювання сили впливу на організацію та планування транспортного процесу під час збирання врожаю озимої пшениці – числова оцінка сили впливу (від 1 до 9) одного параметру по відношенню до іншого параметру (рис. 2.10).

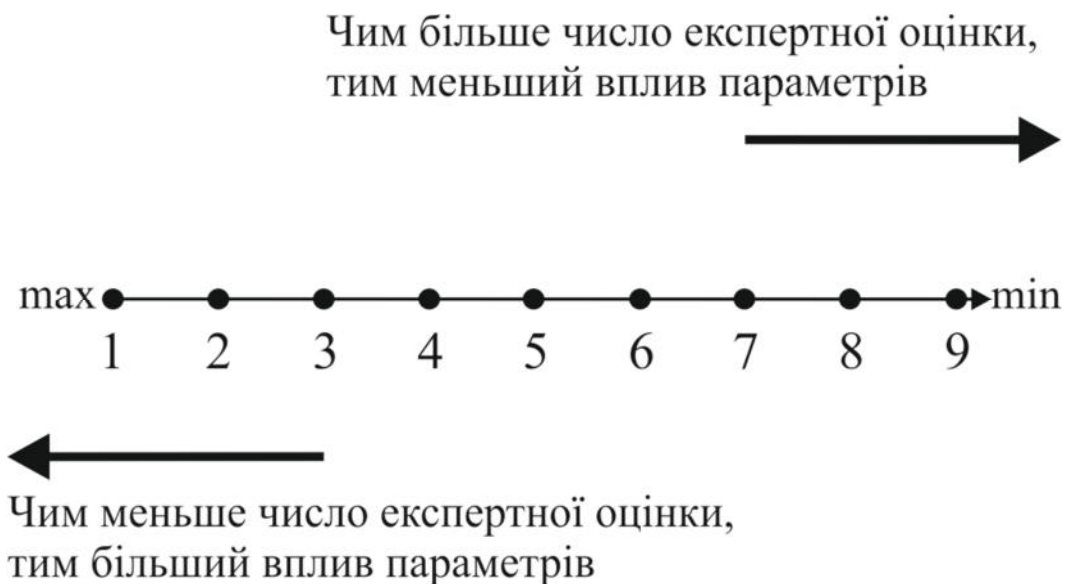


Рисунок 2.10 – Шкала оцінювання сили впливу вихідних незалежних параметрів на транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці

Умови оцінювання узгодженості суджень задано наступним чином:

- якщо параметр стовпчика має рівну значущість з параметром рядка, у відповідну позицію матриці заносимо 1;
- якщо параметр стовпчика незначно важливіший за параметр рядка, у відповідну позицію матриці заносимо 3;

- якщо параметр стовпчика важливіший за параметр рядка, у відповідну позицію матриці заносимо 5;
- якщо параметр стовпчика значно важливіший за параметр рядка, у відповідну позицію матриці заносимо 7;
- якщо параметр стовпчика абсолютно переважає над параметром рядка, у відповідну позицію матриці заносимо 9.

Числа 2, 4, 6, 8 та їхні зворотні величини використовуються для полегшення компромісів між судженнями, що дещо відрізняються від основних чисел.

Необхідно порівняти параметри попарно за силою їх впливу на організацію та планування транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці, розмістити в матрицю числа, що відображають результат порівняння, та знайти власний вектор з найбільшим власним значенням. Власний вектор забезпечує упорядкування пріоритетів, а власне значення при цьому буде слугувати мірою узгодженості суджень експертів.

За допомогою методу, запропонованим Томасом Сааті у [157] порівнюємо висхідні незалежні параметри попарно за силою їх впливу на організацію та планування транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці.

1.1. Визначимо шкалу пріоритетів. Нехай «Дощ», «Роса», «Град», «Площа поля», «Відносна вологість ґрунту», «Ширина жатки», «Тип дороги», «Вантажопідйомність ТЗ» та «Відстань від поля до току» незалежні параметри системи, що чинять свій вплив на організацію та планування транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці. Створимо шкалу пріоритетів відносно впливу на організацію та планування транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці. Судження здійснюється експертами, задіяними у збиранні врожаю пшениці. Експерт відповідає на питання: «На скільки сильніше один параметр впливає на організацію та планування транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці за інший?». Відповідь він дає одним з чисел n_{ij} для

порівняння, яке визначається з умов оцінювання, і дане судження заносить у відповідну позицію матриці. Порівняння сили впливу завжди здійснюється для дії чи об'єкта, який розташовано в лівому стовпчику, по відношенню до дії або об'єкту, що розташовано у верхньому рядку. В нашому випадку маємо матрицю попарних порівнянь для дев'яти рядків та дев'яти стовпчиків – вихідна матриця 9x9 (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Вихідна матриця

Незалежні параметри, що впливають на організацію та планування транспортного процесу		Дош	Роса	Град	Площа поля	Відносна вологість ґрунту	Ширина жатки	Тип дороги	Вантажопідйомність ТЗ	Відстань від поля до току
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Дош	A	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{14}	n_{15}	n_{16}	n_{17}	n_{18}	n_{19}
Роса	B	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{24}	n_{25}	n_{26}	n_{27}	n_{28}	n_{29}
Град	C	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{34}	n_{35}	n_{36}	n_{37}	n_{38}	n_{39}
Площа поля	D	n_{41}	n_{42}	n_{43}	n_{44}	n_{45}	n_{46}	n_{47}	n_{48}	n_{49}
Відносна вологість ґрунту	E	n_{51}	n_{52}	n_{53}	n_{54}	n_{55}	n_{56}	n_{57}	n_{58}	n_{59}
Ширина жатки	F	n_{61}	n_{62}	n_{63}	n_{64}	n_{65}	n_{66}	n_{67}	n_{68}	n_{69}
Тип дороги	G	n_{71}	n_{72}	n_{73}	n_{74}	n_{75}	n_{76}	n_{77}	n_{78}	n_{79}
Вантажопідйомність ТЗ	H	n_{81}	n_{82}	n_{83}	n_{84}	n_{85}	n_{86}	n_{87}	n_{88}	n_{89}
Відстань від поля до току	I	n_{91}	n_{92}	n_{93}	n_{94}	n_{95}	n_{96}	n_{97}	n_{98}	n_{99}

При порівнянні параметру з самим собою будемо мати рівну значущість, тож на перетині рядка зі стовпчиком у даному випадку заносимо 1. Через це головна діагональ матриці буде складатися з одиниць. Для зворотного порівняння параметрів рядка з параметрами стовпчика вносимо відповідні зворотні значення: 1, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9 на відповідних перетинах параметрів стовпчика та рядка.

Для нашої задачі матриця має 81 поле. Вісім з них вже визначені, а саме ті, що знаходяться на діагоналі (A,A), (B,B), (C,C), (D,D), (E,E), (F,F), (G,G), (H,H), (I,I) – головна діагональ матриці, і дорівнюють одиниці. Так як, наприклад, параметр А «Дощ» має рівну значущість по відношенню до себе. Для 72 чисел, що залишилися після заповнення головної діагоналі необхідно провести 36 порівнянь, оскільки інші 36 є зворотними порівняннями та їх оцінки мають бути зворотними величинами відносно оцінок перших 36. Якщо експерт використовуючи рекомендовану шкалу оцінювання вносить число 7 в позицію (A,G), так як вважає, що сила впливу параметру А «Дощ» важливіша у порівнянні з параметром G «Тип дороги» під час проведення збиральної кампанії. Тоді в позицію (G,A) автоматично вноситься зворотна величина, тобто $1/7$. Після проведення 36 порівнянь, що залишилися, а також внесення їх зворотних величин, для всієї матриці отримаємо матрицю (табл. Б.1, Додаток Б).

Наступний крок полягає у обчисленні вектору пріоритетів за даною матрицею. У математичних термінах – обчислення головного власного вектору, який після нормалізації стає вектором пріоритетів.

Для цього скористуємось наступним способом. Розділимо елементи кожного стовпчика матриці з оцінками експертів та сумою за стовпчиками (табл. Б.2, Додаток Б) на суму елементів цього стовпчика, тобто нормалізуємо стовпчик. Отримаємо наступну матрицю, що наведено в табл. Б.3 (Додаток Б):

Далі знайдемо вектор-стовпчик. Для цього визначимо суму елементів кожного рядка та занесемо її у відповідне поле нової матриці, що наведено у табл. Б.4 (Додаток Б).

Поділимо кожний елемент вектору-стовпчика на число елементів (на кількість елементів у стовпчику) та отримаємо вектор-стовпчик пріоритетів. Цей процес має назву усереднення за нормалізованими стовпчиками. У результаті отримуємо наступну матрицю, що наведено в табл. Б.5 (Додаток Б).

Наступним кроком знайдемо новий вектор. Для цього помножимо матрицю з оцінками експертів та сумою за стовпчиками (табл. Б.2, Додаток Б) на отриманий результат вектору-стовпчика пріоритетів, використовуючи спосіб множення матриці на вектор. Отримаємо наступну матрицю (табл. 2.2).

Далі визначимо новий вектор з поміткою «*» – «Новий вектор *». Для цього елементи стовпчику «Новий вектор» матриці з новим вектором (табл. 2.2) поділимо на «Вектор-стовпчик» пріоритетів цієї ж матриці. Занесемо отримані дані у таблицю 2.2.

Знайдемо максимальне або головне власне значення – λ_{max} (формула 2.1). Це значення, що відображає пропорційність переваг експертів та використовується для оцінки погодженості. Для цього знайдемо суму елементів «Новий вектор *» та розділимо її на n .

Чим ближче λ_{max} до n – числу об'єктів або видів дій з матрицею, тим більш погодженим є результат розрахунків.

Показник максимального або головного власного значення, яке використовується для оцінки узгодженості, що характеризує пропорційність переваг знаходиться за формулою:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Новий вектор}^*}{n}. \quad (2.1)$$

Для нашої задачі λ_{max} буде дорівнювати:

$$\lambda_{max} = \frac{8,84+9,94+9,76+9,6+9,32+9,2+9,12+9,17+9,22}{9} = \frac{85,19}{9} = 9,4.$$

Далі знаходимо індекс погодженості. Індекс погодженості (ІП) – відхилення від погодженості експертів, яке може бути виражене наступною формулою:

$$ІП = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}. \quad (2.2)$$

Таблиця 2.2 – Матриця з новим вектором

Незалежні параметри, що впливають на організацію та планування транспортного процесу	Дош	Роса	Град	Площа поля	Відносна вологість грунту	Ширина жатки	Тип дороги	Вантажопідйомність ТЗ	Відстань від поля до току	Вектор-стовпчик	Вектор-стовпчик пріоритетів	Новий вектор	Новий вектор*
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Дош	A	0,35	0,42	0,4	0,37	0,28	0,27	0,24	0,19	2,76	0,31	3,02	9,84
Роса	B	0,18	0,21	0,26	0,3	0,21	0,23	0,21	0,16	1,96	0,22	2,17	9,94
Град	C	0,12	0,11	0,13	0,15	0,21	0,18	0,17	0,16	1,39	0,15	1,51	9,76
Площа поля	D	0,07	0,05	0,07	0,07	0,14	0,14	0,14	0,13	0,95	0,11	1,01	9,6
Відносна вологість ґрунту	E	0,09	0,07	0,04	0,04	0,07	0,09	0,10	0,10	0,72	0,08	0,75	9,32
Ширина жатки	F	0,06	0,04	0,03	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,48	0,05	0,49	9,2
Тип дороги	G	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,33	0,04	0,34	9,12
Вантажопідйомні сть ТЗ	H	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,23	0,03	0,23	9,17
Відстань від поля до току	I	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,18	0,02	0,18	9,22
Сума за стовпчиками	Σ	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	Σ	85,19

Для нашої задачі *III* буде дорівнювати:

$$III = \frac{(9,4-9)}{(9-1)} = \frac{0,4}{8} = 0,05.$$

Усі вищенаведені порівняння та розрахунки необхідні для визначення ступеня впливу кожного з параметрів на хід збиральної кампанії та розподілу їх відповідно до пріоритетів.

Перевірити адекватність зроблених розрахунків можна за допомогою такої величини, як відношення погодженості (ВП), яку знаходимо за формулою:

$$ВП = \frac{III}{VI}, \quad (2.3)$$

де VI – випадковий індекс.

Випадковий індекс (VI) – індекс погодженості, який згенеровано випадковим чином за шкалою від 1 до 9 зворотно-симетричної матриці з відповідними зворотними величинами елементів. Нижче наведено середні показники випадкових індексів відповідно до порядку матриці (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Середні показники випадкових індексів відповідно до порядку матриці

Порядок матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкові індекси	0,00	0,00	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

У випадку, що розглядається, для матриці 9-го порядку значення випадкового індексу (VI) дорівнює 1,45.

У випадку, якщо значення відношення погодженості $\leq 0,10$ будемо вважати прийнятним і таким який підтверджує адекватність розрахунків.

Розрахуємо відношення погодженості (ВП) для нашої задачі:

$$ВП = \frac{0,058}{1,45} = 0,04.$$

Отримане відношення погодженості (ВП) дорівнює 0,04, що є близьким до індексу погодженості (ІП), який дорівнює 0,05. Таким чином, можна зробити висновок, що зроблені розрахунки є прийнятними і такими, що підтверджують їх адекватність.

Розподіл ваги впливу параметрів на транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці наведено на рис. 2.11.

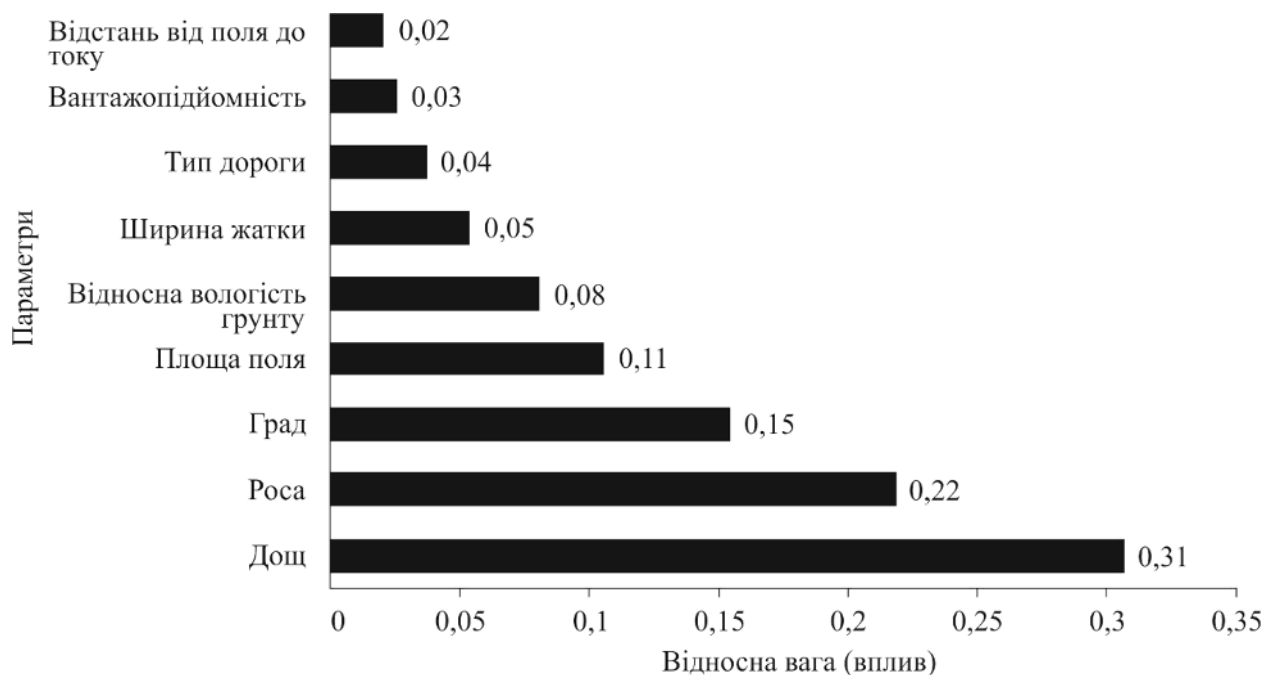


Рисунок 2.11 – Розподіл ваги впливу параметрів на транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці

На основі методу аналізу ієрархій Сааті теоретично обґрунтовано вихідні незалежні параметри за силою їх впливу на транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці.

За результатами розрахунку встановлено, що погодно-кліматичні параметри «Дош», «Роса» та «Град» чинять найсуттєвіший вплив на транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці та їх розрахункові коефіцієнти впливу відповідно складають 0,31; 0,22; 0,15. Для можливості

застосування методу розроблено комп'ютерну програму «Weight Assignment Modeling Transport Process» [158], (Додаток В).

Наступним є крок визначення впливу залежності параметрів на основі методу синтезу. Метою даного етапу є встановлення залежності між параметрами системи. Вона буде відбуватися як у контексті «залежні параметри – незалежні параметри» так й у контексті «залежні параметри – залежні параметри».

Випикуємо залежні параметри та вказуємо на їх залежність від залежних параметрів (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Вплив «Залежні параметри – залежні параметри»

Шифр згідно рис. 2.7	«Залежні параметри», які впливають	«Залежні параметри», на які впливають	Шифр згідно схеми
3.1	Урожайність	Полеглість	3.3
4.1	Кількість комбайнів	Урожайність	3.1
		Продуктивність комбайну	4.3
		Час обертів транспортних засобів (автомобілів)	6.5
4.2	Швидкість руху комбайну	Стан ґрунту	2.2
		Спосіб збирання	7
4.3	Продуктивність комбайну	Вологість культури	3.2
		Швидкість руху комбайну	4.2
6.1	Кількість транспортних засобів (автомобілів)	Кількість комбайнів	4.1
6.5	Час обертів транспортних засобів (автомобілів)	Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)	6.3
7	Спосіб збирання	Полеглість	3.3
		Вологість культури	3.2

Випикуємо залежні параметри та вказуємо на їх залежність від незалежних параметрів (таблиця 2.5):

Таблиця 2.5 – Вплив «Незалежні параметри – залежні параметри»

Шифр згідно рис. 2.7	«Незалежні параметри», які впливають	«Залежні параметри,» на які впливають	Шифр згідно рис. 2.7
1	2	3	4
1.1	Дощ	Стан ґрунту	2.2
		Вологість культури	3.2
		Полеглість	3.3
		Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)	6.3
1.2	Роса	Вологість культури	3.2
1.3	Град	Полеглість	3.3
2.1	Площа поля	Кількість транспортних засобів (автомобілів)	6.1
2.2.1	Відносна вологість ґрунту	Стан ґрунту	2.2
4.4	Ширина жатки	Продуктивність комбайну	4.3
5.1	Тип дороги	Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)	6.3
6.2	Вантажопідйомність транспортних засобів (автомобілів)	Час обертів транспортних засобів (автомобілів)	6.5
6.4	Відстань від поля до току	Час обертів транспортних засобів (автомобілів)	6.5

В якості прикладу наведемо декілька залежностей. Проілюструємо вплив незалежного параметру «Тип дороги» на залежний параметр «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)» (рис. 2.12) та вплив незалежного параметру «Дощ» на залежні від нього параметри «Полеглість», «Стан ґрунту», «Вологість культури» та «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)» (рис. 2.13).



Рисунок 2.12 – Вплив незалежного параметру «Тип дороги» на залежний параметр «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)»

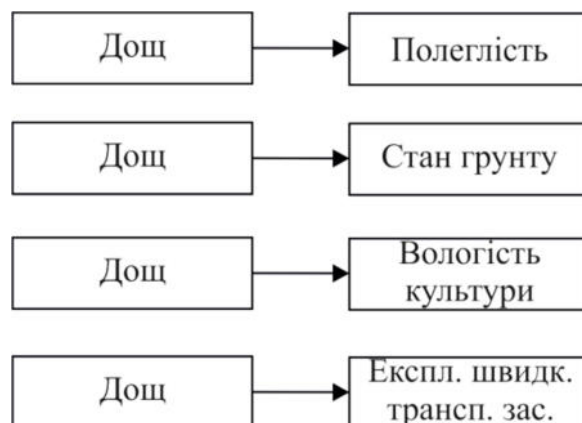


Рисунок 2.13 – Вплив незалежного параметру «Дощ» на залежні від нього параметри

Теж саме зробимо для всіх 17 параметрів.

Крок визначення впливу залежності параметрів на основі методу синтезу є перехідним до параметричної ідентифікації системи.

2.3 Параметрична ідентифікація системи транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці

Першим кроком параметричної ідентифікації системи (рис. 2.2) є присвоєння термів кожному з залежних та незалежних параметрів системи на основі методу експертних оцінок.

В якості експертів виступали фахівці з дослідження [116] у кількості 63 респондентів, які мають стаж практичної роботи відносно збирання врожаю пшениці більше 10 років.

Присвоїмо кожному з залежних та незалежних параметрів терми, користуючись рис. 2.8 та 2.9.

Терми для залежних параметрів представимо у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Терми для залежних параметрів

Шифр згідно рис. 2.7	Параметр	Терми	Показник
7	Спосіб збирання	Прямий	1
		Роздільний	0
3.1	Урожайність	Найвища	50 ц/га та вище
		Середня	37,5 ц/га
		Найнижча	25 ц/га та нижче
2.2	Стан ґрунту	Задовільний	Сухий
		Незадовільний	Мокрий
3.2	Вологість культури	Висока	25 % та вище
		Помірна	18 %
		Нормальна	16 %
3.3	Полеглість	Висока	<25 %
		Середня	<15 %
		Низька	5 %
4.1	Кількість комбайнів	Вище високої	8 од. та більше
		Висока	6-7 од.
		Нижче високої	5 од.
		Вище середньої	4 од.
		Середня	3 од.
		Мала	1-2 од.
4.2	Швидкість руху комбайну	Висока	10 км/год.
		Нормальна	5-7 км/год.
		Низька	2-3 км/год.
4.3	Продуктивність комбайну	Висока	5,5 га/год.
		Середня	4,5 га/год.
		Низька	3 га/год.
6.1	Кількість транспортних засобів (автомобілів)	Вище високої	10-12
		Висока	8-10
		Нижче високої	6-8
		Вище середньої	4-6
		Середня	2-4
		Мала	1-2

6.3	Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)	Велика	51-60 км/год.
		Більше середньої	35-50 км/год.
		Середня	18-35 км/год.
		Низька	12-18 км/год.
6.5	Час обертів транспортних засобів (автомобілів)	Швидко	10-20 хв.
		Задовільно	21-40 хв.
		Повільно	41-60 хв.

Терми для незалежних параметрів представимо у вигляді таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Терми для незалежних параметрів

Шифр згідно рис. 2.7	Параметр	Терми	Показник
1.1	Дош	Затяжний	< 20 мм
		Проливний	10 мм
		Короткотривалий	3-5 мм
1.2	Роса	Довготривала	7 год.
		Помірна	5 год.
		Короткотривала	2 год.
1.3	Град	Великий	10 мм
		Середній	5 мм
		Дрібний	2-3 мм
2.1	Площа поля	Велика	500 га
		Середня	200-300 га
		Мала	100 га
2.2.1	Відносна вологість ґрунту	Велика	61,8 %
		Середня	50 %
		Мала	44 %
4.4	Ширина жатки	Велика	11 м
		Середня	7-10 м
		Мала	3-6 м
5.1	Тип дороги	З поліпшеним покриттям	51-60 км/год.
		Грейдерні	35-50 км/год.
		Степові	18-35 км/год.
		Польові	12-18 км/год.

Продовження таблиці 2.7

6.2	Вантажопідйомність транспортних засобів (автомобілів)	Велика	20 т
		Більше середньої	10-12 т
		Середня	5-7 т
		Мала	3 т
6.5	Відстань від поля до току	Велика	40 км та більше
		Більше середньої	20-35 км
		Середня	10-19 км
		Мала	2-9 км

Після того, як присвоєно терми всім параметрам переходимо до наступного кроку – фазифікації параметрів.

Фазифікація – це процес перетворення нечітких значень параметрів у лінгвістичні величини істинності [159,160].

Нечіткі системи можуть мати функції належності довільної структури, але з практичної точки зору найбільшою популярністю користуються функції трикутні і трапецієподібні функції [161].

Найкращим чином відображати залежності будуть трикутникові та трапецієвидні функції приналежності.

Фазифікацію виконаємо за допомогою трикутної та трапецієвидної функцій приналежності $\mu(u)$. Аналітичний вираз даних функцій має вигляд:

– трикутна функція приналежності:

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq a \text{ або } u \geq c; \\ \frac{u-a}{b-a}, & a < u \leq b; \\ \frac{c-u}{c-b}, & b < u < c; \end{cases} \quad (2.4)$$

де a, c – носій нечіткої множини – песимістична оцінка нечіткого числа;

b – координата максимуму – оптимістична оцінка нечіткого числа.

– трапецієвидна функція приналежності:

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq a \text{ або } u \geq d; \\ \frac{u-a}{b-a}, & a \leq u \leq b; \\ 1, & b \leq u \leq c; \\ \frac{d-u}{d-c}, & c \leq u \leq d; \end{cases} \quad (2.5)$$

де a, d – носій нечіткої множини – песимістична оцінка нечіткого числа;

b, c – ядро нечіткої множини – оптимістична оцінка нечіткого числа.

Наведемо приклади фазифікації. Так, наприклад, фазифікація для параметру «Дощ» буде мати наступний вигляд (рис. 5.1).

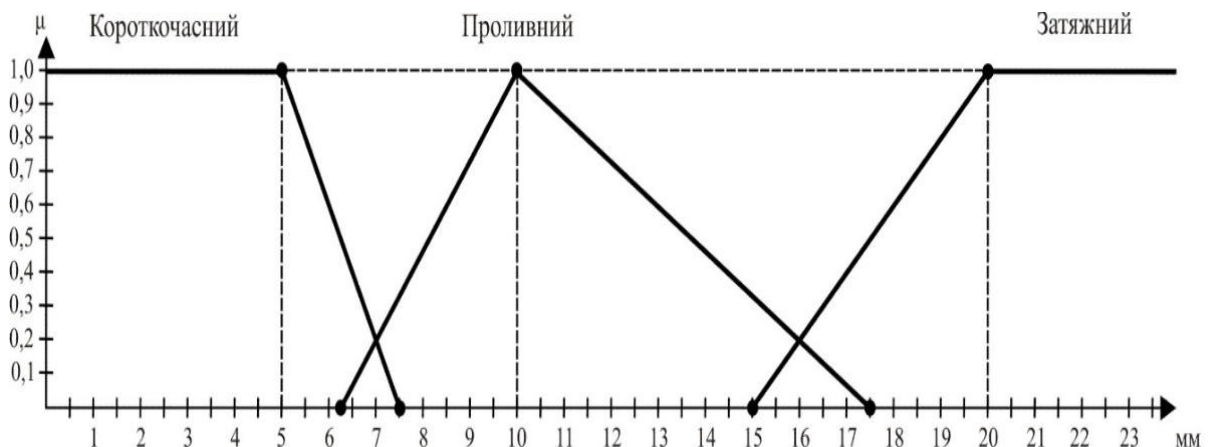


Рисунок 2.14 – Графік фазифікації для параметру «Дощ»

На рис. 2.14 для параметру «Дощ» маємо трапецієвидну функцію приналежності праворуч та ліворуч, трикутникову функцію посередині графіка. Виконаємо розрахунок функції приналежності $\mu(u)$ для параметру «Дощ».

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 0 \text{ або } u \geq 7,5; \\ 1, & 0 \leq u \leq 5; \\ \frac{7,5-u}{7,5-5} = \frac{7,5-u}{2,5}, & 5 \leq u \leq 7,5; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 6,25 \text{ або } u \geq 17,5; \\ \frac{u-6,25}{10-6,25} = \frac{u-6,25}{3,75}, & 6,25 \leq u \leq 10; \\ \frac{17,5-u}{17,5-10} = \frac{17,5-u}{7,5}, & 10 \leq u \leq 17,5. \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 1, & 20 \leq u \leq 23,75; \\ \frac{u-15}{20-15} = \frac{u-15}{5}, & 15 \leq u \leq 20. \end{cases}$$

Фазифікація для параметру «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)» буде мати наступний вигляд (рис. 2.15).

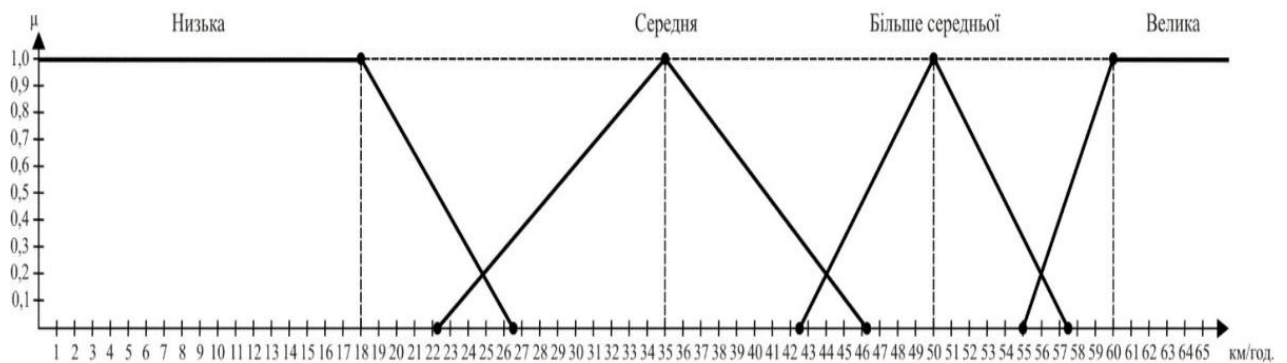


Рисунок 2.15 – Графік фазифікації для параметру «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (автомобілів)»

Виконаємо розрахунок функції приналежності $\mu(u)$ для параметру «Експлуатаційна швидкість».

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 0 \text{ або } u \geq 26,5; \\ 1, & 0 \leq u \leq 18; \\ \frac{26,5-u}{26,5-18} = \frac{26,5-u}{8,5}, & 18 \leq u \leq 26,5; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 22,25 \text{ або } u \geq 46,25; \\ \frac{u-22,25}{35-22,25} = \frac{u-22,25}{12,75}, & 22,25 \leq u \leq 35; \\ \frac{46,25-u}{46,25-35} = \frac{46,25-u}{11,25}, & 35 \leq u \leq 46,25; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 42,5 \text{ або } u \geq 57,5; \\ \frac{u-42,5}{50-42,5} = \frac{u-42,5}{7,5}, & 42,5 \leq u \leq 50; \\ \frac{57,5-u}{57,5-50} = \frac{57,5-u}{7,5}, & 50 \leq u \leq 57,5; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 1, & 60 \leq u \leq 66; \\ \frac{u-55}{60-55} = \frac{u-55}{5}, & 55 \leq u \leq 60. \end{cases}$$

Фазифікація для параметру «Площа поля» буде мати наступний вигляд (рис. 2.16).

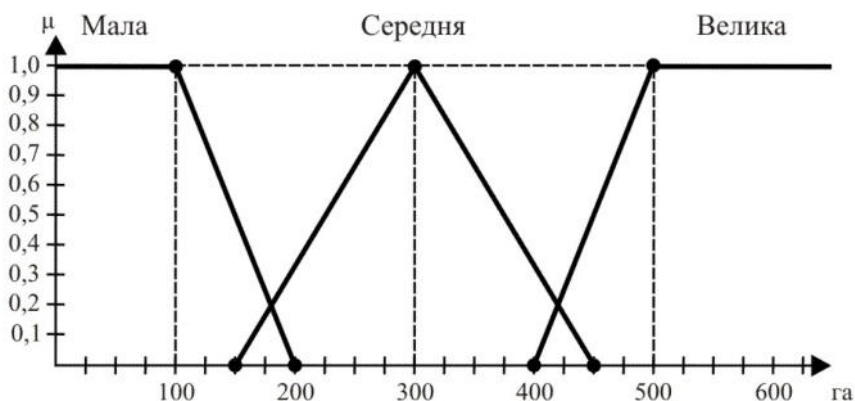


Рисунок 2.16 – Графік фазифікації для параметру «Площа поля»

Виконаємо розрахунок функції приналежності $\mu(u)$ для параметру «Площа поля».

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 0 \text{ або } u \geq 200; \\ 1, & 0 \leq u \leq 100; \\ \frac{200-u}{200-100} = \frac{200-u}{100}, & 100 \leq u \leq 200; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 150 \text{ або } u \geq 450; \\ \frac{u-150}{300-150} = \frac{u-150}{150}, & 150 \leq u \leq 300; \\ \frac{450-u}{450-300} = \frac{450-u}{150}, & 300 \leq u \leq 450; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 1, & 500 \leq u \leq 625; \\ \frac{u-400}{500-400} = \frac{u-400}{100}, & 400 \leq u \leq 500. \end{cases}$$

Фазифікація для параметру «Тип дороги» буде мати наступний вигляд (рис. 2.17).

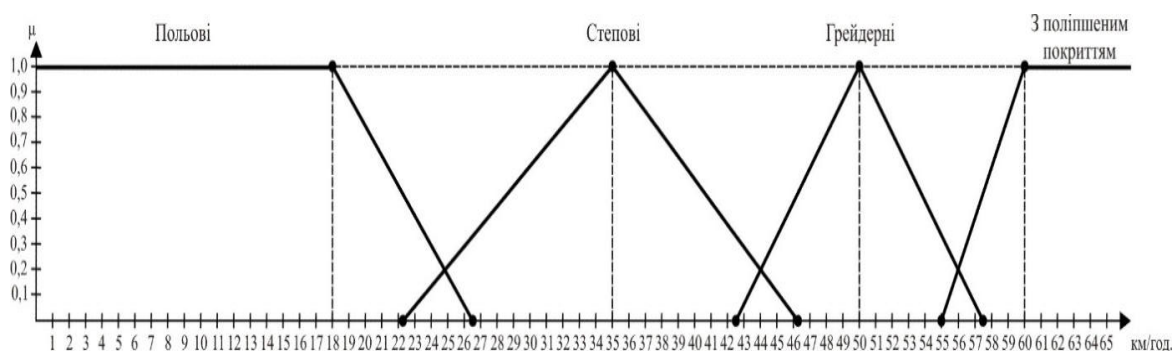


Рисунок 2.17 – Графік фазифікації для параметру «Тип дороги»

Виконаємо розрахунок функції приналежності $\mu(u)$ для параметру «Тип дороги».

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 0 \text{ або } u \geq 26,5; \\ 1, & 0 \leq u \leq 18; \\ \frac{26,5-u}{26,5-18} = \frac{26,5-u}{8,5}, & 18 \leq u \leq 26,5; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 22,25 \text{ або } u \geq 46,25; \\ \frac{u-22,25}{35-22,25} = \frac{u-22,25}{12,75}, & 22,25 \leq u \leq 35; \\ \frac{46,25-u}{46,25-35} = \frac{46,25-u}{11,25}, & 35 \leq u \leq 46,25; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 42,5 \text{ або } u \geq 57,5; \\ \frac{u-42,5}{50-42,5} = \frac{u-42,5}{7,5}, & 42,5 \leq u \leq 50; \\ \frac{57,5-u}{57,5-50} = \frac{57,5-u}{7,5}, & 50 \leq u \leq 57,5; \end{cases}$$

$$\mu(u) = \begin{cases} 1, & 60 \leq u \leq 66; \\ \frac{u-55}{60-55} = \frac{u-55}{5}, & 55 \leq u \leq 60. \end{cases}$$

За аналогічним принципом побудовані графіки фазифікації за кожним з параметрів.

На наступному етапі, після того, коли всі параметри фазифіковано переходимо до кроку нечіткого логічного висновку.

На сьогоднішній день найбільш поширеними є моделі нечіткого логічного висновку Мамдані та Сугено [162].

Нечіткий логічний висновок моделі типу Мамдані представимо у наступному вигляді:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \bigcap_{i=1}^n (x_i = a_{i,jp}) \rightarrow y = d_j, j = \overline{1, m}, \quad (2.6)$$

де $a_{i,jp}$ – лінгвістичний терм, яким оцінюється змінна x_i у рядку з номером jp $p=\overline{1,k_j}$; k_j – кількість рядків-кон'юнкцій, у яких вихід y оцінюється лінгвістичним термом d_j ; m – кількість термів, які використовуються для лінгвістичної оцінки вихідної змінної y .

В моделі типу Мамдані взаємозв'язок між входами $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ та виходом y визначається нечіткою базою знань наступного формату:

$$\begin{aligned} & \text{ЯКЩО } (x_1 = a_{1,j1}) \text{ ТА } (x_2 = a_{2,j1}) \text{ ТА } \dots (x_n = a_{n,j1}); \\ & \text{АБО } (x_1 = a_{1,j1}) \text{ ТА } (x_2 = a_{2,j1}) \text{ ТА } \dots (x_n = a_{n,j1}); \\ & \dots \\ & \text{АБО } (x_1 = a_{1,jk_j}) \text{ ТА } (x_2 = a_{2,jk_j}) \text{ ТА } \dots (x_n = a_{n,jk_j}); \\ & \text{ТОДІ } y = d_j, i = \overline{1,m}, \end{aligned} \quad (2.7)$$

де $a_{i,jp}$ – лінгвістичний терм, яким оцінює змінна x_i у рядку з номером jp $p=\overline{1,k_j}$; k_j – кількість рядків-кон'юнкцій, в яких вихід y оцінюється лінгвістичним термом d_j ; m – кількість термів, що використовуються для лінгвістичної оцінки вихідної змінної y [163].

Розробимо нечіткий логічний висновок моделі типу Мамдані для параметрів системи організації транспортного процесу збирання озимої пшениці з параметрами та проілюструємо прикладами у наступному вигляді (рис. 2.18-2.22) [164, 165, 166].

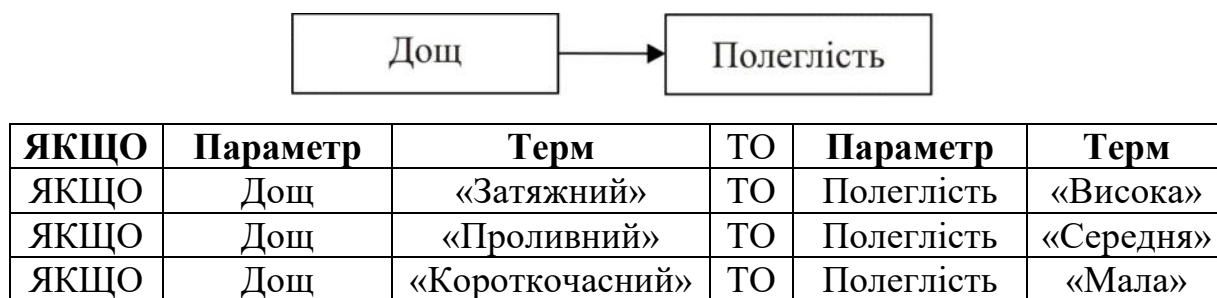


Рисунок 2.18 – Нечіткий логічний висновок для залежності параметру «Полеглість» від параметру «Дощ»



Якщо	Параметр	Терм	То	Параметр	Терм
ЯКЩО	Відстань від поля до току	«Велика»	ТО	Час обертів ТЗ (а/м)	«Великий»
ЯКЩО	Відстань від поля до току	«Більше середньої»	ТО	Час обертів ТЗ (а/м)	«Великий»
ЯКЩО	Відстань від поля до току	«Середня»	ТО	Час обертів ТЗ (а/м)	«Середній»
ЯКЩО	Відстань від поля до току	«Мала»	ТО	Час обертів ТЗ (а/м)	«Малий»

Рисунок 2.19 – Нечіткий логічний висновок для залежності параметру «Час обертів транспортних засобів (а/м)» від параметру «Відстань від поля до току»



ЯКЩО	Параметр	Терм	ТО	Параметр	Терм
ЯКЩО	Тип дороги	«Поліпшене покриття»	ТО	Експлуат. швидкість ТЗ	«Велика»
ЯКЩО	Тип дороги	«Грейдерні»	ТО	Експлуат. швидкість ТЗ	«Більше середньої»
ЯКЩО	Тип дороги	«Степові»	ТО	Експлуат. швидкість ТЗ	«Середня»
ЯКЩО	Тип дороги	«Польові»	ТО	Експлуат. швидкість ТЗ	«Мала»

Рисунок 2.20 – Нечіткий логічний висновок для залежності параметру «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» від параметру «Тип дороги»



ЯКЩО	Параметр	Терм	ТО	Параметр	Терм
ЯКЩО	Вологість культури	«Висока»	ТО	Продуктивність комбайну	«Низька»
ЯКЩО	Вологість культури	«Помірна»	ТО	Продуктивність комбайну	«Середня»
ЯКЩО	Вологість культури	«Нормальна»	ТО	Продуктивність комбайну	«Висока»

Рисунок 2.21 – Нечіткий логічний висновок для залежності параметру «Продуктивність комбайну» від параметру «Вологість культури»



ЯКЩО	Параметр	Терм	ТО	Параметр	Терм
ЯКЩО	Експлуат. швидкість ТЗ	«Велика»	ТО	Час обертв ТЗ (а/м)	«Малий»
ЯКЩО	Експлуат. швидкість ТЗ	«Більше середньої»	ТО	Час обертв ТЗ (а/м)	«Малий»
ЯКЩО	Експлуат. швидкість ТЗ	«Середня»	ТО	Час обертв ТЗ (а/м)	«Середній»
ЯКЩО	Експлуат. швидкість ТЗ	«Мала»	ТО	Час обертв ТЗ (а/м)	«Великий»

Рисунок 2.22 – Нечіткий логічний висновок для залежності параметру «Час обертв транспортних засобів (а/м)» від параметру «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів»

Кожний такий нечіткий логічний висновок утворює окрему модель, яка відповідає за розрахунок конкретного параметру.

Після того, коли задано всі нечіткі логічні висновки переходимо до наступного кроку параметричної ідентифікації системи організації транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці – дефазифікації.

Дефазифікація (від англ. defuzzification) – це метод перетворення нечіткої множини у чітке число [167].

Відомі такі методи дефазифікації – центр тяжіння (*centroid*), центр медіани (*bisector*), найбільшого з максимумів (*lom*), найменшого з максимумів (*som*) и центр максимумів (*mom*). На практиці частіше застосовуються метод центроїда та центр максимумів [168].

Найкращим методом дефазифікації при побудові прикладних нечітких систем є метод центру тяжіння [169].

До переваг методу центроїда належать скорочення обсягу обчислень і підвищення швидкодії [168].

Виконаємо процедуру дефазифікації нечіткої множини «Дощ проливний» за методом центру тяжіння, де нечітка множина «Дощ проливний» на універсальній множині X .

$$A = \frac{\sum_{i=1}^k u_i \mu_A(u_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_A(u_i)} . \quad (2.8)$$

Результати розрахунку представлено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку процедури дефазифікації нечіткої множини «Дощ проливний» за методом центру тяжіння

X	0-6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18-24
Ступінь приналежності, μ	0...0	0,2	0,5	0,7	1	0,9	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0...0
A	11,21												

Таким чином, параметру «Дощ проливний» відповідає ступінь приналежності, $\mu(X) = [0; 0; 0; 0; 0; 0; 0,2; 0,5; 0,7; 1; 0,9; 0,7; 0,6; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0]$ відповідає чітке значення 11,21 мм.

2.4 Висновки до розділу 2

На основі проведених досліджень теоретично обґрунтовано схему побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, яка враховує погодно-кліматичні, технічні та технологічні параметри. При цьому:

1. Запропонована схема побудови системи організації транспортного забезпечення, яка складається з рівнів структурної і параметричної ідентифікації та включає в себе етапи адаптації та експлуатації системи.

2. На основі опрацювання формальних аналітичних якостей її елементів, теоретичних та евристичних міркувань експертів, визначено структуру системи та запропоновано її основні елементи: «Погодно-кліматичні умови», що характеризують вплив зовнішнього середовища, «Поле», «Культура», «Спосіб збирання», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль». Кожному із елементів системи організації транспортного процесу надано характерні для нього параметри, за допомогою яких здійснюється процес моделювання.

3. За результатами проведеного загального аналізу та аргументації складових елементів системи визначені залежні (2.2, 3.1-3.3, 4.1-4.3, 6.1, 6.3, 6.5, 7) та незалежні (1.1-1.3, 2.1, 2.2.1, 4.4, 5.1, 6.2, 6.4) параметри, що впливають на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

4. Для теоретичного обґрунтування незалежних параметрів за силою їх впливу на організацію транспортного забезпечення збирання врожаю озимої пшениці з урахуванням погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів в дослідженні отримав подальший розвиток метод аналізу ієрархій Сааті. При цьому встановлено, що погодно-кліматичні умови, а саме параметри «Дощ», «Роса» та «Град» чинять найсуттєвіший вплив на організацію транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці, їх розрахункові коефіцієнти впливу відповідно складають 0,31; 0,22; 0,15. Для

можливості застосування методу розроблено комп'ютерну програму «Weight Assignment Modeling Transport Process».

5.3 метою оцінки впливу залежності параметрів на основі методу синтезу встановлено залежності між параметрами системи, які мають місце як у контексті «залежні параметри – незалежні параметри» так й у контексті «залежні параметри – залежні параметри».

6. На рівні проведення параметричної ідентифікації системи організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці виконано присвоєння термів кожному з залежних та незалежних параметрів системи на основі методу експертних оцінок.

7. Проведено фазифікацію та дефазифікацію параметрів транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

8. Результати досліджень даного розділу викладено у публікаціях [156, 158, 164, 165, 166].

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

3.1 Розробка математичної моделі організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці

В результаті здійснення структурної та параметричної ідентифікації системи розроблено математичну модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці [170].

Математична модель відображає взаємозв'язок та взаємовплив погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів на елементи «Поле», «Культура», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль».

На основі декомпозиції системи отримуємо окремі математичні моделі, що спрощує побудову та ідентифікацію моделі, залишаючи при цьому загальну ефективність системи. За допомогою моделі стає можливим деталізоване дослідження транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

Математична модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці являє собою граф з 9 витоками (В), 5 рівнями стратифікації впливу (І, ІІ, ІІІ, ІV, V) та одним стоком (С) представлена на рис. 3.1.

В моделі в якості витоків (В) виступають вхідні параметри: погодно-кліматичні – дощ, град, роса; технологічні параметри – площа поля, відстань від поля до току, вантажопідйомність; технічні параметри – тип дороги, ширина жатки, відносна вологість ґрунту.

Рівні стратифікації впливу більш детально характеризують аналіз системи на підсистеми та вказують на взаємовплив та взаємозалежність між параметрами системи.

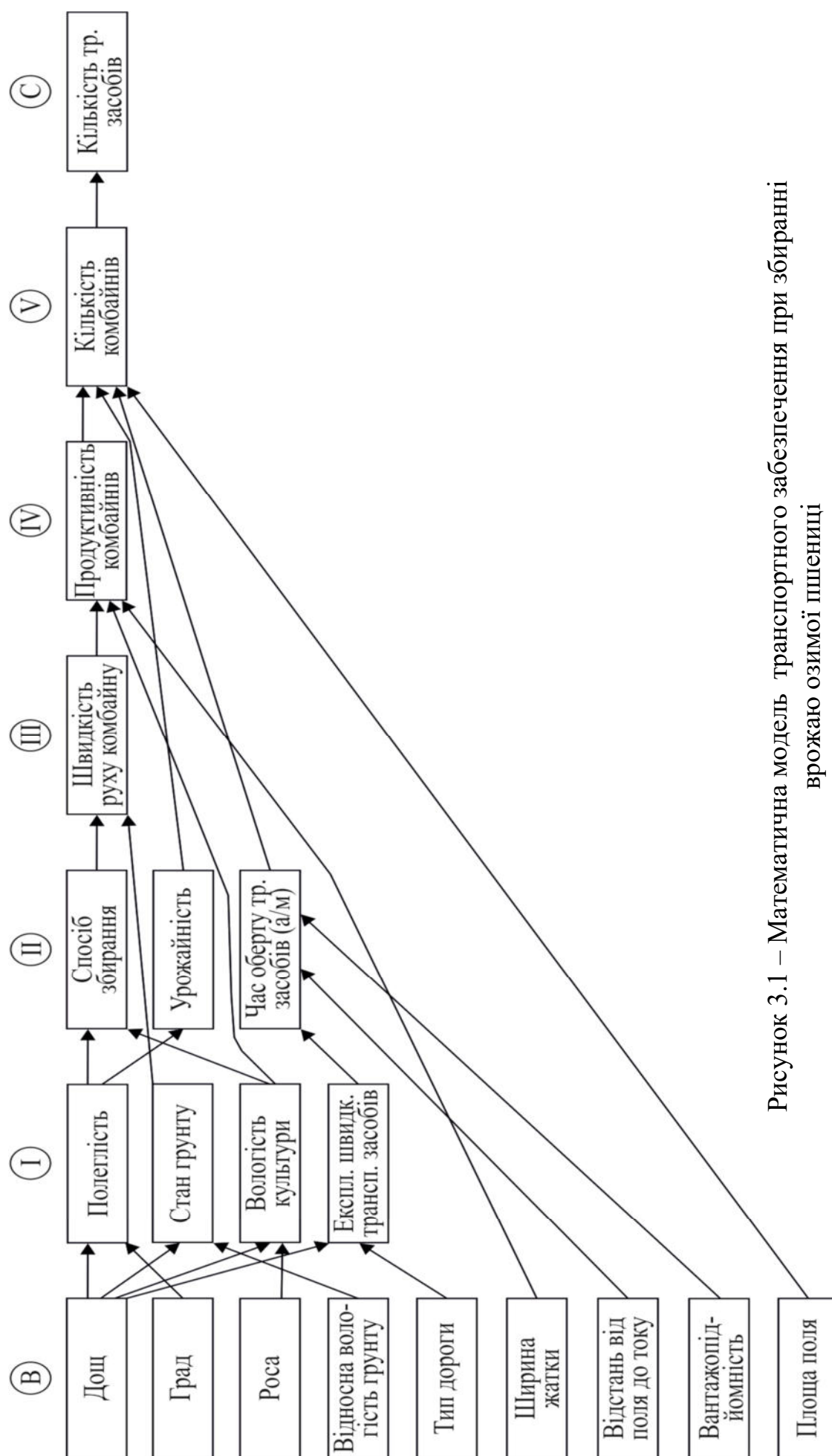


Рисунок 3.1 – Математична модель транспортного забезпечення при збиранні
врожаю озимої пшениці

На кожному рівні стратифікації утворюються окремі математичні моделі.

Так, на I рівні стратифікації утворено 4 моделі – модель «Полеглість», «Стан ґрунту», «Вологість культури», «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів (а/м)». Дані моделі прямим чином залежать від вхідних незалежних параметрів. Отримані вихідні значення за вищезазначеними моделями будуть слугувати вхідними даними для моделей II рівня стратифікації.

На II рівні стратифікації утворено три моделі – модель «Спосіб збирання», «Урожайність», «Час оборту транспортних засобів». Отримані вихідні значення за даними моделями будуть слугувати вхідними даними для моделі III рівня стратифікації.

III рівень стратифікації представлено моделлю «Швидкість руху комбайну». Отримане вихідне значення за даною моделлю буде слугувати вхідними даними для моделі IV рівня стратифікації.

На IV рівні стратифікації представлено модель «Продуктивність комбайнів». Отримане вихідне значення за даною моделлю буде слугувати вхідними даними для моделі V рівня стратифікації.

V рівень стратифікації представлено моделлю «Кількість комбайнів». Отримане вихідне значення за даною моделлю буде слугувати вхідними даними для моделі.

Кінцевим результатом математичної моделі є сток (С), який представлено у вигляді параметру «Кількість транспортних засобів», що необхідно визначити.

Для більшого розуміння та розкриття математичної моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, яку представлено на рис. 3.1, розробимо нечіткі математичні моделі у вигляді лінгвістичних моделей «Полеглість», «Стан ґрунту», «Вологість культури», «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів», «Спосіб збирання»,

«Урожайність», «Час обертів транспортних засобів (а/м)», «Швидкість руху комбайнів», «Продуктивність комбайнів», «Кількість комбайнів».

Так, згідно з [165] лінгвістичною моделлю є база правил, яка відображає загальну смислову постановку задачі.

Таким чином, нечітка математична модель «Полеглість» у вигляді лінгвістичної моделі буде мати наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЯКЩО «Дощ короткочасний»} \cap \text{«Град малий»} \rightarrow \text{«Полеглість низька»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ проливний»} \cap \text{«Град середній»} \rightarrow \text{«Полеглість середня»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ затяжний»} \cap \text{«Град великий»} \rightarrow \text{«Полеглість висока»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ короткочасний»} \rightarrow \text{«Полеглість низька»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ проливний»} \rightarrow \text{«Полеглість середня»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ затяжний»} \rightarrow \text{«Полеглість висока»} \\ \text{ЯКЩО «Град малий»} \rightarrow \text{«Полеглість низька»} \\ \text{ЯКЩО «Град середній»} \rightarrow \text{«Полеглість середня»} \\ \text{ЯКЩО «Град великий»} \rightarrow \text{«Полеглість висока»} \end{array} \right.$$

Нечітка математична модель «Полеглість» складається з 9 правил за якими відбувається її функціонування.

Нечітка математична модель «Стан ґрунту» у вигляді лінгвістичної моделі складається з 9 правил та буде мати наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЯКЩО «Дощ короткочасний»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту задовільний»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ проливний»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту незадовільний»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ затяжний»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту незадовільний»} \\ \text{ЯКЩО «Відносна вологість ґрунту мала»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту задовільний»} \\ \text{ЯКЩО «Відносна вологість ґрунту середня»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту незадовільний»} \\ \text{ЯКЩО «Відносна вологість ґрунту висока»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту незадовільний»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ короткочасний»} \cap \text{«Відносна вологість ґрунту мала»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту задовільний»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ проливний»} \cap \text{«Відносна вологість ґрунту середня»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту незадовільний»} \\ \text{ЯКЩО «Дощ затяжний»} \cap \text{«Відносна вологість ґрунту висока»} \rightarrow \text{«Стан ґрунту незадовільний»} \end{array} \right.$$

Нечітка математична модель «Вологість культури» у вигляді лінгвістичної моделі складається з 9 правил та буде мати наступний вигляд:

- ЯКЩО «Дощ короткочасний» → «Вологість культури нормальна»
- ЯКЩО «Дощ проливний» → «Вологість культури помірна»
- ЯКЩО «Дощ затяжний» → «Вологість культури висока»
- ЯКЩО «Роса короткотривала» → «Вологість культури нормальна»
- ЯКЩО «Роса помірна» → «Вологість культури помірна»
- ЯКЩО «Роса довготривала» → «Вологість культури висока»
- ЯКЩО «Роса короткотривала» $\cap$ «Дощ короткочасний» → «Вологість культури нормальна»
- ЯКЩО «Роса помірна» $\cap$ «Дощ проливний» → «Вологість культури помірна»
- ЯКЩО «Роса довготривала» $\cap$ «Дощ затяжний» → «Вологість культури висока»

Нечітка математична модель «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» у вигляді лінгвістичної моделі буде мати наступний вигляд:

- ЯКЩО «Дощ короткочасний» → «Експлуатаційна швидкість ТЗ середня»
- ЯКЩО «Тип дороги з поліпшеним покриттям» → «Експлуатаційна швидкість ТЗ висока»
- ЯКЩО «Тип дороги грейдерний» → «Експлуатаційна швидкість ТЗ більше середньої»
- ЯКЩО «Тип дороги степовий» → «Експлуатаційна швидкість ТЗ середня»
- ЯКЩО «Тип дороги польовий» → «Експлуатаційна швидкість ТЗ мала»
- ЯКЩО «Дощ короткочасний» $\cap$ «Тип дороги грейдерний» → «Експлуатаційна швидкість ТЗ вище середньої»

Таким чином бачимо, що нечітка математична модель «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» складається з 6 правил за якими відбувається її функціонування.

Наступною нечіткою математичною моделлю є «Спосіб збирання». Його лінгвістична модель складається з 11 правил та буде мати наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЯКЩО «Полеглість висока»} \cap \text{«Вологість культури висока»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання роздільний»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість середня»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання роздільний»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість низька»} \cap \text{«Вологість культури помірна»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання прямий»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість низька»} \cap \text{«Вологість культури нормальна»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання прямий»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість висока»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання роздільний»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість низька»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання прямий»} \\ \text{ЯКЩО «Вологість культури висока»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання роздільний»} \\ \text{ЯКЩО «Вологість культури помірна»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання прямий»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість висока»} \cap \text{«Вологість культури нормальна»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання роздільний»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість середня»} \cap \text{«Вологість культури нормальна»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання роздільний»} \\ \text{ЯКЩО «Вологість культури нормальна»} \rightarrow \text{«Спосіб збирання прямий»} \end{array} \right.$$

Нечітка математична модель «Урожайність» у вигляді лінгвістичної моделі буде мати наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЯКЩО «Полеглість висока»} \rightarrow \text{«Урожайність найнижча»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість середня»} \rightarrow \text{«Урожайність середня»} \\ \text{ЯКЩО «Полеглість низька»} \rightarrow \text{«Урожайність висока»} \end{array} \right.$$

Таким чином бачимо, що нечітка математична модель «Урожайність» складається з 3 правил за якими відбувається її функціонування.

Нечітка математична модель «Час оберту транспортних засобів (а/м)» у вигляді лінгвістичної моделі буде мати наступний вигляд:

ЯКЩО «Експлуатаційна швидкість ТЗ висока» → «Час обертв ТЗ швидкий»
 ЯКЩО «Експлуатаційна швидкість ТЗ вище середньої» → «Час обертв ТЗ швидкий»
 ЯКЩО «Експлуатаційна швидкість ТЗ середня» → «Час обертв ТЗ задовільний»
 ЯКЩО «Експлуатаційна швидкість ТЗ мала» → «Час обертв ТЗ повільний»
 ЯКЩО «Відстань від поля до току мала» → «Час обертв ТЗ швидкий»
 ЯКЩО «Відстань від поля до току середня» → «Час обертв ТЗ задовільний»
 ЯКЩО «Відстань від поля до току більше середньої» → «Час обертв ТЗ задовільний»
 ЯКЩО «Відстань від поля до току велика» → «Час обертв ТЗ повільний»
 ЯКЩО «Вантажопідйомність ТЗ велика» → «Час обертв ТЗ повільний»
 ЯКЩО «Вантажопідйомність ТЗ вище середньої» → «Час обертв ТЗ повільний»
 ЯКЩО «Вантажопідйомність ТЗ середня» → «Час обертв ТЗ задовільний»
 ЯКЩО «Вантажопідйомність ТЗ мала» → «Час обертв ТЗ повільний»
 ЯКЩО «Експлуатаційна швидкість ТЗ висока» $\cap$ «Відстань від поля до току мала» → «Час обертв ТЗ швидкий»
 ЯКЩО «Експлуатаційна швидкість ТЗ вище середньої» $\cap$ «Відстань від поля до току мала» → «Час обертв ТЗ швидкий»
 ЯКЩО «Експлуатаційна швидкість ТЗ низька» $\cap$ «Відстань від поля до току велика» $\cap$ «Вантажопідйомність ТЗ велика» → «Час обертв ТЗ повільний»

Нечітка математична модель «Час обертв транспортних засобів (а/м)» здійснює своє функціонування за 15 правилами.

Нечітка математична модель «Швидкість руху комбайну» у вигляді лінгвістичної моделі буде мати наступний вигляд:

ЯКЩО «Спосіб збирання прямий» → «Швидкість руху комбайну середня»
 ЯКЩО «Спосіб збирання роздільний» → «Швидкість руху комбайну висока»
 ЯКЩО «Стан ґрунту незадовільний» → «Швидкість руху комбайну мала»
 ЯКЩО «Стан ґрунту задовільний» → «Швидкість руху комбайну середня»

В свою чергу функціонування нечіткої математичної моделі «Швидкість руху комбайну» здійснюється за 4 правилами.

Нечітка математична модель «Продуктивність комбайнів» у вигляді лінгвістичної моделі має наступний вигляд:

- ЯКЩО «Швидкість комбайнів висока» → «Продуктивність комбайнів висока»
- ЯКЩО «Швидкість комбайнів середня» → «Продуктивність комбайнів середня»
- ЯКЩО «Швидкість комбайнів мала» → «Продуктивність комбайнів мала»
- ЯКЩО «Вологість культури висока» → «Продуктивність комбайнів мала»
- ЯКЩО «Вологість культури середня» → «Продуктивність комбайнів середня»
- ЯКЩО «Вологість культури мала» → «Продуктивність комбайнів висока»
- ЯКЩО «Ширина жатки мала» → «Продуктивність комбайнів мала»
- ЯКЩО «Ширина жатки середня» → «Продуктивність комбайнів середня»
- ЯКЩО «Ширина жатки велика» → «Продуктивність комбайнів висока»

- ЯКЩО «Швидкість комбайнів висока» $\cap$ «Вологість культури мала» $\cap$ «Ширина жатки велика» → «Продуктивність комбайнів висока»

- ЯКЩО «Швидкість комбайнів середня» $\cap$ «Вологість культури середня» $\cap$ «Ширина жатки середня» → «Продуктивність комбайнів середня»

Таким чином, нечітка математична модель «Продуктивність комбайнів» функціонує за 11 правилами.

Нечітка математична модель «Кількість комбайнів» у вигляді лінгвістичної моделі складається з 15 правил та має наступний вигляд:

ЯКЩО «Урожайність висока» → «Кількість комбайнів велика»
 ЯКЩО «Урожайність середня» → «Кількість комбайнів середня»
 ЯКЩО «Урожайність найнижча» → «Кількість комбайнів мала»
 ЯКЩО «Продуктивність комбайнів висока» → «Кількість комбайнів мала»
 ЯКЩО «Продуктивність комбайнів середня» → «Кількість комбайнів середня»
 ЯКЩО «Продуктивність комбайнів низька» → «Кількість комбайнів велика»
 ЯКЩО «Площа поля велика» → «Кількість комбайнів велика»
 ЯКЩО «Площа поля середня» → «Кількість комбайнів середня»
 ЯКЩО «Площа поля мала» → «Кількість комбайнів мала»
 ЯКЩО «Час оберт ТЗ повільно» → «Кількість комбайнів велика»
 ЯКЩО «Час оберт ТЗ задовільно» → «Кількість комбайнів середня»
 ЯКЩО «Час оберт ТЗ швидко» → «Кількість комбайнів мала»
 ЯКЩО «Урожайність висока» $\cap$ «Продуктивність комбайнів низька» $\cap$ «Час оберт ТЗ повільно» $\cap$ «Площа поля велика» → «Кількість комбайнів велика»
 ЯКЩО «Урожайність середня» $\cap$ «Продуктивність комбайнів середня» $\cap$ «Час оберт ТЗ задовільно» $\cap$ «Площа поля середня» → «Кількість комбайнів середня»
 ЯКЩО «Урожайність найнижча» $\cap$ «Продуктивність комбайнів висока» $\cap$ «Час оберт ТЗ швидко» $\cap$ «Площа поля мала» → «Кількість комбайнів мала»

Нечітка математична модель стоку (С) – «Кількість транспортних засобів» здійснює своє функціонування за 6 правилами та представлена у вигляді лінгвістичної моделі наступним чином:

ЯКЩО «Кількість комбайнів мала» → «Кількість ТЗ мала»
 ЯКЩО «Кількість комбайнів середня» → «Кількість ТЗ середня»
 ЯКЩО «Кількість комбайнів вище середньої» → «Кількість ТЗ вище середньої»
 ЯКЩО «Кількість комбайнів нижче високої» → «Кількість ТЗ нижче високої»
 ЯКЩО «Кількість комбайнів висока» → «Кількість ТЗ висока»
 ЯКЩО «Кількість комбайнів вище високої» → «Кількість ТЗ вище високої»

Виконаємо моделювання всіх розроблених нечітких математичних моделей із застосуванням додатку Fuzzy Logic Toolbox.

3.2 Імітаційне моделювання транспортного забезпечення в додатку Fuzzy Logic Toolbox

Графічне представлення програмної реалізації математичної моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці здійснимо за допомогою додатку Fuzzy Logic Toolbox.

Fuzzy Logic Toolbox – це пакет розширення MATLAB, що містить інструменти для проектування систем нечіткої логіки.

Пакет дозволяє створювати експертні системи на основі нечіткої логіки, проводити кластеризацію нечіткими алгоритмами, а також проектувати нечіткі нейромережі.

Пакет включає графічний інтерфейс для інтерактивного покрокового проектування нечітких систем, функції командного рядка для розробки програм, а також спеціальні блоки для побудови систем нечіткої логіки в Simulink [171,172].

Головна особливість загальної моделі полягає у наочності та зрозумілості для застосування на практиці, зокрема при організації транспортного забезпечення збирання врожаю озимої пшениці.

Метою моделі є дослідження закономірностей взаємного впливу функціонування транспортної системи та зовнішнього середовища через описання функціональних взаємозв'язків між параметрами системи та зовнішнім середовищем, в залежності від якого функціонує система.

При цьому враховується, що система як об'єкт пізнання з точки зору теорії систем характеризується ознаками ієрархії елементів системи та змінністю взаємозв'язків системи із зовнішнім середовищем.

Представлення загальної імітаційної моделі через окремі математичні моделі взаємозв'язку та взаємовпливу параметрів дозволяє нам значно скоротити кількість розрахунків та знизити імовірність помилок, і як наслідок, дозволить підвищити ступінь обґрунтованості прийняття

господарських (управлінських) рішень при організації та плануванні транспортного процесу збирання врожаю озимої пшениці.

Таким чином, розглянемо кожну модель окремо та визначимо її функціональні характеристики за допомогою Fuzzy Logic Toolbox.

Модель «Полеглість» залежить від параметрів «Дощ» та «Град», та при їх врахуванні відповідає за визначення рівня полеглості при збиранні врожаю озимої пшениці. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Полеглість» представлено на рис. 3.2.

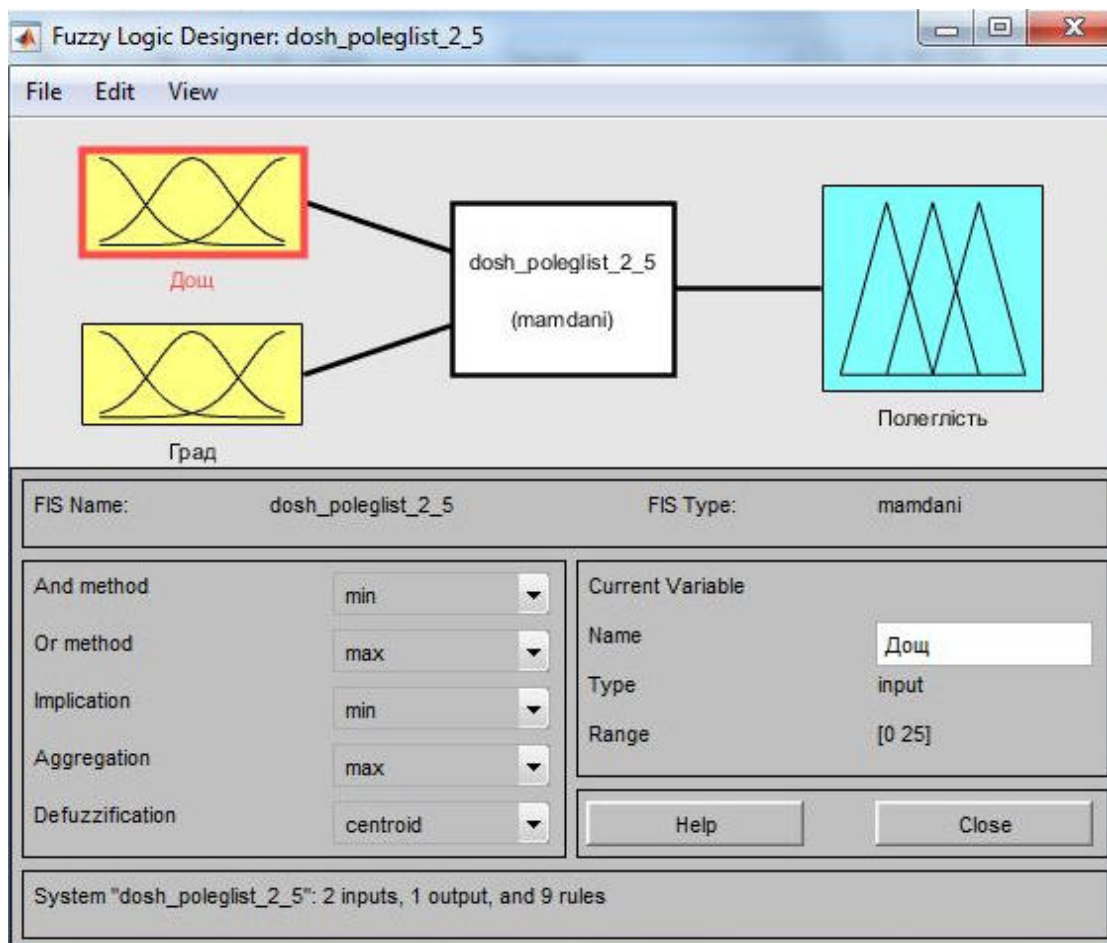
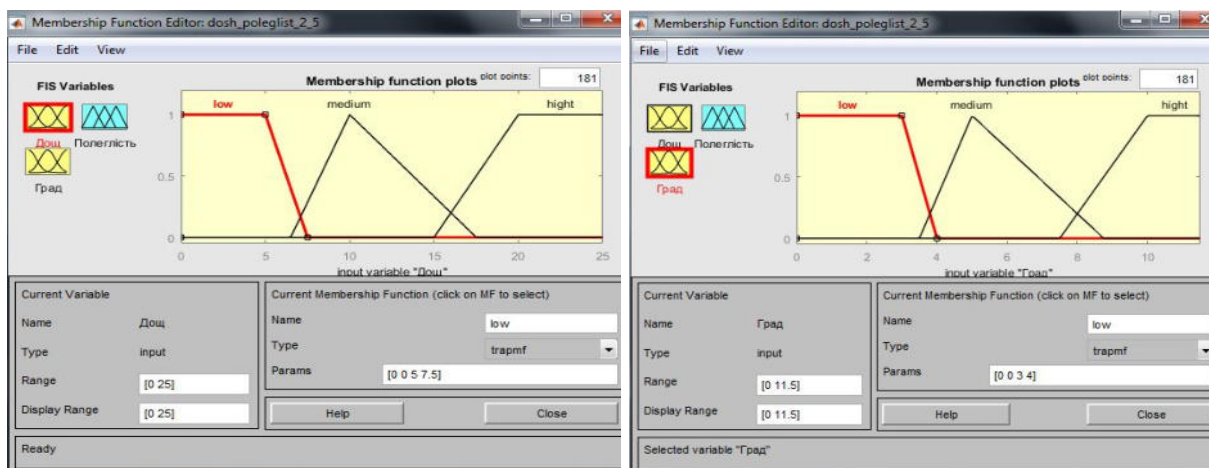


Рисунок 3.2 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Полеглість»

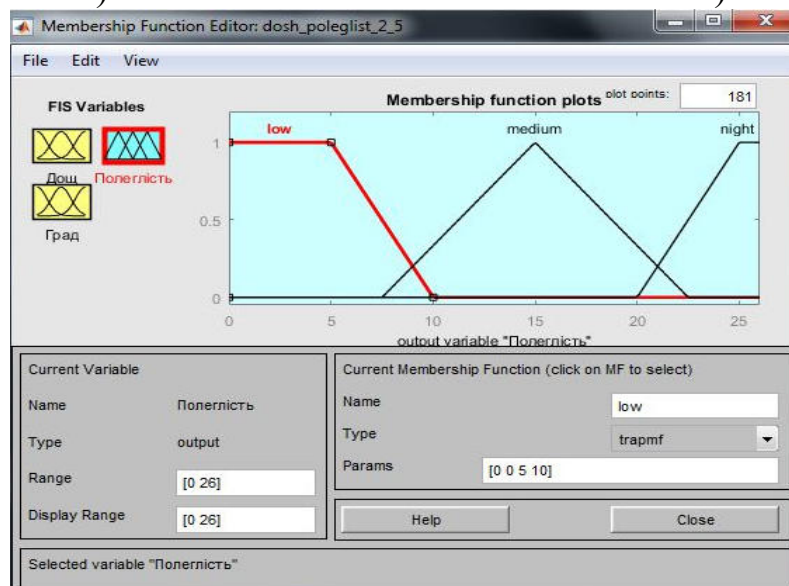
Модель «Полеглість» залежить від параметрів «Дощ» і «Град». Задамо та налаштуємо функції приналежності для кожної змінної та представимо на рис. 3.3.

Візуалізацію нечіткого логічного висновку моделі «Полеглість» (а) та її графічний вигляд від вхідних змінних «Дощ» та «Град» представлено на рис. 3.4.



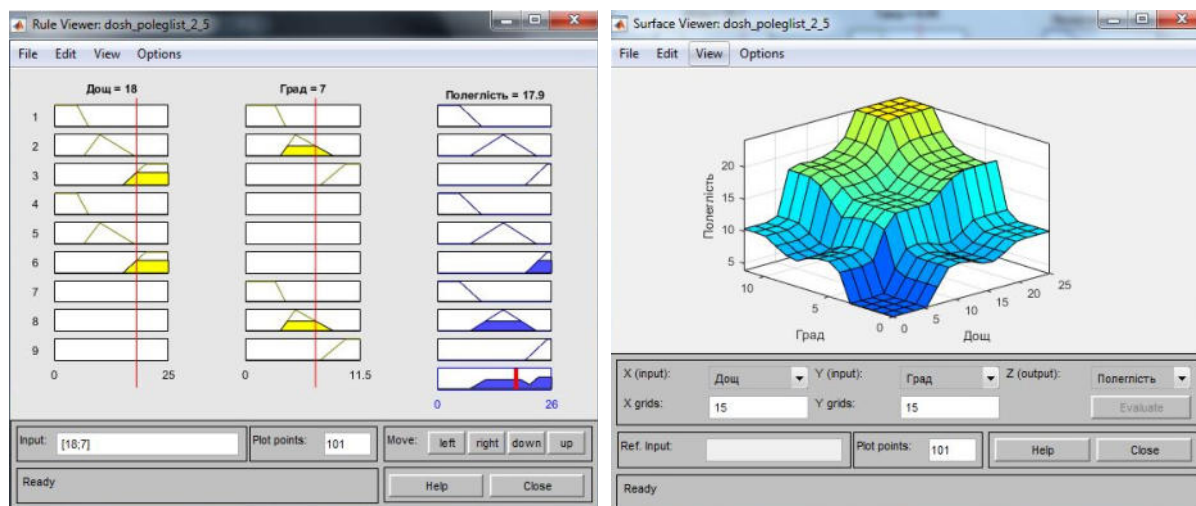
а)

б)



в)

Рисунок 3.3 – Функції приналежності для змінних «Дощ» (а), «Град» (б), «Полеглість» (в).



а

б

Рисунок 3.4 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Полегність» (а) та її графічний вигляд від входніх змінних «Дош» та «Град» (б)

Наступною моделлю є «Стан ґрунту», який залежить від параметру «Дош», а також технічного параметру «Відносна вологість ґрунту», та при їх врахуванні відповідає за визначення стану ґрунту, по якому буде рухатися автомобіль та комбайн при збиранні врожаю озимої пшениці. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Стан ґрунту» представлено на рис. 3.5.

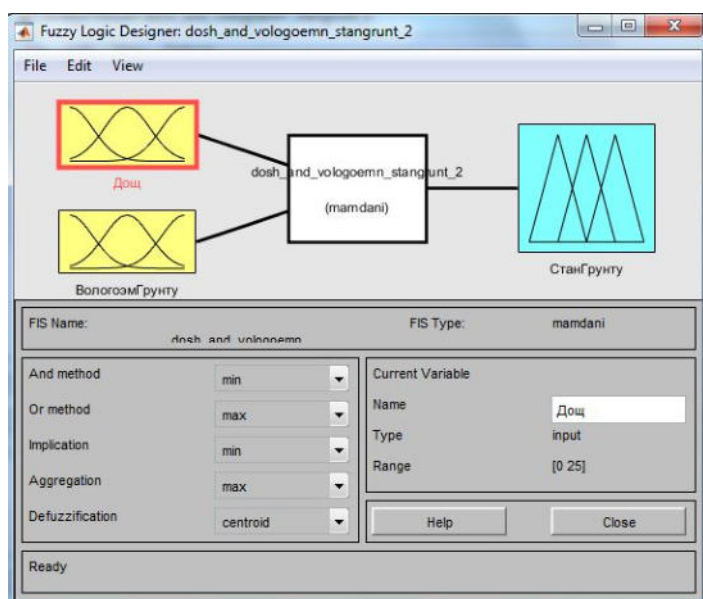
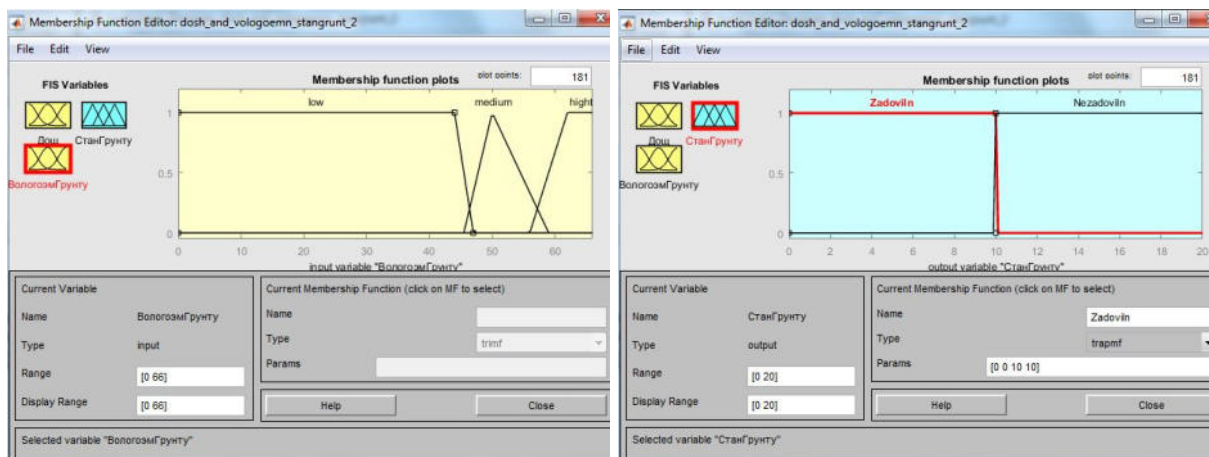


Рисунок 3.5 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Стан ґрунту»

Зважаючи на те, що функцію приналежності параметру «Дощ» задано на рис. 3.3, задамо та налаштуємо функції приналежності змінних «Стан ґрунту» та «Відносна вологість ґрунту», (рис. 3.6).

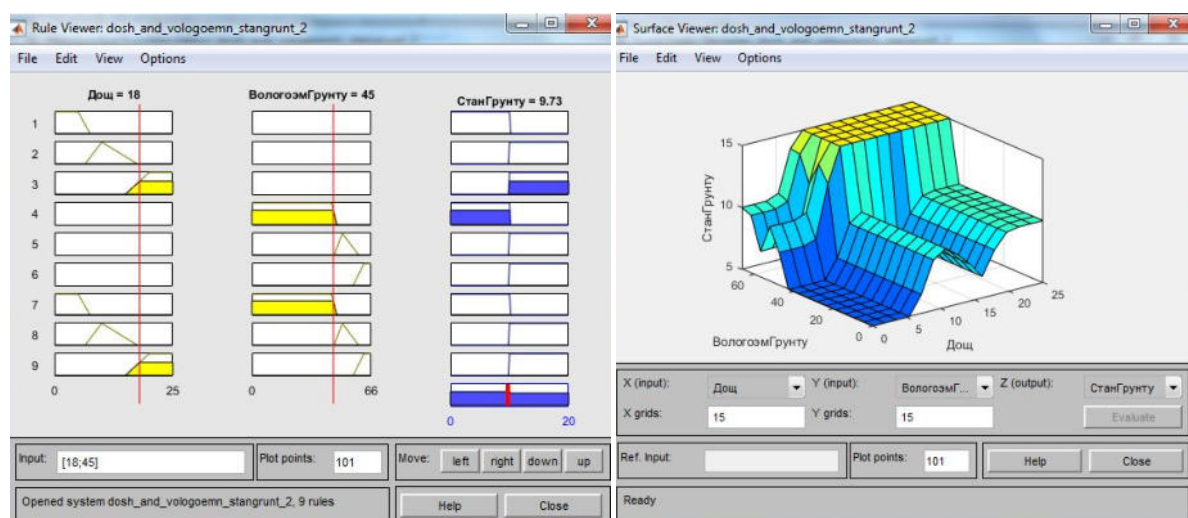


а

б

Рисунок 3.6 – Функції приналежності для змінних «Відносна вологість ґрунту» (а) та «Стан ґрунту» (б)

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Стан ґрунту» та її графічний вигляд в залежності від вхідних змінних «Дощ» та «Відносна вологість ґрунту» буде мати наступний вигляд (рис. 3.7).



а

б

Рисунок 3.7 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Стан ґрунту» (а) та її графічний вигляд від вхідних змінних «Дощ» та «Відносна вологість ґрунту» (б)

Модель «Вологість культури» являє собою залежність від вхідних змінних «Дощ» та «Роса». Модель має на меті визначення вологості культури, що підлягає збиранню в залежності від погодно-кліматичних параметрів (рис. 3.8).

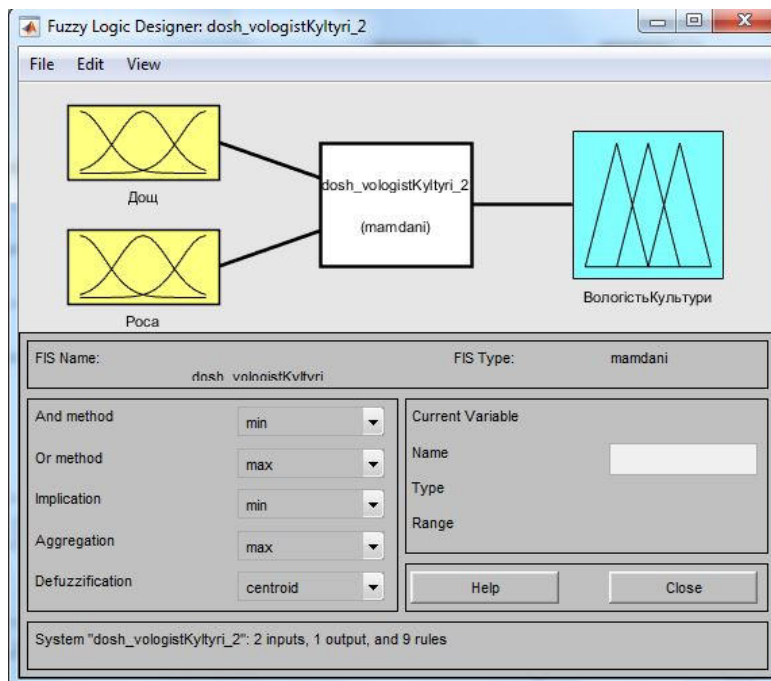
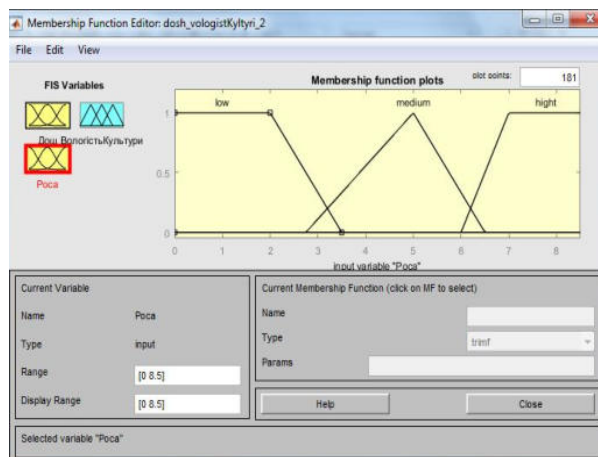
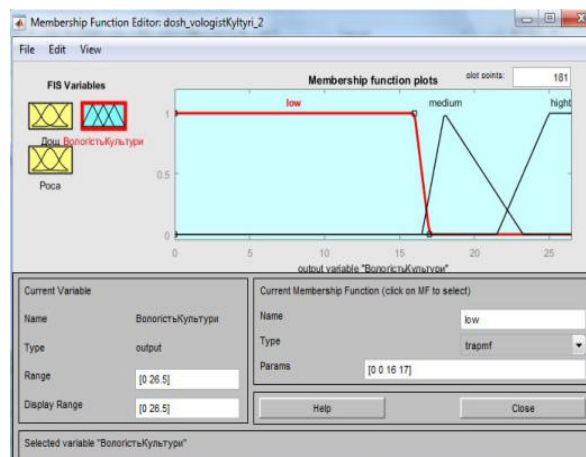


Рисунок 3.8 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Вологість культури»

Задамо та налаштуємо функції приналежності для змінних «Роса» та «Вологість культури» та представимо на рис. 3.9.



а



б

Рисунок 3.9 – Функції приналежності для змінних «Роса» (а) та «Вологість культури» (б)

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Вологість культури» та її графічний вигляд в залежності від вхідних змінних «Дощ» та «Роса» буде мати наступний вигляд (рис. 3.10).

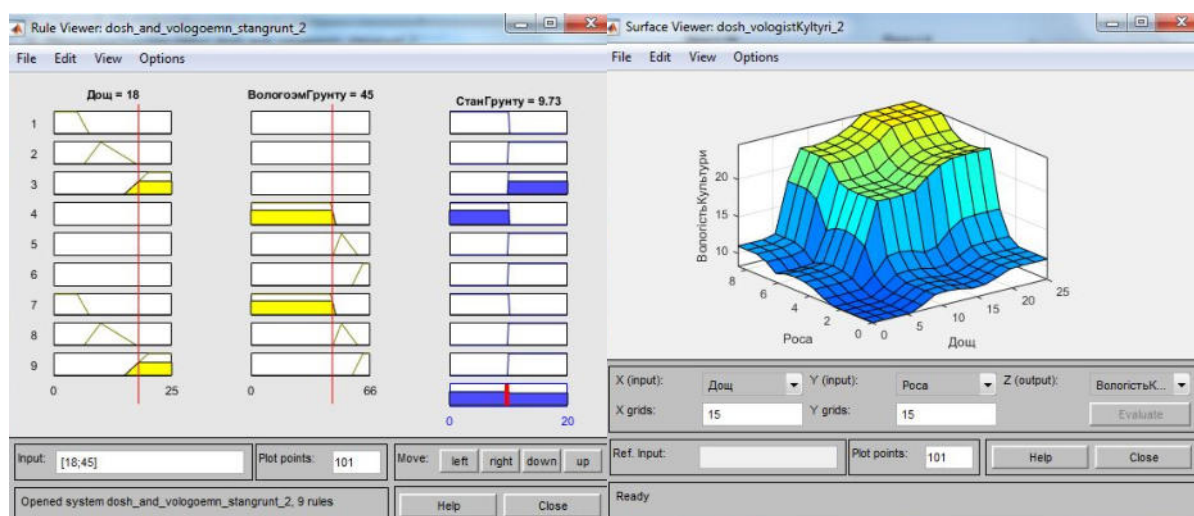


Рисунок 3.10 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Вологість культури» (а) та її графічний вигляд від вхідних змінних «Дош» та «Роса» (б)

Модель «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» у FIS-редакторі програми Fuzzy Logic Toolbox після задання її структури представлена на рис. 3.11.

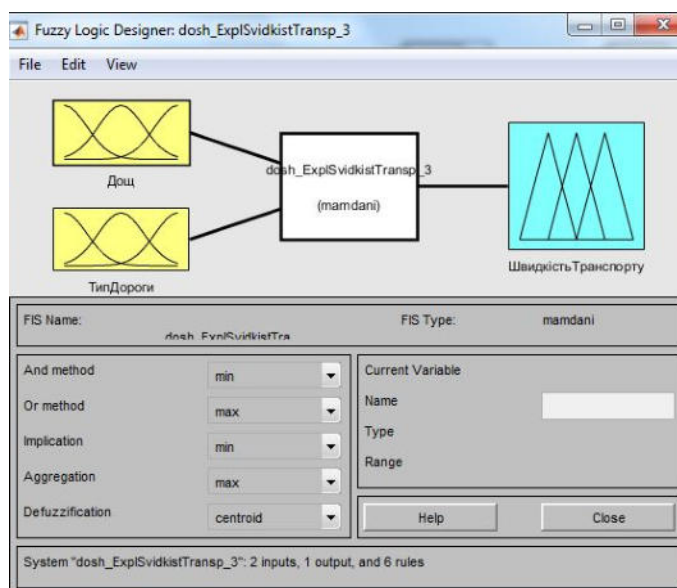
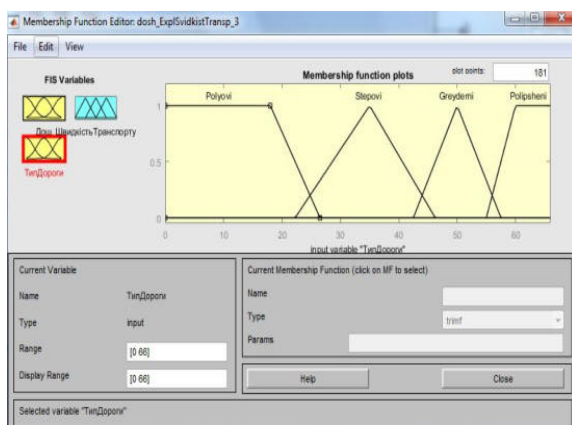


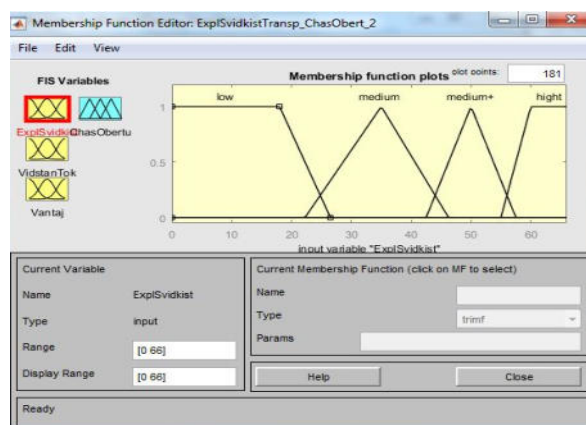
Рисунок 3.11 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів».

Модель «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» залежить від параметру «Дощ», а також технологічного параметру «Тип дороги», та при їх врахуванні відповідає за визначення експлуатаційної швидкості, з якою будуть рухатися автомобілі при виконанні перевезень врожаю озимої пшениці з поля до току.

Задамо та налаштуємо функції приналежності для змінних «Тип дороги» та «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» та представимо на рис. 3.12.



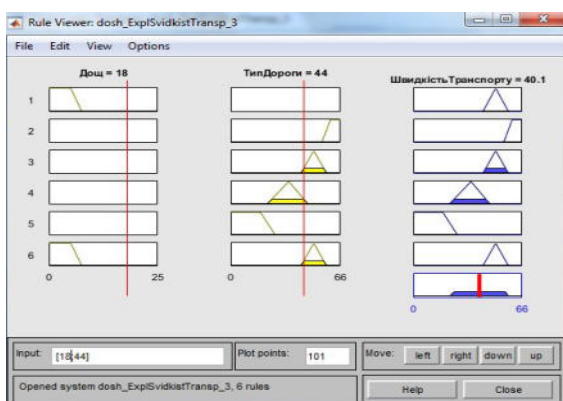
а



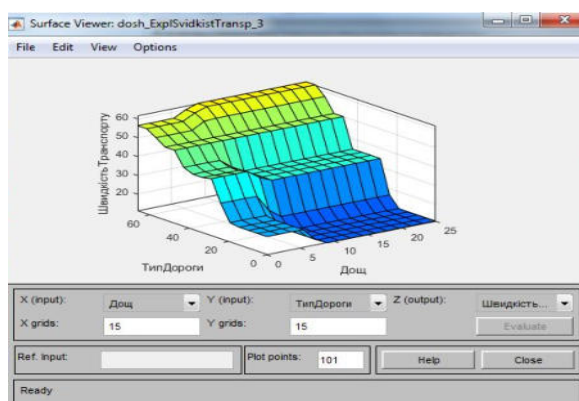
б

Рисунок 3.12 – Функції приналежності для змінних «Тип дороги» (а) та «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» (б)

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» та її графічний вигляд в залежності від вхідних змінних «Дощ» та «Тип дороги» має наступний вигляд (рис. 3.13).



а



б

Рисунок 3.13 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» (а) та її графічний вигляд від вхідних змінних «Дощ» та «Тип дороги» (б)

Модель «Спосіб збирання» залежить від технологічного параметру «Полеглість», а також від технічного параметру «Вологість культури», та при їх врахуванні відповідає за визначення способу збирання, за допомогою якою буде здійснюватися збирання озимої пшениці. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Спосіб збирання» наведено на (рис. 3.14).

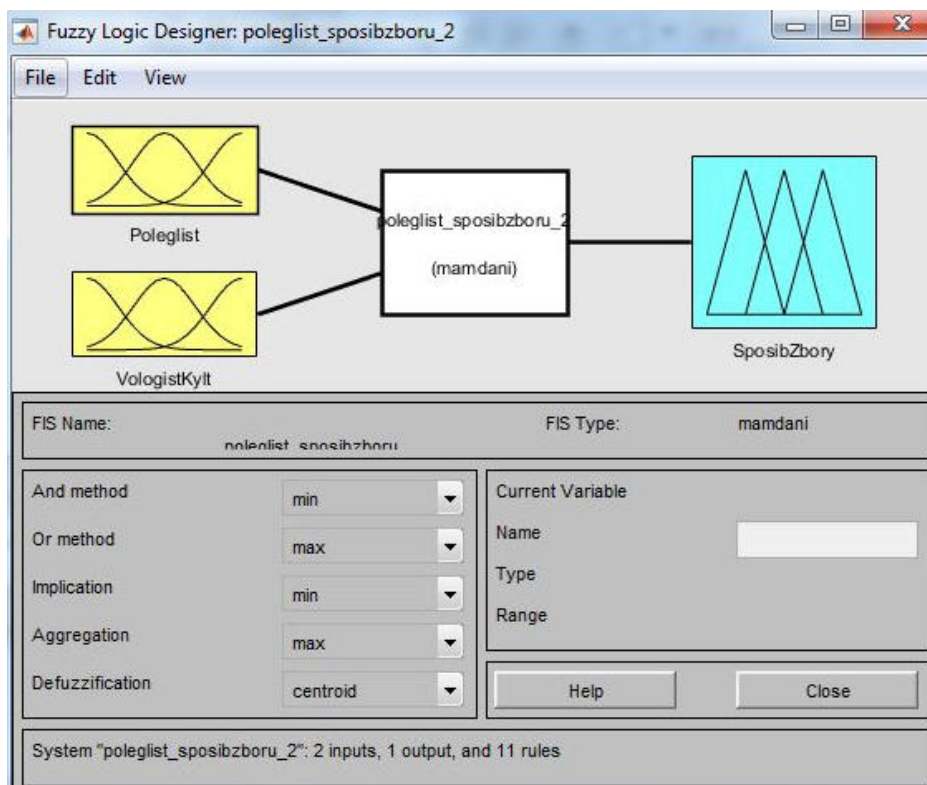


Рисунок 3.14 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Спосіб збирання»

Функції приналежності для змінної «Полеглість» представлено на рис. 3.3 (в), а змінної «Вологість культури» представлено на рис. 3.9 (б). Задамо функції приналежності параметру «Спосіб збирання» та продемонструємо їх у вигляді графіка на рис. 3.15.

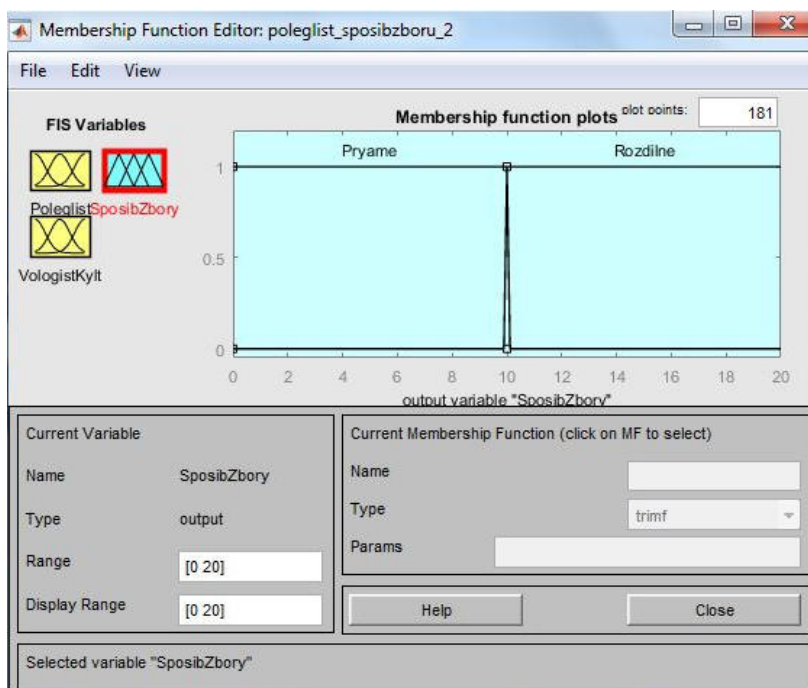
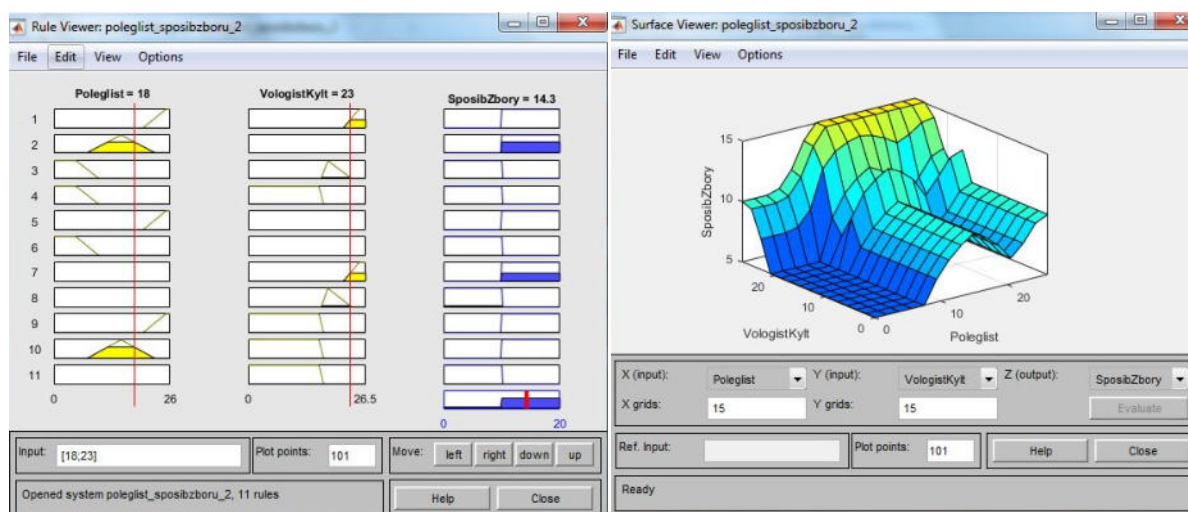


Рисунок 3.15 – Функції приналежності для змінної «Спосіб збирання»

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Спосіб збирання» та її графічний вигляд в залежності від вхідних змінних «Полеглість» та «Вологість культури» буде мати наступний вигляд (рис. 3.16).



а

б

Рисунок 3.16 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Спосіб збирання» (а) та її графічний вигляд від вхідних змінних «Полеглість» та «Вологість культури» (б)

Модель «Урожайність» залежить від технологічного параметру «Полеглість» та при її врахуванні відповідає за визначення рівня врожайності озимої пшениці, який може змінюватися. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Урожайність» наведено на (рис. 3.17).

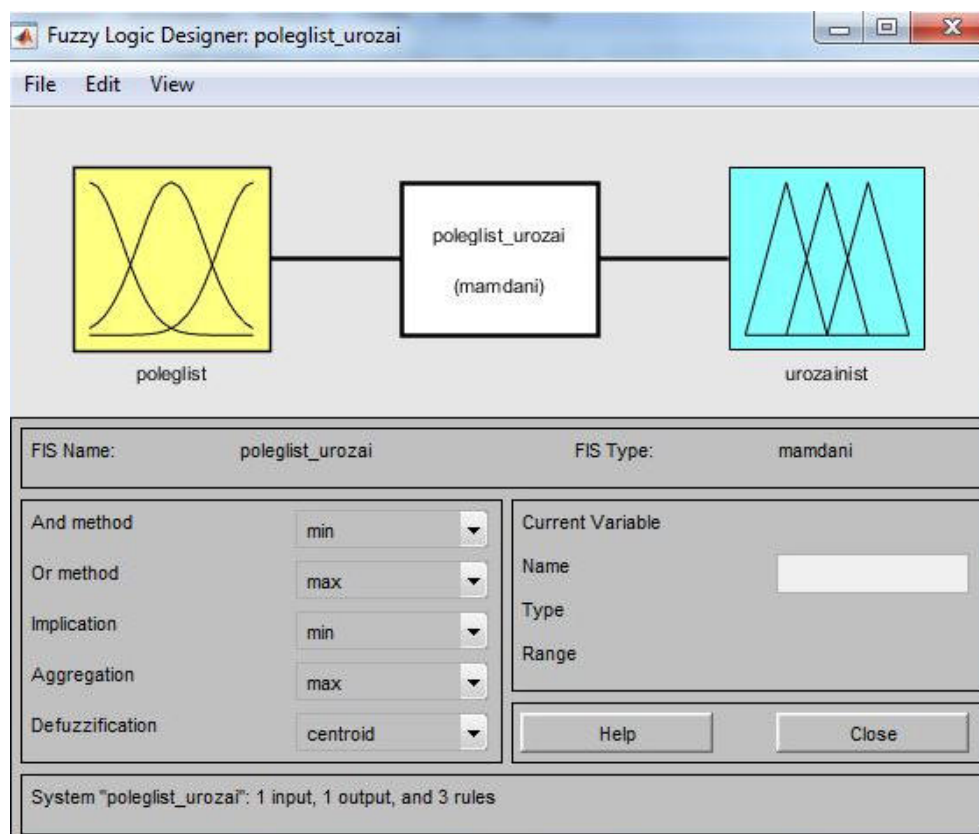


Рисунок 3.17 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Урожайність».

Враховуючи, що функції приналежності для змінної «Полеглість» наведено на рис. 3.3 (в), задамо функції приналежності для параметру «Урожайність» (рис. 3.18).

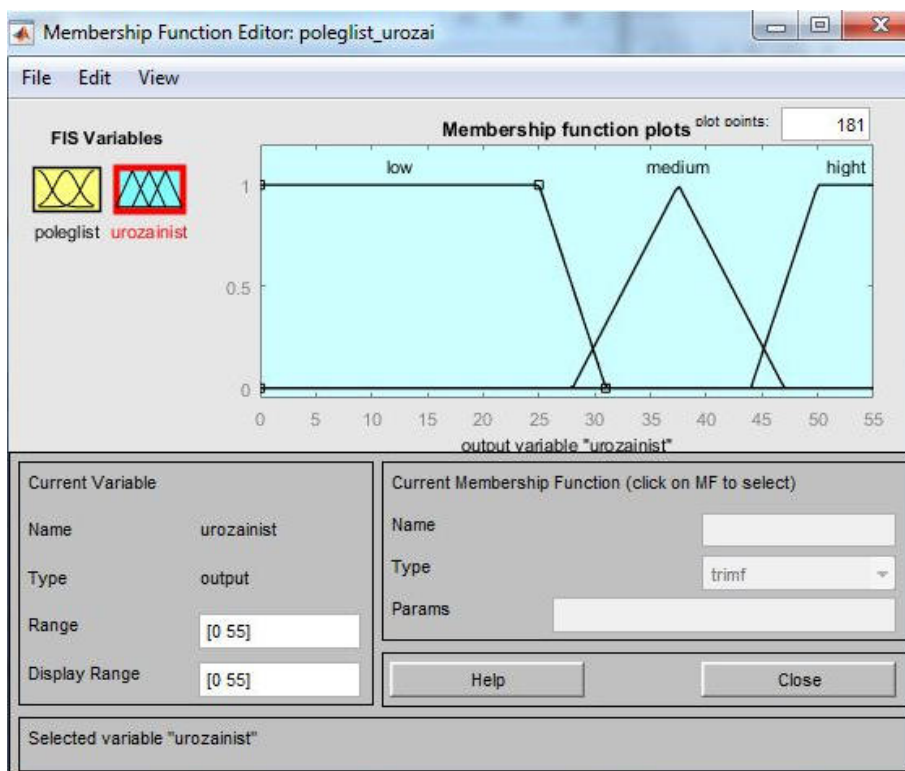
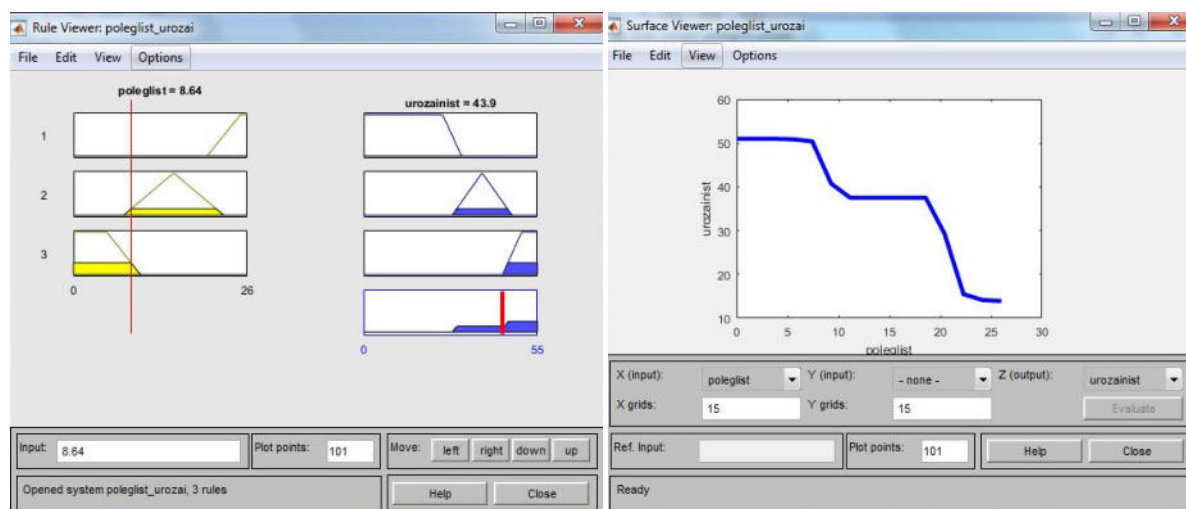


Рисунок 3.18 – Функції приналежності для змінної «Урожайність»

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Урожайність» та її графічний вигляд в залежності від вхідної змінної «Полеглість» буде мати наступний вигляд (рис. 3.19).



а

б

Рисунок 3.19 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Урожайність» (а) та її графічний вигляд від вхідної змінної «Полеглість» (б)

Модель «Час оборту транспортних засобів (а/м)» залежить від технологічного параметру «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів», а також технологічних параметрів «Відстань від поля до току» та «Вантажопідйомність». При врахуванні даних параметрів модель відповідає за визначення часу оборту транспортних засобів при здійсненні перевезень врожаю озимої пшениці. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Час оборту транспортних засобів (а/м)» наведено на (рис. 3.20).

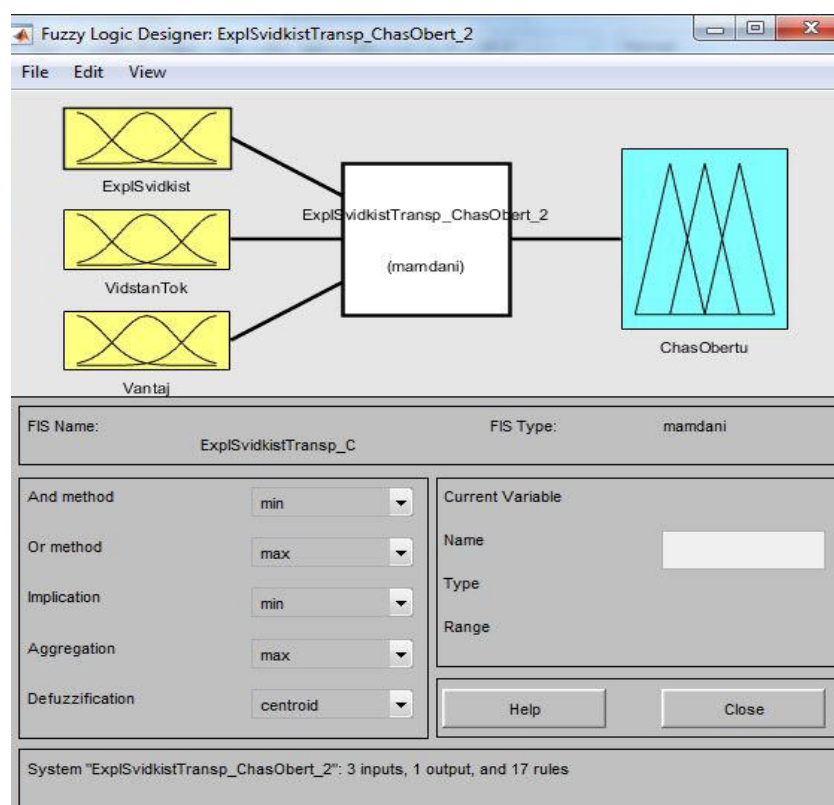
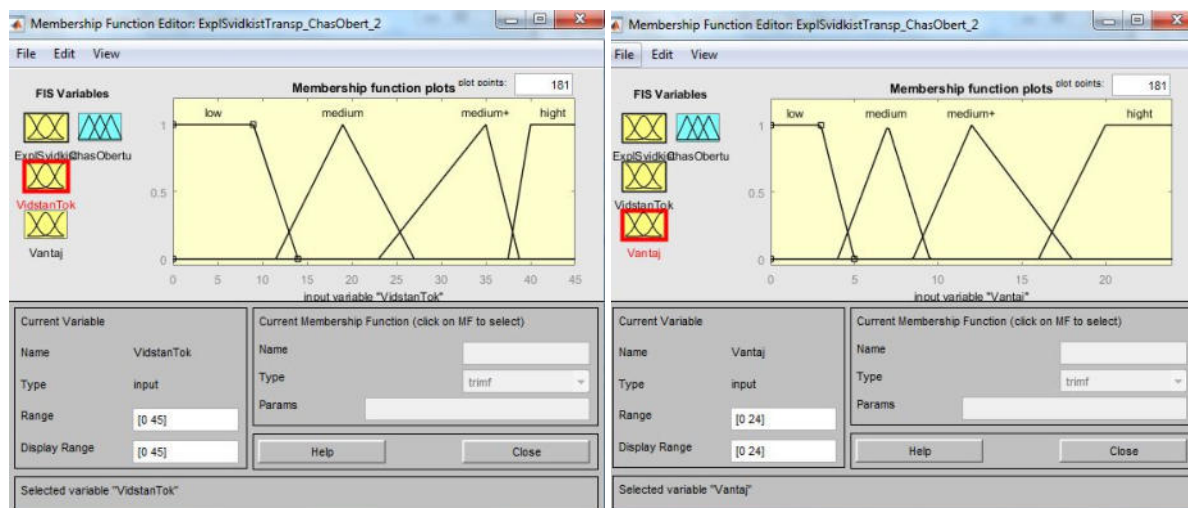


Рисунок 3.20 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Час оборту транспортних засобів (а/м)»

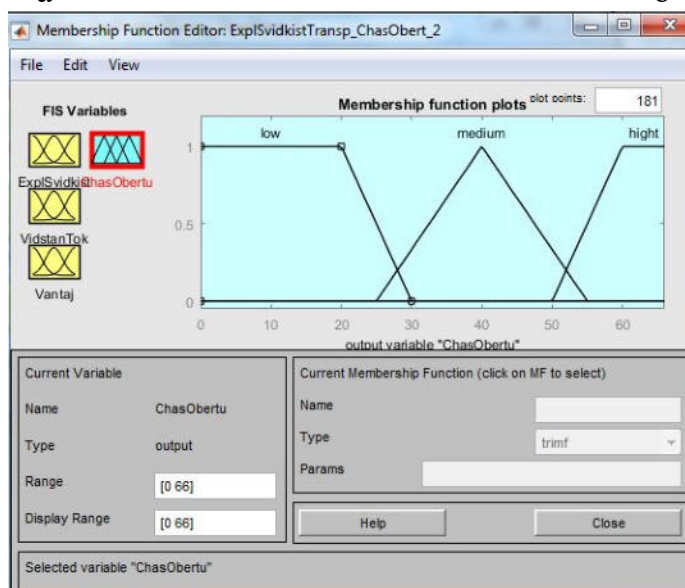
Функції приналежності для змінної «Експлуатаційна швидкість транспортних засобів» задано на рис. 3.12 (б).

Задамо функції приналежності технологічних параметрів «Відстань від поля до току» та «Вантажопідйомність» та продемонструємо їх у вигляді графіка на рис. 3.21.



а

б



в

Рисунок 3.21 – Функції приналежності для змінних «Відстань від поля до току» (а), «Вантажопідйомність» (б), «Час оберту транспортних засобів (а/м)» (в)

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Час оберту транспортних засобів (а/м)» в залежності від входних змінних «Відстань від поля до току» та «Вантажопідйомність» буде мати наступний вигляд (рис. 3.22).

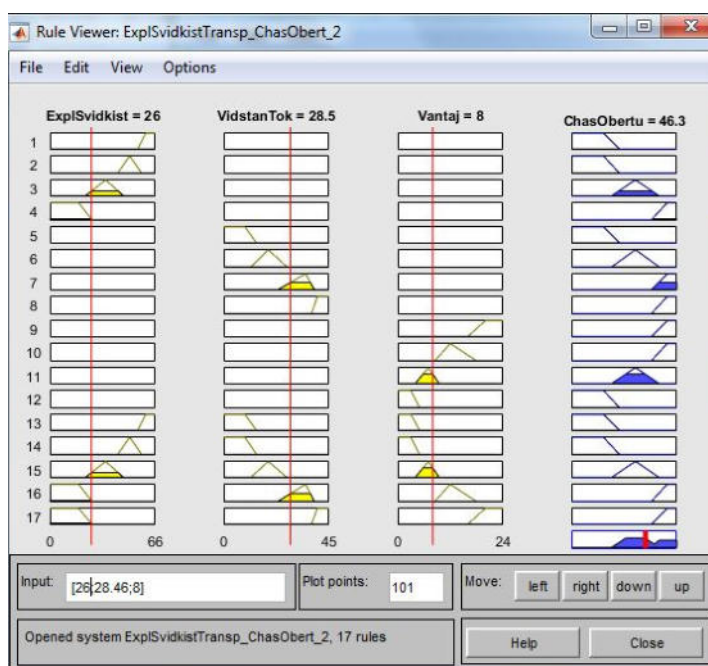
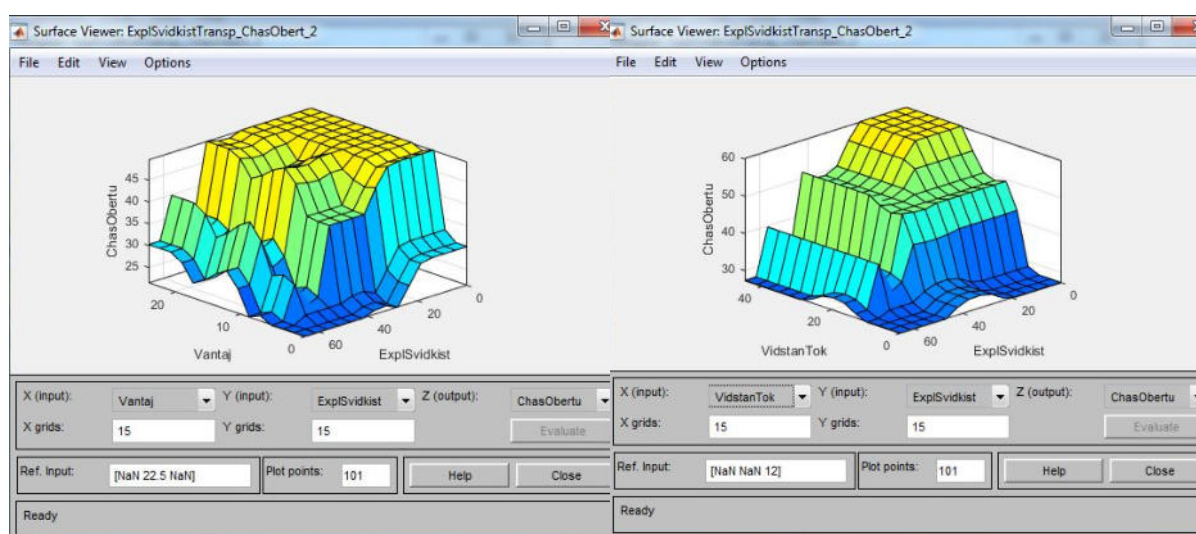


Рисунок 3.22 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Час оберту транспортних засобів (а/м)» в залежності від вхідних змінних «Експлуатаційна швидкість», «Відстань від поля до току» та «Вантажопідйомність».



а

б

Рисунок 3.23 – Графічний вигляд моделі «Час оберту транспортних засобів (а/м)» в залежності від вхідних змінних «Вантажопідйомність» та «Експлуатаційна швидкість» (а) та «Відстань від поля до току» та «Експлуатаційна швидкість» (б).

Модель «Швидкість руху комбайну» залежить від технологічного параметру «Спосіб збирання», а також технічного параметру «Стан ґрунту».

При врахуванні даних параметрів модель відповідає за визначення швидкості руху комбайнів при здійсненні процесу збирання врожаю озимої пшениці. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Швидкість руху комбайну» наведено на (рис. 3.24).

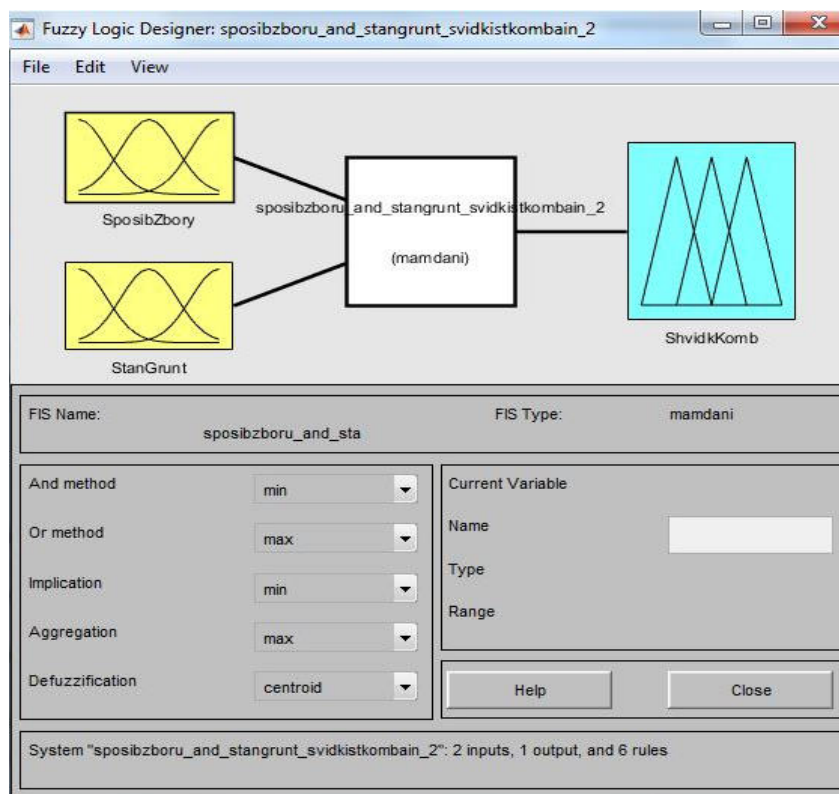


Рисунок 3.24 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Швидкість руху комбайну»

Функції приналежності для змінної «Спосіб збирання» задано на рис. 3.12 (б), а для змінної «Стан ґрунту» на рис. 3.6 (б)

Задамо функції приналежності технічного параметру «Швидкість руху комбайну» та продемонструємо її у вигляді графіка на рис. 3.25.

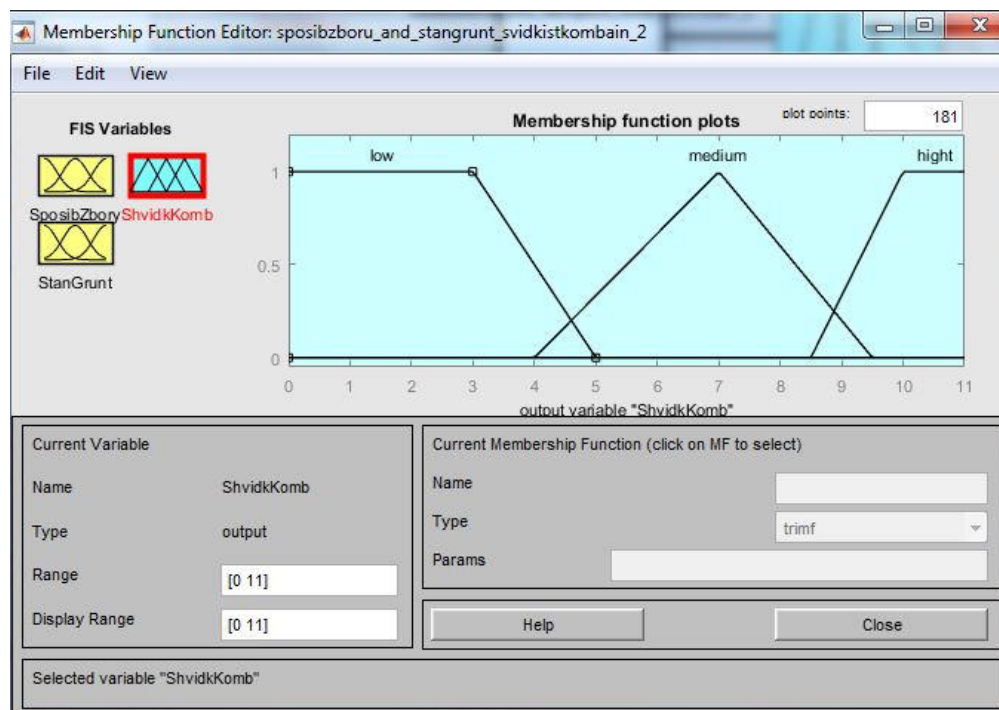
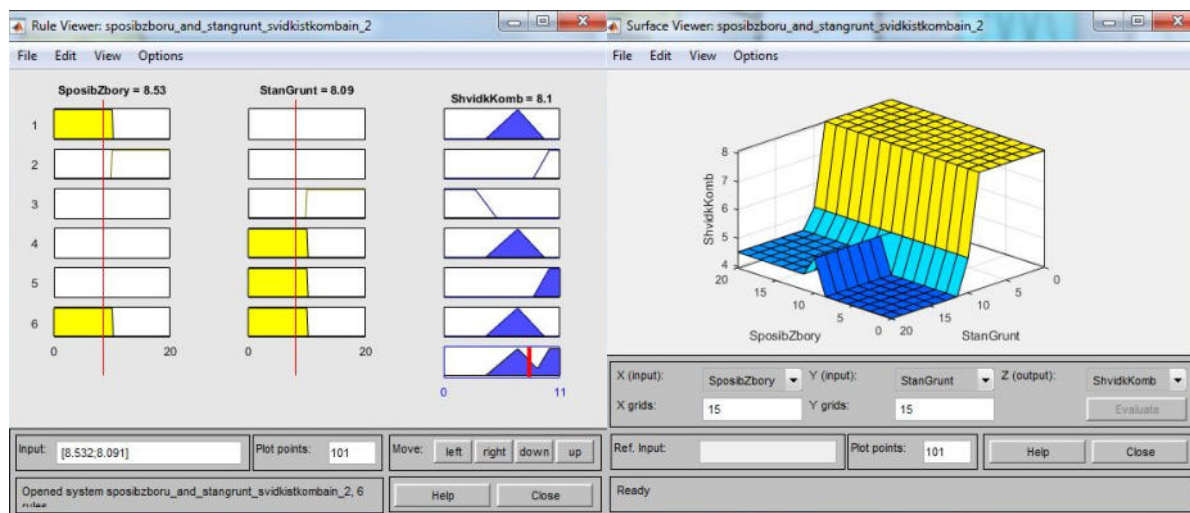


Рисунок 3.25 – Функції приналежності для змінної «Швидкість руху комбайну»

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Швидкість руху комбайну» та її графічний вигляд в залежності від вхідних змінних «Спосіб збирання» та «Стан ґрунту» буде мати наступний вигляд (рис. 3.26).



а

б

Рисунок 3.26 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Швидкість руху комбайну» (а) та її графічний вигляд від вхідних змінних «Спосіб збирання» та «Стан ґрунту» (б)

Модель «Продуктивність комбайну» залежить від технічних параметрів «Швидкість руху комбайну», «Вологість культури» та «Ширина жатки». При врахуванні даних параметрів модель відповідає за визначення продуктивності комбайнів при здійсненні процесу збирання врожаю озимої пшениці. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Продуктивність комбайну» наведено на (рис. 3.27).

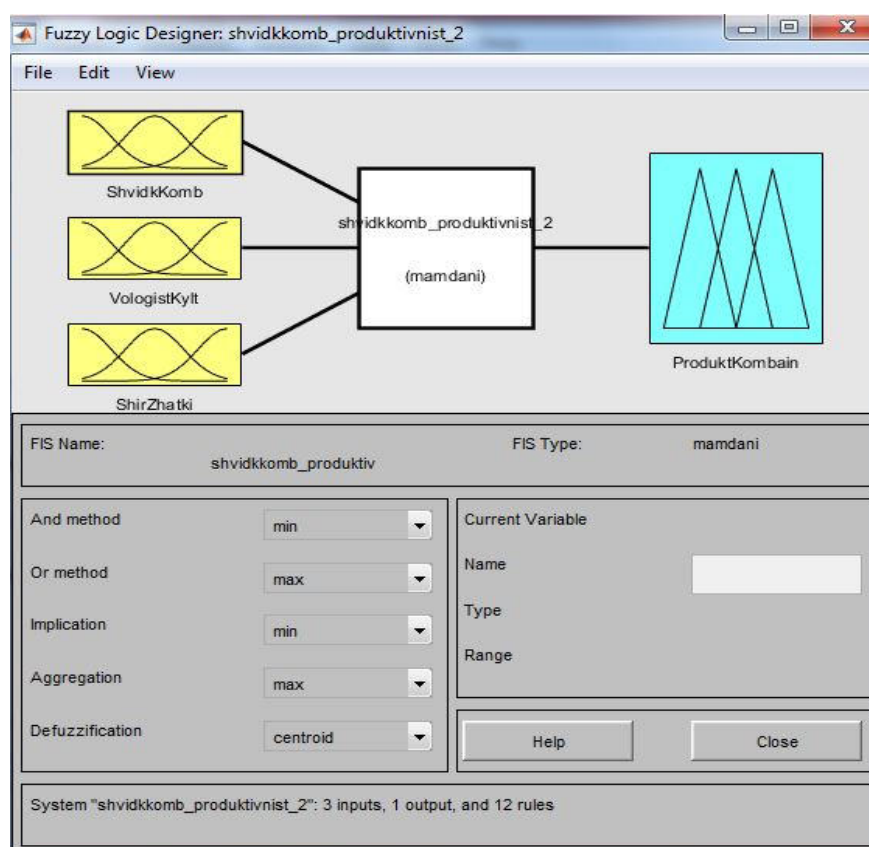
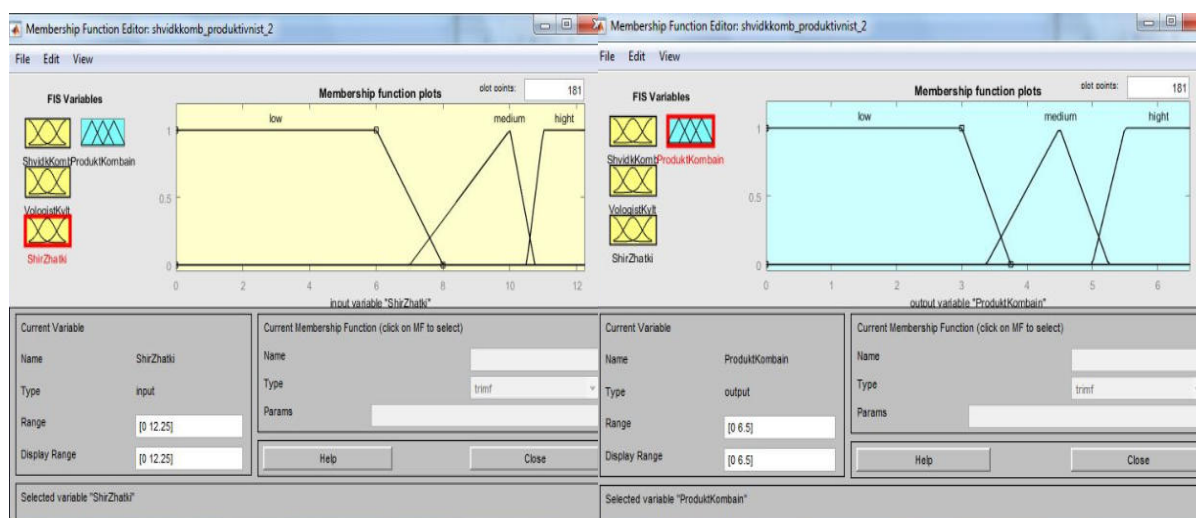


Рисунок 3.27 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Продуктивність комбайну»

Функції приналежності для змінної «Швидкість руху комбайну» задано на рис. 3.25, для змінної «Вологість культури» представлено на рис. 3.9 (б).

Задані функції приналежності технічних параметрів «Ширина жатки» та «Продуктивність комбайну» представлено у вигляді графіка на рис. 3.28.



а

б

Рисунок 3.28 – Функції приналежності для змінних «Ширина жатки» (а) та «Продуктивність комбайну» (б)

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Продуктивність комбайну» в залежності від вхідних змінних «Швидкість руху комбайну», «Вологість культури» та «Ширина жатки» буде мати наступний вигляд (рис. 3.29).

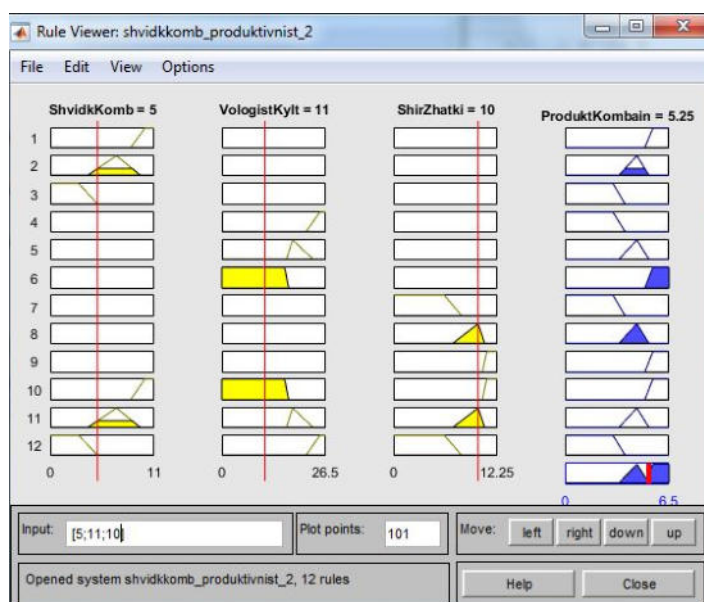
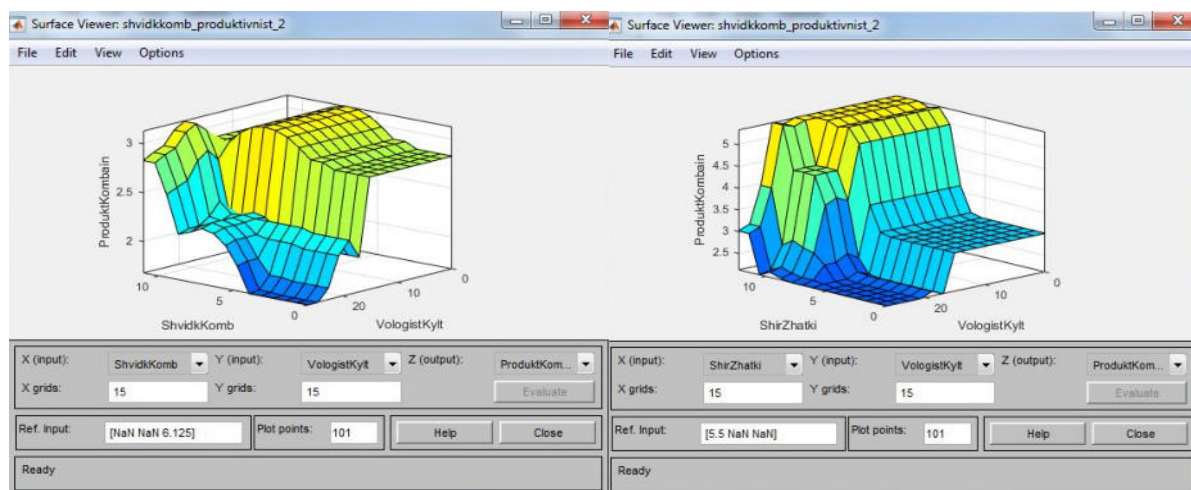


Рисунок 3.29 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Продуктивність комбайнів» від вхідних змінних «Швидкість руху комбайну», «Вологість культури» та «Ширина жатки»

Графічний вигляд моделі «Продуктивність комбайну» в залежності від вхідних змінних «Швидкість руху комбайну», «Вологість культури» та «Ширина жатки» буде мати наступний вигляд (рис. 3.30).



а

б

Рисунок 3.30 – Графічний вигляд моделі від вхідних змінних «Швидкість руху комбайну», «Вологість культури» (а) та «Ширина жатки» (б)

Модель «Кількість комбайнів» залежить від технологічних параметрів «Урожайність», «Час оборту транспортних засобів», «Площа поля» та технічного параметру «Продуктивність комбайну». При врахуванні даних параметрів модель відповідає за визначення кількості комбайнів для здійснення процесу збирання врожаю озимої пшениці. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Кількість комбайнів» наведено на (рис. 3.31).

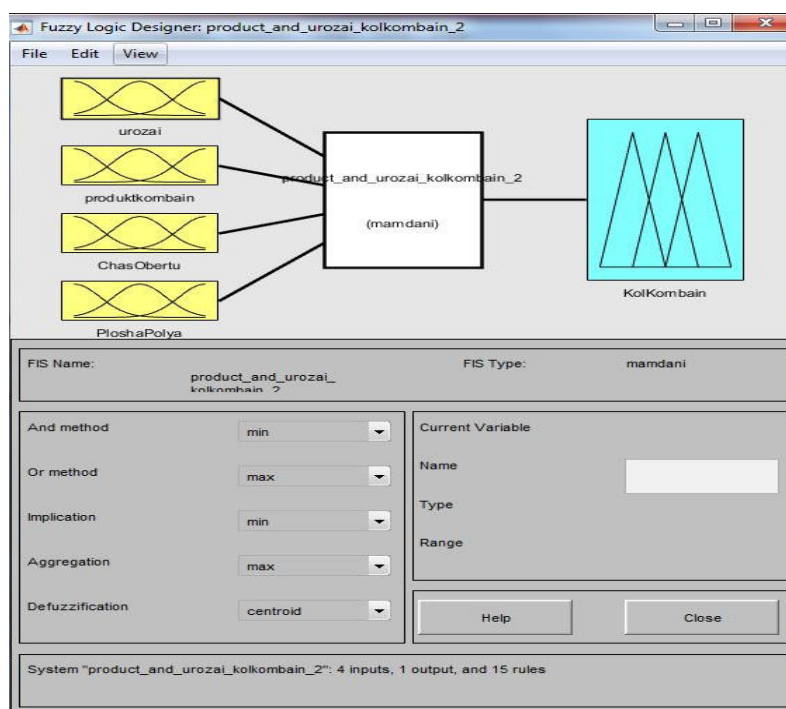
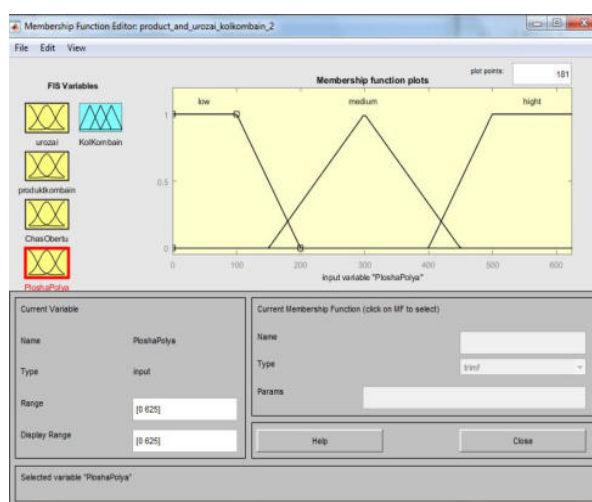


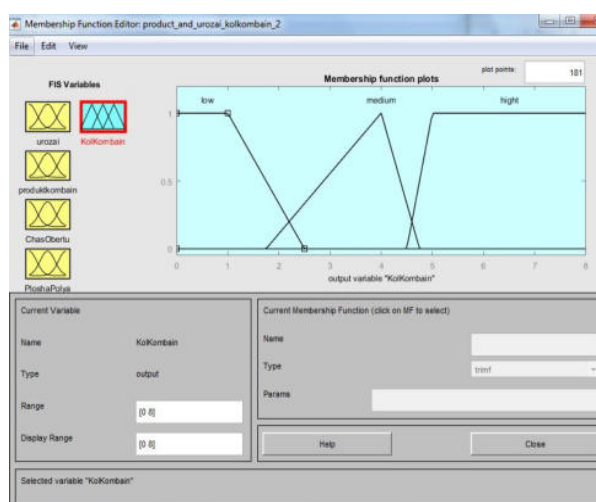
Рисунок 3.31 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Кількість комбайнів»

Функції приналежності для змінної «Урожайність» задано на (рис. 3.18), для змінної «Час обертів транспортних засобів» (рис. 3.21, в) та «Продуктивність комбайну» (рис. 3.28, б)

Задамо функції приналежності змінної «Площа поля» та представимо у вигляді графіка на рисунку 3.32.



а



б

Рисунок 3.32 – Функції приналежності для змінних «Площа поля» (а) та «Кількість комбайнів» (б).

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Кількість комбайнів» в залежності від вхідних змінних «Урожайність», «Час обертів транспортних засобів», «Площа поля» та «Продуктивність комбайну» (рис. 3.33).

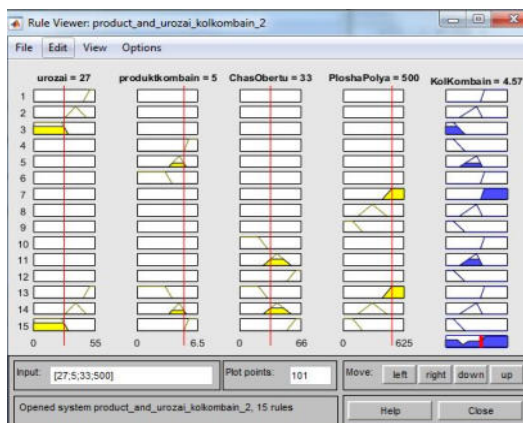
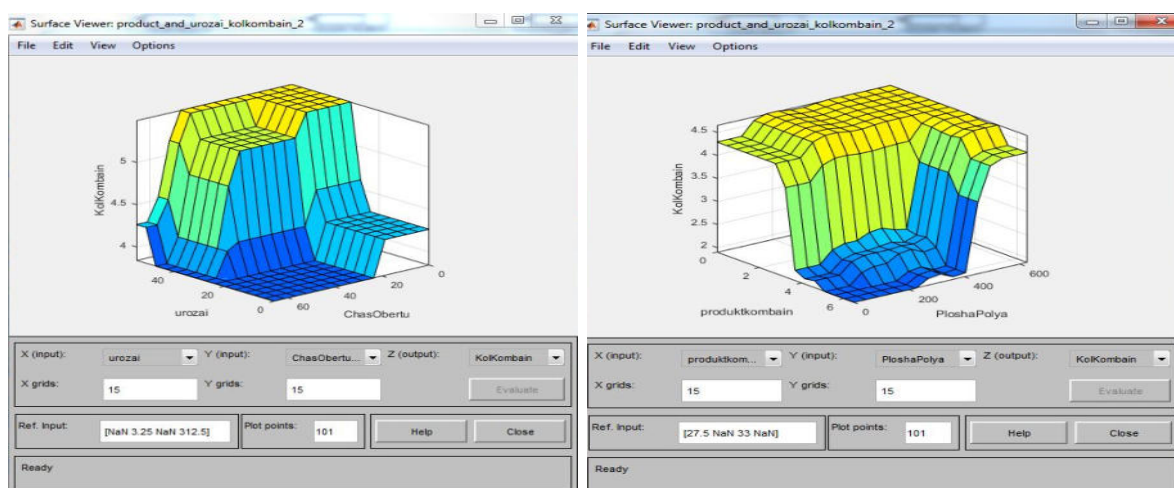


Рисунок 3.33 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Кількість комбайнів» в залежності від вхідних змінних «Урожайність», «Час обертів транспортних засобів», «Площа поля» та «Продуктивність комбайну».

Графічний вигляд моделі «Кількість комбайнів» в залежності від вхідних змінних «Урожайність», «Час обертів транспортних засобів» та в залежності від вхідних змінних «Площа поля» та «Продуктивність комбайну» (рис. 3.34).



а

б

Рисунок 3.34 – Графічний вигляд моделі «Кількість комбайнів» від вхідних змінних «Швидкість руху комбайну», «Вологість культури» (а) та «Ширина жатки» (б)

Модель «Кількість транспортних засобів» залежить від технологічного параметру «Кількість комбайнів». При врахуванні даного параметру модель відповідає за визначення раціональної кількості транспортних засобів, необхідних для здійснення процесу перевезення врожаю озимої пшениці. Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Кількість транспортних засобів» наведено на (рис. 3.35).

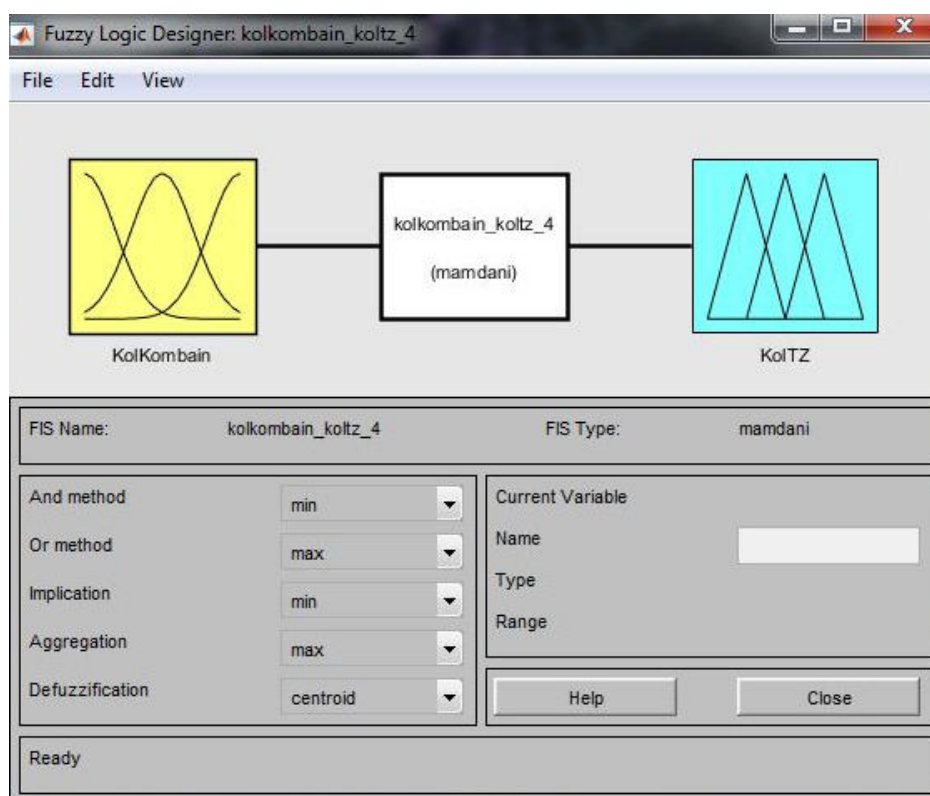


Рисунок 3.35 – Вид вікна FIS-редактора програми Fuzzy Logic Toolbox після задання структури моделі «Кількість транспортних засобів».

Функції приналежності для змінної «Кількість комбайнів» задано на (рис. 3.32, б).

Задамо функції приналежності змінної «Кількість транспортних засобів» та представимо у вигляді графіка на рисунку 3.36.

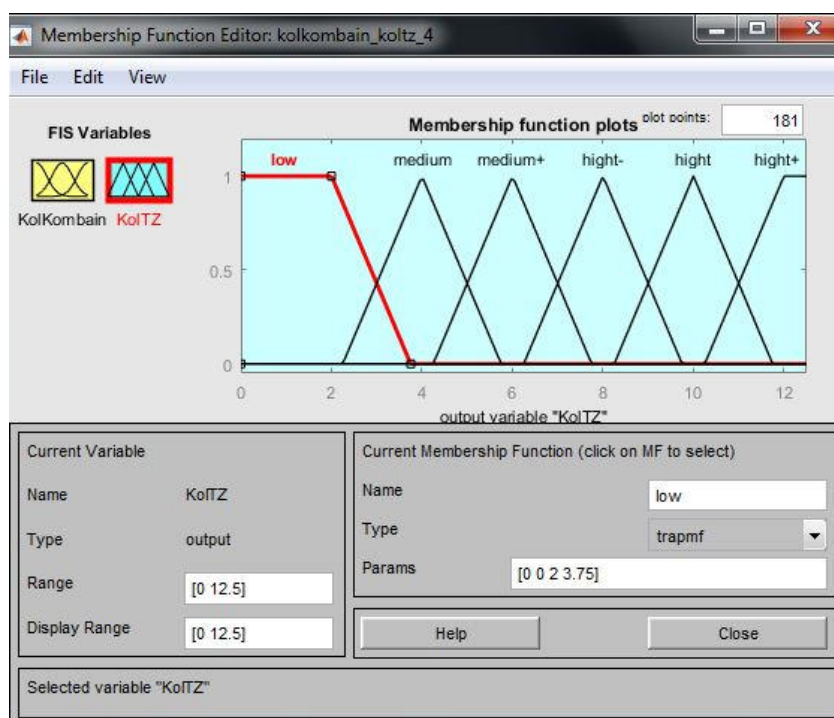
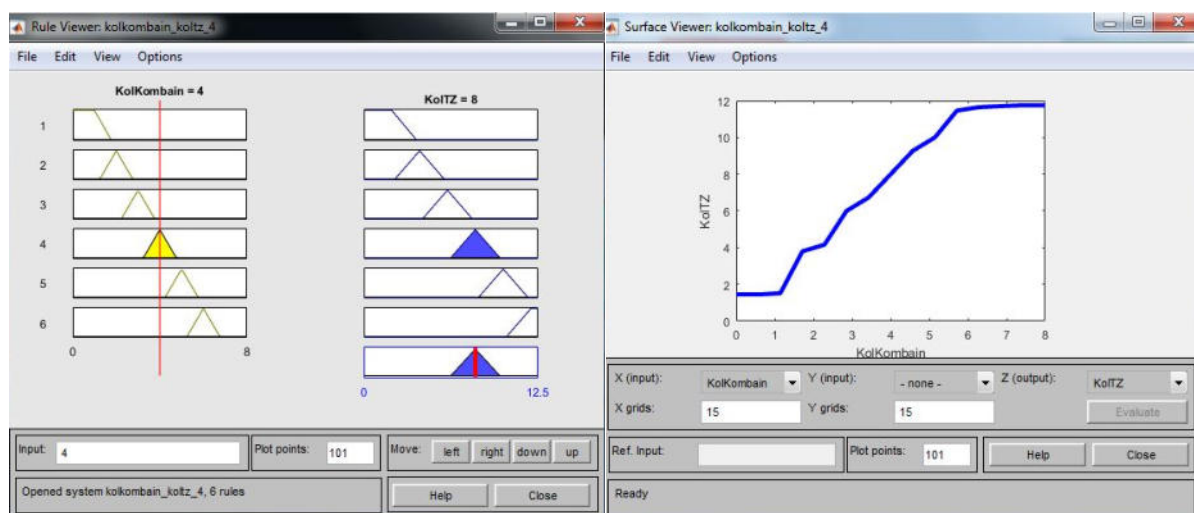


Рисунок 3.36 – Функції приналежності для змінної «Кількість транспортних засобів».

Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Кількість транспортних засобів» та її графічний вигляд в залежності від вхідної змінної «Кількість комбайнів» буде мати наступний вигляд (рис. 3.37).



а

б

Рисунок 3.37 – Візуалізація нечіткого логічного висновку моделі «Кількість транспортних засобів» та її графічний вигляд в залежності від вхідної змінної «Кількість комбайнів»

Таким чином, реалізація нечітких математичних моделей за допомогою додатку Fuzzy Logic Toolbox дає можливість візуалізувати кожну з моделей окремо, зрозуміти логіку їх функціонування. В свою чергу, об'єднання всіх моделей з метою визначення кінцевого результату – розрахунку раціональної кількості транспортних засобів, необхідно здійснити в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink.

3.3 Реалізація імітаційної моделі транспортного забезпечення у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink

Simulink – графічне середовище імітаційного моделювання, що дозволяє за допомогою блок-діаграм у вигляді направлених графів, будувати динамічні моделі, включаючи дискретні, безперервні і гібридні, нелінійні і розривні системи.

Інтерактивне середовище Simulink, дозволяє застосовувати розвинений модельно-орієнтований підхід при розробці систем управління, засобів цифрового зв'язку і пристроїв реального часу [171,173].

В якості прикладу розглянемо вплив параметрів «Дощ» та «Град» на «Полеглість» за нечіткою імітаційною моделлю (рис. 3.1) в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.38).

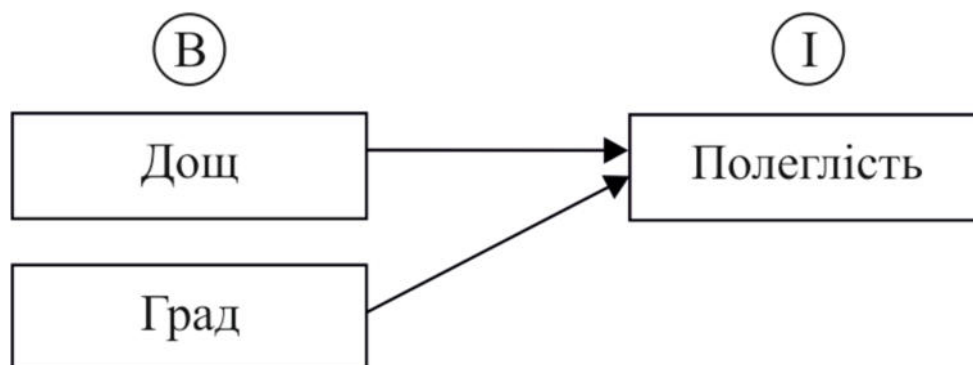


Рисунок 3.38 – Вплив параметрів «Дош» та «Град» на «Полеглість» за нечіткою імітаційною моделлю

Більш детально зупинимось на розгляді фазифікації для вищезазначених параметрів у середовищі імітаційного моделювання Simulink.

Фазифікація параметрів «Дощ», «Град» та «Полеглість» в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink буде мати наступний вигляд (рис. 3.39).

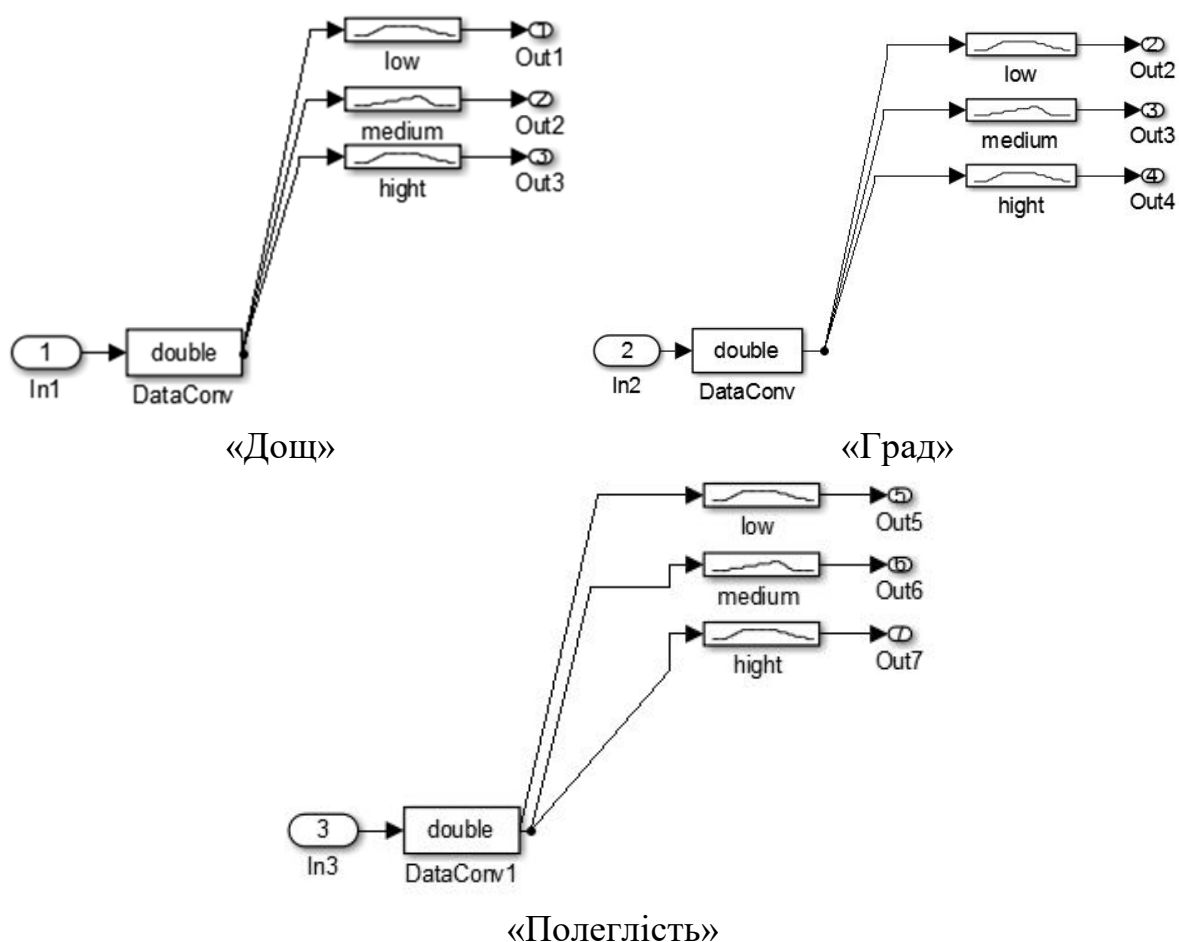


Рисунок 3.39 – Фазифікація параметрів «Дощ», «Град» та «Полеглість» у Simulink

Аналізуючи наведені на рис. 3.39 схеми з середовища Simulink пояснимо дані позначення. Блок «In» (скорочення від Input – «вхід»), тобто вхідні дані «In1», «In2», «In3» відповідно для фазифікації параметрів «Дощ», «Град» та «Полеглість».

Блок «double» DataConv1 у середовищі Simulink відповідає за перетворення вхідних даних в тип даних «In1», «In2», «In3» і масштабування виводу.

Блок «low» та «high» відповідають за трапецієвидну фазифікацію і відповідні терми для параметру «Дощ» – «Дощ короткочасний», «Дощ затяжний», для параметру «Роса» – «Роса короткотривала», «Роса довготривала», для параметру «Полеглість» – «Полеглість висока», «Полеглість низька», а блок «medium» – за трикутникову фазифікацію та відповідний терм для параметру «Дощ» – «Дощ проливний», для параметру «Роса» – «Роса помірна», для параметру «Полеглість» – «Полеглість середня».

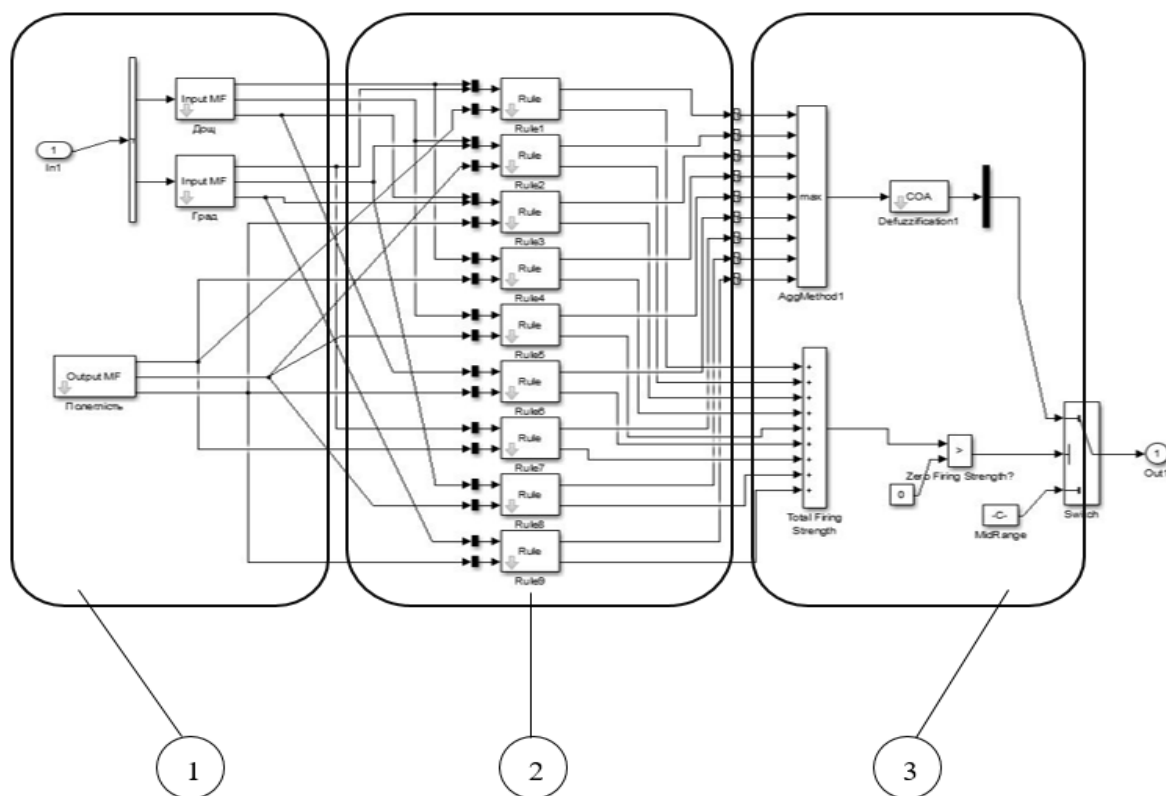
Блок «Out» (скорочення від Output – «вихід»), тобто вихідні дані відповідно за фазифікацією для параметрів «Дощ», «Град» та «Полеглість» за відповідними термами. Так, «Out1», «Out2», «Out3» для параметру «Дощ» буде відповідати за вихідні дані за термами «Дощ короткочасний», «Дощ проливний», «Дощ затяжний». «Out2», «Out3», «Out4» відображає вихідні дані за фазифікацією для параметру «Роса» відповідно для термів «Роса короткотривала», «Роса помірна», «Роса довготривала». «Out5», «Out6», «Out7» відображатиме вихідні дані для параметру «Полеглість» відповідно за термами «Полеглість висока», «Полеглість середня», «Полеглість низька».

Нечіткий контролер системи впливу параметрів «Дощ» та «Град» на модель «Полеглість» в середовищі Simulink буде мати наступний вигляд (рис. 3.40). Нечіткий контролер складається з блоків фазифікатора, блоку правил та блоку дефазифікатора.

Фазифікатор є блоком системи нечіткого логічного висновку, який відповідає за етап фазифікації параметрів «Дощ», «Град» та «Полеглість».

Блок правил задає правила, згідно яких здійснюється взаємозв'язок нечіткої моделі та відбувається її функціонування. На рис. 3.40 для моделі

полеглість видно, що в системі використовується 9 правил, за якими вона функціонує.



Блоки:

- 1 – Фазифікатор;
- 2 – Блок правил;
- 3 – Дефазифікатор.

Рисунок 3.40 – Нечіткий контролер системи впливу параметрів «Дощ» та «Град» на модель «Полеглість» в середовищі Simulink

Дефазифікатор є блоком системи нечіткого логічного висновку, який відповідає за етап дефазифікації, тобто отримання чіткого значення за моделлю «Полеглість».

Математичну модель транспортного забезпечення, побудовану у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink представлено на рис. 3.41 [174, 175].

Опис функціонування імітаційної моделі організації транспортного забезпечення, побудованої у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink можна представити у наступному вигляді:

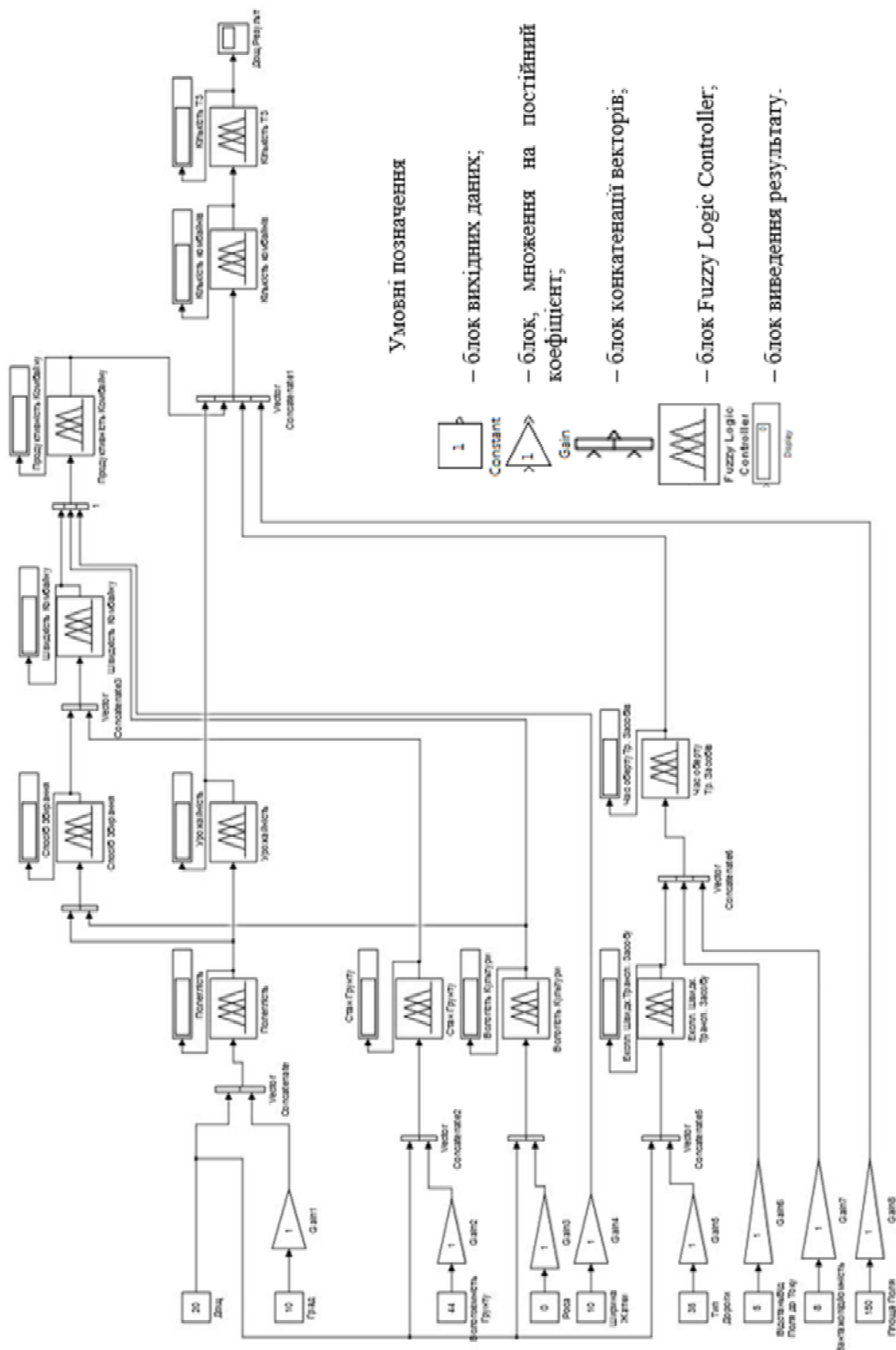


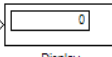
Рисунок 3.41 –Імітаційна модель організації транспортного забезпечення у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink

1. У блоці постійного сигналу  (Constant) задаються вихідні дані погодно-кліматичних (дощ, роса, град), технічні (тип дороги, ширина жатки, відносна вологість ґрунту) та технологічні параметри (площа поля, відстань від поля до току, вантажопідйомність). Так, наприклад для моделі «Полеглість» вихідними даними будуть параметри «Дощ» та «Роса».

2. Після цього сигнал у вигляді вихідних даних поступає у блок підсилювач  (Gain), за допомогою якого виконується множення вхідного сигналу на постійний коефіцієнт (в нашому випадку даний коефіцієнт дорівнює 1. Так, наприклад для моделі «Полеглість» вихідне значення параметру «Дощ» помножується та коефіцієнт 1 та параметру «Роса» також помножується на коефіцієнт 1.

3. Після помноження вихідних даних на постійний коефіцієнт, сигнал потрапляє до блоку конкатенації векторів  (Vector Concatenate). На етапі даної операції відбувається об'єднання двох параметрів в один вектор. Так, наприклад для моделі «Полеглість» вхідні параметри «Дощ» та «Град» об'єднуються в один вектор.

4. На наступному етапі об'єднаний вектор потрапляє у блок контролер нечіткої логіки  (Fuzzy Logic Controller), який побудований на принципах нечіткої логіки. Блок контролера нечіткої логіки реалізує систему нечіткого висновку. Так, наприклад для моделі «Полеглість» у блоці контролеру нечіткої логіки реалізується фазифікації параметрів «Дощ», «Град» та «Полеглість», задання правил, у відповідності з якими працює модель та дефазифікація зазначених параметрів.

5. Після того, як відбулися перетворення у блоці Fuzzy Logic Controller на виході модель «Полеглість» у вигляді блоку  (Display) видає кінцевий дефазифікований результат. Даний результат є вхідним для наступних моделей «Спосіб збирання» та «Урожайність», які залежать від моделі «Полеглість».

По зазначеному принципу функціонують всі 10 моделей, які розроблено у роботі, що утворюють єдину нечітку імітаційну модель.

3.4 Розробка програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)»

Для реалізації імітаційної моделі розроблена комп'ютерна програма «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)».

«Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)» – комп'ютерна програма для раціонального планування кількості транспортних засобів при збиранні врожаю озимої пшениці.

WCC CAT являє собою дорадчу систему автоматизованої обробки експериментальної інформації, отриманої на основі вихідних даних користувача (параметрів) за допомогою спеціальних компонентів, які базуються на основі теорії нечіткої логіки (Fuzzy Logic). Програма виводить на екран кінцевий результат – залежність кількості транспортних засобів (автомобілів) від погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів системи, які допоможуть підвищити ефективність транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці.

Програма WCC CAT складається з блоку введення вхідних даних, блоку отримання проміжних даних, блоку виведення на екран графіків та блоку вибору параметрів зі списку для побудови графіків.

1. Блок введення вхідних даних призначений для введення вхідних даних у вигляді параметрів (дощ, град, роса, площа поля, відстань від поля до току, вантажопідйомність, тип дороги, ширина жатки, відносна вологість ґрунту), що впливають на функціонування транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці. Вікно програми блоку введення вхідних даних у вигляді параметрів, що задаються та відображуються на екрані представлено на рис. 3.42 а.

2. Блок отримання проміжних вихідних даних призначений для отримання проміжних вихідних даних по параметрах, які впливають на кінцевий результат – визначення раціональної кількості транспортних засобів. До проміжних відносяться параметри: полеглисть, стан ґрунту,

вологість культури, швидкість оберту транспортних засобів, спосіб збирання, урожайність, час оберту транспортних засобів, швидкість руху комбайну, продуктивність комбайну, кількість комбайнів. Вікно програми блоку отримання проміжних вихідних даних у вигляді параметрів, які отримуються на проміжному етапі, представлено на рис. 3.42 б.

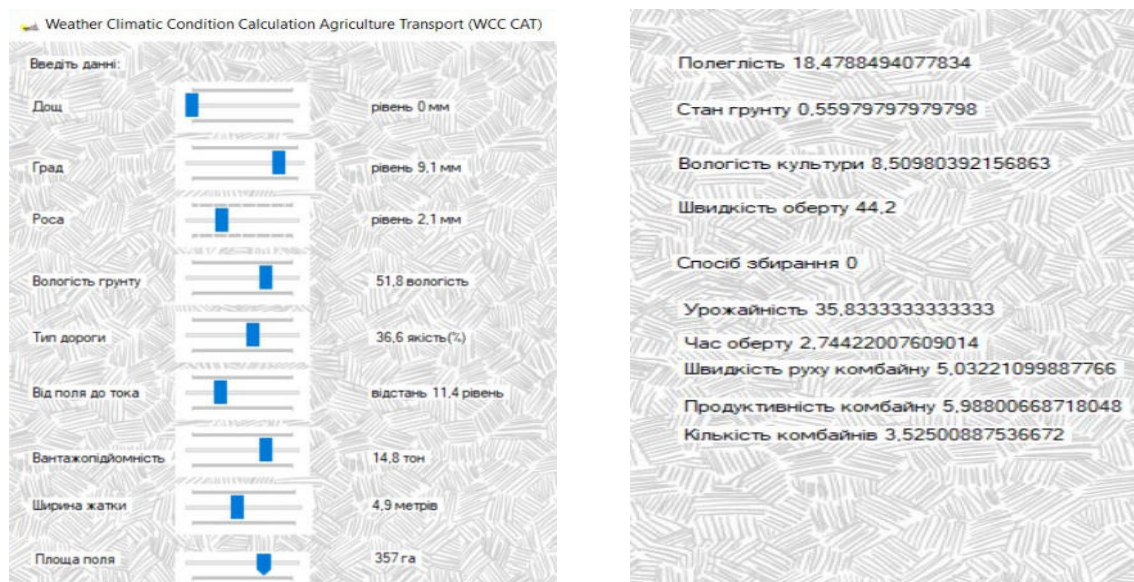


Рисунок 3.42 – Вікно програми блоку введення вхідних даних (а) та отримання проміжних вихідних даних (б)

3. Блок виведення на екран графіків призначений для побудови графіків за 11 параметрами програми, у т.ч. кількості транспортних засобів (рис 3.43).

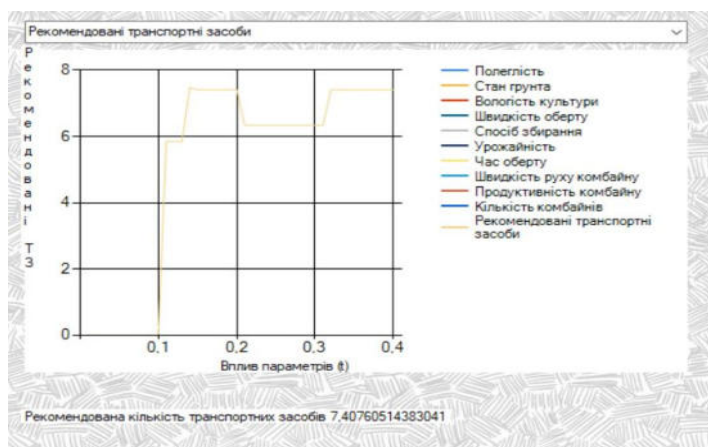


Рисунок 3.43 – Блок виведення на екран графіків за параметрами

4. Блок вибору параметрів зі списку, що випадає (рис. 3.44). Даний блок дозволяє обрати параметр, необхідний для побудови та відображення

на графіку.

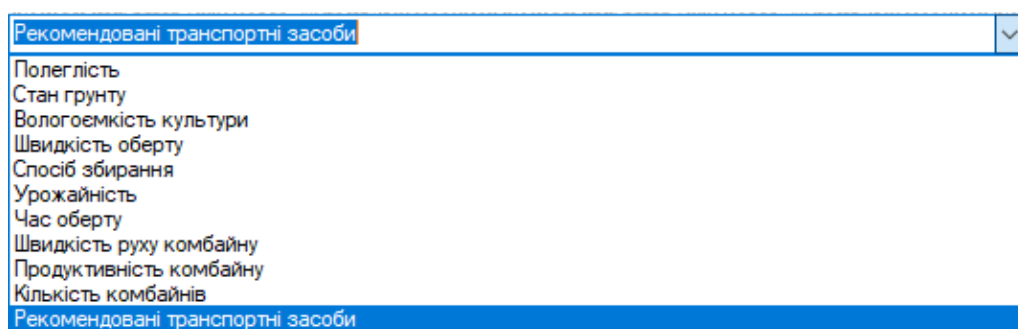


Рисунок 3.44 – Вікно з можливими параметрами для побудови графіків

Основне вікно програми слугує для виведення результатів розрахунку. Основне вікно з відображення інформації на екрані про вихідні параметри, проміжні дані та результат розрахунку у вигляді раціональної кількості транспортних засобів за робочу добу.

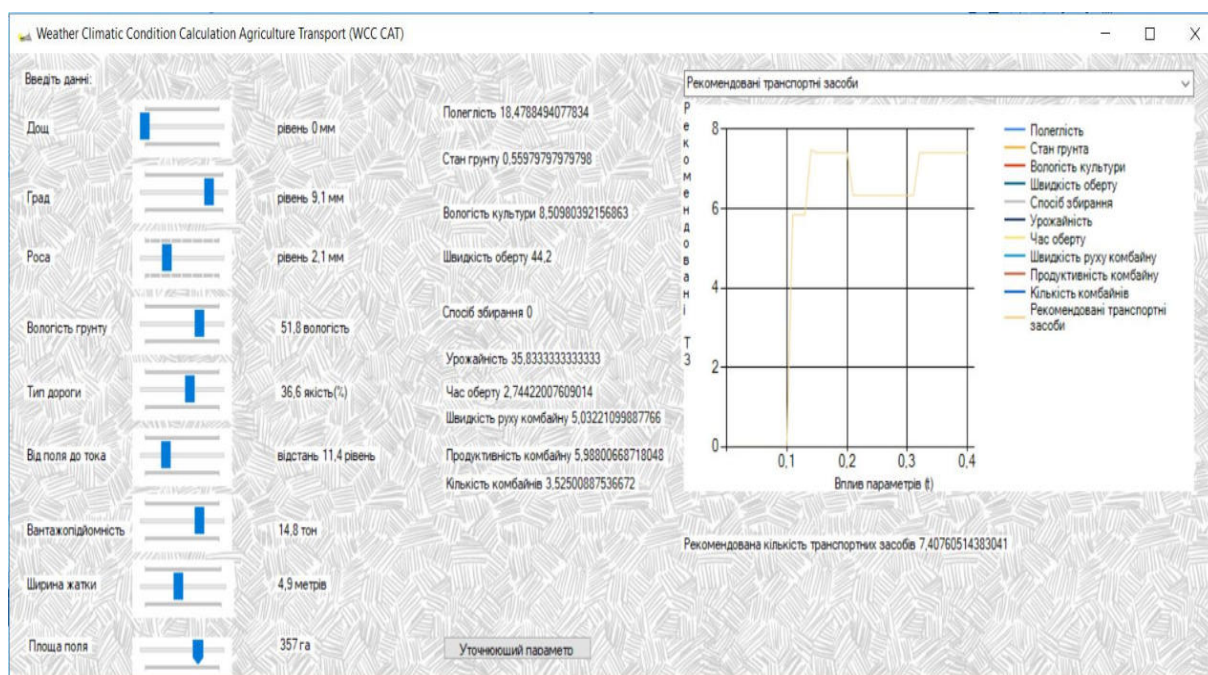


Рисунок 3.45 – Основне вікно програми

За результатами роботи отримано Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport» [176] (Додаток В).

3.5 Висновки до розділу 3

1. На основі нечіткої логіки розроблена математична модель, яка, відображає взаємозв'язок та взаємовплив погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу на її елементи: «Поле», «Культура», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль».

2. Розроблена математична модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці являє собою граф з 9 витоками (В), 5 рівнями ієрархії впливу (I, II, III, IV, V) та одним стоком (С). При цьому, в моделі в якості витоків (В) виступають входні параметри: погодно-кліматичні – дощ, град, роса; технологічні параметри – площа поля, відстань від поля до току, вантажопідйомність; технічні параметри – тип дороги, ширина жатки, відносна вологість ґрунту. Кінцевим результатом імітаційної моделі є сток (С), який представлено у вигляді параметру «Кількість транспортних засобів», що необхідно визначити.

3. Здійснено реалізацію нечітких математичних моделей за допомогою додатку Fuzzy Logic Toolbox в пакеті MATLAB, що дає можливість візуалізувати кожен з моделей окремо, зрозуміти логіку їх функціонування.

4. Розроблено імітаційну модель організації транспортного забезпечення побудованої у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink, за допомогою якої описано функціонування 10 її моделей.

5. На основі запропонованої загальної математичної моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці та алгоритмів її реалізації розроблено програмне забезпечення у вигляді комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)» для планування раціональної кількості транспортних засобів при збиранні врожаю озимої пшениці.

6. Результати досліджень даного розділу викладено у публікаціях [170, 174, 175, 176].

РОЗДІЛ 4

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

4.1 Аналіз результатів моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці

Загальна система організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці є складним комплексом, який складається з інформаційного, математичного, технічного та організаційного видів забезпечення. Розглянемо детальніше кожен з даних видів.

Інформаційне забезпечення являє собою окремі дані – погодно-кліматичні, технічні та технологічні параметри, сформовані на їх основі бази даних для організації транспортного забезпечення, які перетворюються комп'ютерною програмою та виводяться на екран у вигляді вихідної інформації.

Математичне забезпечення представляється у вигляді нечіткої імітаційної моделі, покладеної в основу програмного забезпечення для організації транспортного забезпечення, зокрема раціонального планування кількості транспортних засобів.

Технічне забезпечення – це датчики, комп'ютери за допомогою яких здійснюється реалізація зібраних даних.

Організаційне забезпечення включає в себе розпорядчі документи, які регламентують роботу системи, посадові інструкції (з розподілом обов'язків та відповідальності), навчання та підготовки кадрів, які відповідальні за роботу з програмою.

Для практичної апробації, запропонованої у дисертаційному дослідженні імітаційної моделі, яку покладено в основу комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)» для раціонального планування кількості транспортних засобів при

збиранні врожаю озимої пшениці, тестове моделювання було проведено на базі селянського (фермерського) господарства – далі СФГ «САША».

Фермерське господарство «САША» розташоване у селі Шульгинка Старобільського району Луганської області. СФГ «САША» займається вирощуванням зернових культур (озимої пшениці), бобових і насінням олійних культур. Загальна площа полів, на яких буде здійснюватися збирання врожаю озимої пшениці складає 4000 га.

СФГ «САША» володіє 5 комбайнами марки «CLAAS», своїм парком транспортних засобів фермерське господарство не володіє. На період збирання орендуються транспортні засоби КрАЗ-5401 (7 тон) у кількості 9 одиниць.

До керівного складу збиральної кампанії СФГ «САША» входять: керівник підприємства, агроном, інженер з експлуатації транспорту та інженер з транспорту.

Керівник підприємства несе повну відповідальність за затвердження управлінських рішень.

Агроном аналізує інформацію сприятливих для роботи днів збирання з точки зору погодних умов. Інженер з експлуатації транспорту відповідає та узгоджує роботу збиральної техніки – комбайнів. Інженер з транспорту несе відповідальність за погодження роботи автомобільного транспорту, який задіяно для збирання врожаю озимої пшениці.

Так, за днями збирання СФГ «САША» необхідно певна кількість транспортних засобів, яка встановлюється експертами (агрономом, інженером з експлуатації транспорту, інженером з транспорту) аналітичним шляхом, виходячи з попередніх збиральних кампаній.

Кількість транспортних засобів, яка необхідна для своєчасного вивезення врожаю озимої пшениці від комбайнів по оцінці ситуації експертами представлена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Необхідна кількість транспортних засобів за експертними даними

Необхідна кількість транспортних засобів за даними фахівців	Дні збирання											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	9	8	8	8	9	8	8	8	8	9	8	8

При цьому агрономом було закладено вплив погодних умов, виходячи з попередньо отриманого прогнозу засобами мережі Internet. Тобто на весь час збирання в обсязі 12 календарних днів очікувалася сприятлива погодно-кліматична ситуація.

Вхідні параметри імітаційної моделі комп'ютерної програми WCC CAT наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вхідні параметри імітаційної моделі комп'ютерної програми WCC CAT

Параметри	Дні збирання											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дош, мм	10	10	0	0	10	10	0	0	10	10	0	10
Град, мм	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
Роса, год.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Відносна вологість ґрунту, %	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Ширина жатки, м	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Тип дороги (степові)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Відстань від поля до току, км	20	6	6	6	20	6	6	6	20	6	6	6
Вантажопідйомність, т	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Площа поля, га	400	310	310	310	400	310	310	310	400	310	310	320

Із застосуванням комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)», яка дозволяє враховувати вплив погодно-кліматичних параметрів, отримана наступна кількість транспортних засобів в розрізі днів (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Необхідна кількість транспортних засобів за комп'ютерною програмою «WCC SAT»

Необхідна кількість транспортних засобів за комп'ютерною програмою «WCC SAT»	Дні збирання											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	8	7	8	8	8	7	8	8	7	8	8	7

При цьому при введенні до програми у якості вихідних параметрів враховувалися ситуації за днями роботи, коли, наприклад, будуть мати місце опади у вигляді дощу та граду.

Для порівняльного аналізу кількості транспортних засобів, отриманих за допомогою експертних даних та за допомогою комп'ютерної програми «WCC SAT» зведемо їх у загальну таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Дані для порівняльного аналізу кількості транспортних засобів

Дані фахівців	Дні збирання											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	9	8	8	8	9	8	8	8	8	9	8	8
Дані «WCC SAT»	8	7	8	8	8	7	8	8	7	8	8	7
Різниця між даними	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1

Комірки за днями «3», «4», «7», «8», «11» характеризуються сприятливими погодними умовами, тобто вплив погодно-кліматичних параметрів в ці дні не відбувається.

Структурно-логічну схему ситуації за днями збирання «3», «4», «7», «8», «11» при відсутності впливу параметрів «Дощ» та «Град» представлено на рис. 4.1.

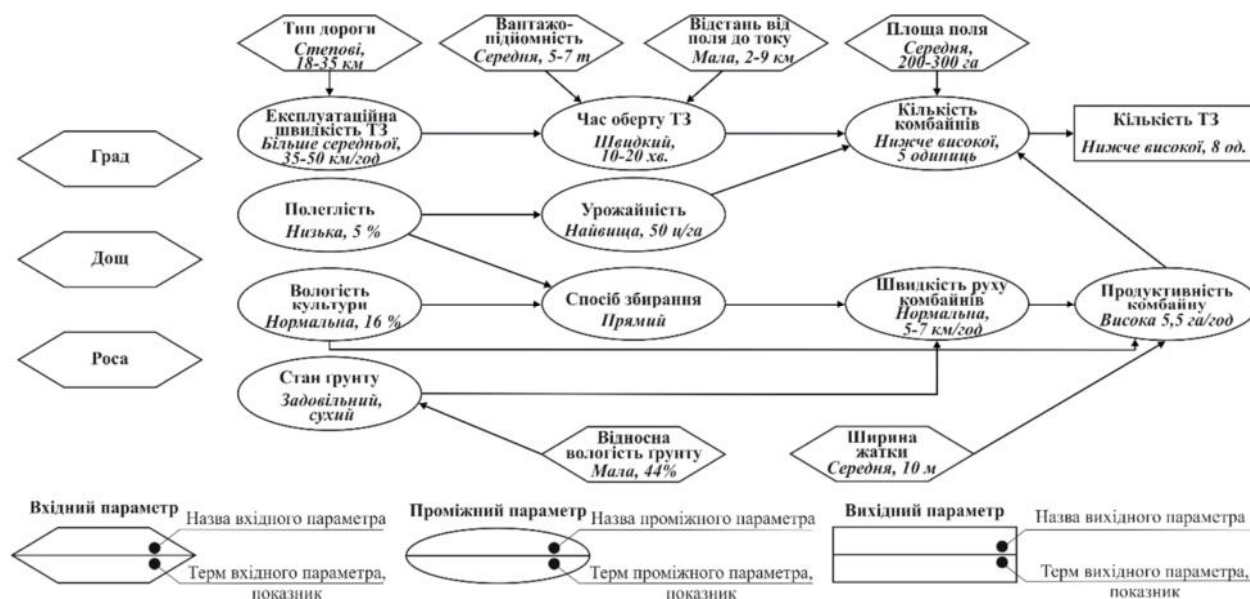


Рисунок 4.1 – Структурно-логічна схема ситуації за днями збирання «3», «4», «7», «8», «11» при відсутності впливу параметрів «Дощ» та «Град»

Комірки за днями «1», «2», «5», «6», «9», «10» та «12», які виділено сірим кольором (табл. 4.4) характеризуються впливом погодних умов – дощу, граду. Так, дні збирання «1», «2», «5», «6», «9» характеризувалися впливом дощу (рис. 4.2).

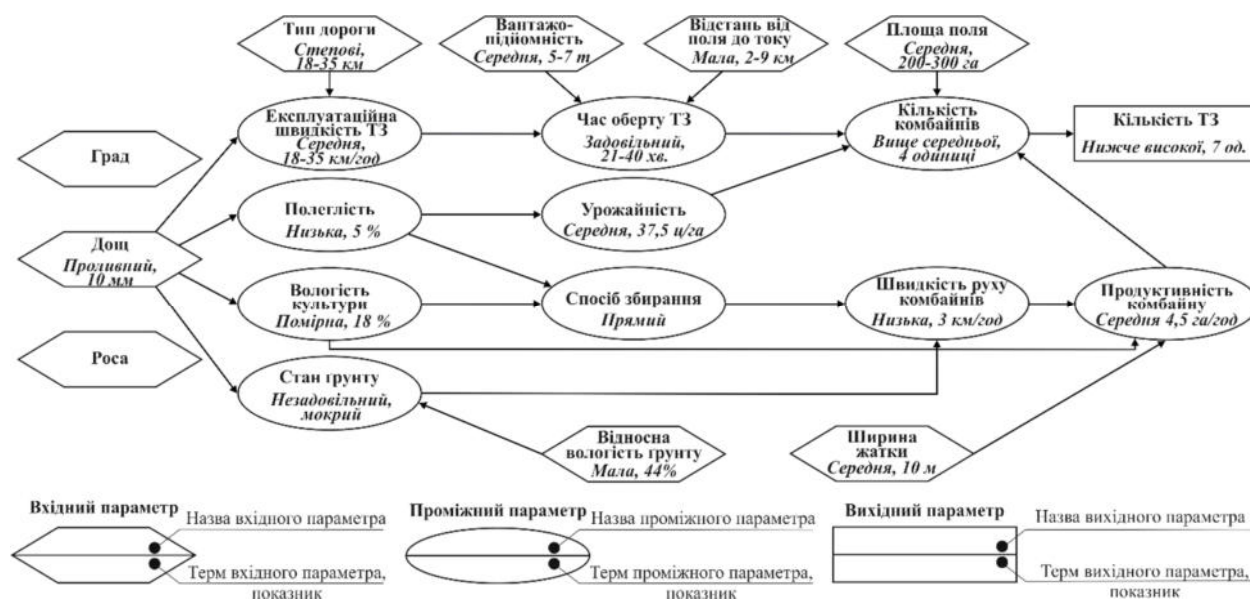


Рисунок 4.2 – Структурно-логічна схема ситуації за днями збирання «1», «2», «5», «6», «9» при врахуванні впливу параметру «Дощ»

Комірки за днями «9» та «12» характеризуються спільним впливом погодно-кліматичних умов – дощу та граду.

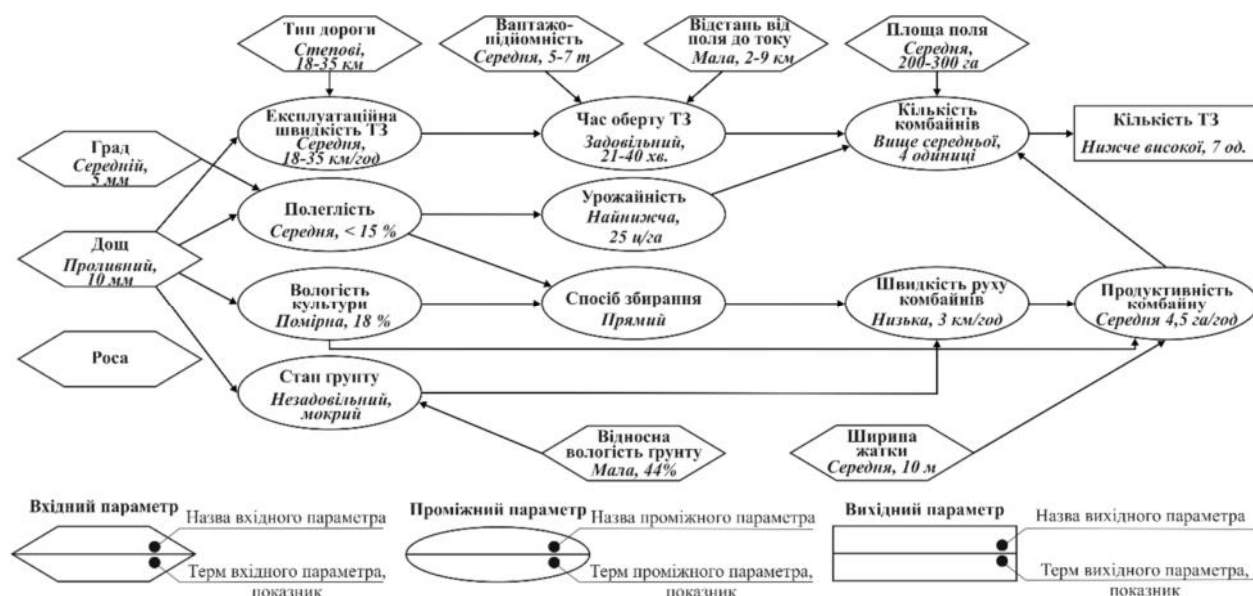


Рисунок 4.3 – Структурно-логічна схема ситуації за днями збирання «10», «12» при врахуванні впливу параметру «Дощ» та «Град»

Підсумкові розрахунки раціонального планування кількості транспортних засобів для збирання врожаю озимої пшениці представимо у вигляді графіку (рис. 4.4).

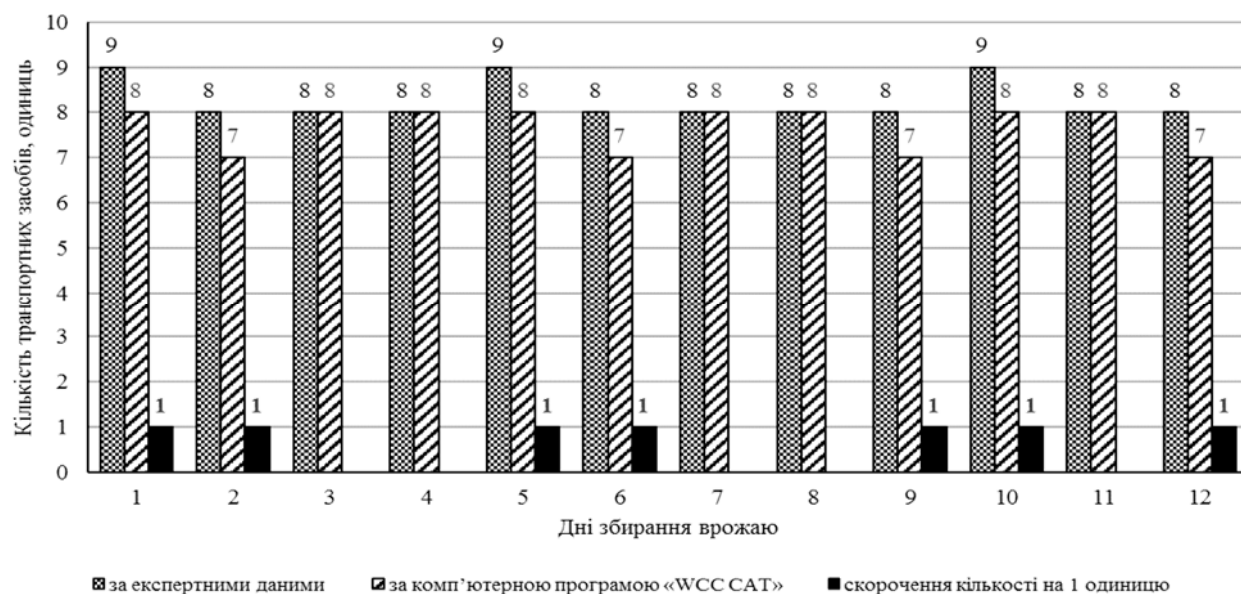


Рисунок 4.4 – Підсумкові розрахунки раціонального планування кількості транспортних засобів для збирання врожаю озимої пшениці

Аналізуючи рисунок 4.4 можна побачити, що із застосуванням запропонованого підходу відбулося скорочення транспортних засобів за днями збирання. Так у «1», «2», «5», «6», «9» «10» та «12» кількість транспортних засобів скоротилася на одну одиницю. Це дало змогу замість 9 запланованих транспортних засобів раціоналізувати кількість до 8, що скоротило загальну планову потребу на 1 одиницю.

Впровадження та подальше застосування комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)» надає можливість раціонального планування кількості необхідних транспортних засобів з врахуванням впливу погодно-кліматичних параметрів.

На основі проведених досліджень розроблено методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу, яка враховує вплив погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів і дозволяє визначити необхідну кількість транспортних засобів на період жнив. Зазначену методику впроваджено на у селянському (фермерському) господарстві «САША» (Додаток В).

4.2 Перевірка адекватності розробленої математичної моделі транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці

На практиці для оцінки адекватності моделей застосовуються різноманітні критерії погодженості Колмагорова, Пірсона, Романовського, Стьюдента, Фішера. Встановлення адекватності є процесом визначення помилки апроксимації експериментальних даних [177].

Для підсумкової перевірки адекватності математичної моделі скористаємося критерієм Фішера (F -test), який дозволяє порівнювати величини вибірових дисперсій двох незалежних вибірок. Для обчислення $F_{\text{ЕМП}}$ потрібно знайти відношення дисперсій двох вибірок, причому так, щоб більша за величиною дисперсія знаходилась би в чисельнику, а менша – в знаменнику. Згідно з [178] формула обчислення критерію Фішера наступна:

$$F_{\text{ЕМП}} = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (4.1)$$

де σ_x^2, σ_y^2 – дисперсії першої і другої вибірки відповідно.

Так як, згідно з умовою критерію, величина чисельника повинна бути більше або дорівнювати величині знаменника, то значення $F_{\text{ЕМП}}$ завжди буде більше або дорівнюватиме одиниці.

Число ступенів свободи, k для першої вибірки (тобто для тієї вибірки, величина дисперсії якої більше) та для другої вибірки буде визначатися відповідно, як:

$$k_1 = n_1 - 1,$$

$$k_2 = n_2 - 1,$$

де n_1, n_2 – кількість ступенів відповідно для першої та другої вибірок.

Критичні значення критерію Фішера знаходяться за таблицею значень критерію Фішера (k_1 – верхній рядок таблиці) і (k_2 – лівий стовпчик таблиці).

При цьому, в якості нульової гіпотези H_0 буде слугувати адекватність побудованої нечіткої імітаційної моделі, а в якості альтернативної гіпотези H_1 – неадекватність цієї моделі. Таким чином, при виконанні умови $F_{\text{розн.}} > F_{\text{табл.}}$ приймається нульова гіпотеза, в іншому випадку, навпаки, альтернативна.

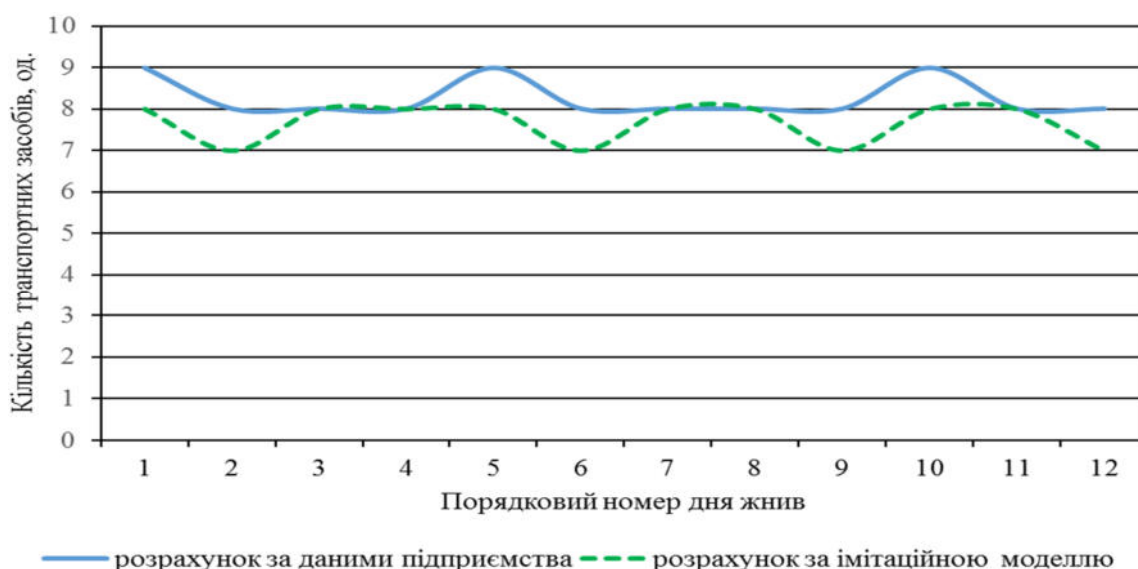


Рисунок 4.5 – Графік кривих для перевірки нечіткої імітаційної моделі на адекватність

На рис. 4.5 наведено криві, які було побудовано за розрахунковими даними підприємства та за розрахунками, отриманими за допомогою математичної моделі відповідно.

Вихідні дані для перевірки математичної моделі на адекватність наведено таблиці 4.5.

$F_{\text{розн.}}$ знайдемо по формулі:

$$F_{\text{розн.}} = \frac{\sum (y_{i \text{ розр.}} - y_{\text{сер. розр.}})^2}{m} \cdot \frac{n - m - 1}{\sum (y_i - y_{i \text{ розр.}})^2} \quad (4.2)$$

де m – кількість факторів впливу;

n – кількість днів жнив;

Таблиця 4.5 – Вихідні дані для перевірки математичної моделі на адекватність

Порядковий номер дня жнив, n	Розрахунок за даними підприємства, y_i	Розрахунок за імітаційною моделлю, $y_{i \text{ розр.}}$	$\sum (y_{i \text{ розр.}} - y_{\text{сер. розр.}})^2$	$\sum (y_i - y_{i \text{ розр.}})^2$
1	9	8	0,11	1
2	8	7	0,44	1
3	8	8	0,11	0
4	8	8	0,11	0
5	9	8	0,11	1
6	8	7	0,44	1
7	8	8	0,11	0
8	8	8	0,11	0
9	8	7	0,44	1
10	9	8	0,11	1
11	8	8	0,11	0
12	8	7	0,44	1
Середнє значення	8	Сума		
			2,67	7
			$F_{\text{розн.}}$	3,8095
			$F_{\text{табл.}}$	2,201

Таким чином, при розрахунку F -критерія за експериментальними даними $F_{\text{розн.}}$ і порівнянні його значення з табличним значенням $F_{\text{табл.}}$ при

заданій довірчій вірогідності, $\alpha = 95\%$ і числі ступенів свободи у вибірках, яке дорівнює $k = 11$ встановлено, що розрахунковий критерій Фішера, $F_{\text{розр.}} > F_{\text{табл.}}$, тобто $3,8095 > 2,201$, нульову гіпотезу H_0 підтверджено, побудована математична модель є адекватною.

4.3 Економічне обґрунтування запропонованих рішень

Під час збирання врожаю сільськогосподарським підприємствам необхідно врахувати велику кількість факторів, що впливають на його вчасне збирання. В цілому, необхідно скоротити витрати на організацію транспортного процесу. Так, за критерій ефективності у роботі прийнято мінімальні витрати на організацію транспортного процесу:

$$\begin{cases} C(n_a) \rightarrow \min; \\ T_{\text{збир.}} \leq 12 \text{ днів.} \end{cases} \quad (4.3)$$

де C – витрати на раціональну організацію транспортних засобів, гривень;

n_a – кількість транспортних засобів, одиниць;

$T_{\text{збир}}$ – загальний час збирання, днів.

Розрахуємо економічний ефект від вдосконалення системи раціональної організації транспортного процесу, яка має на меті зниження витрат на транспортування у ланцюжку «поле-тік».

При розробці системи раціональної організації транспортного процесу на підприємстві СФГ «САША» Луганської області було орендовано транспортні засоби, що здійснювали внутрішні перевезення озимої пшениці в кількості 9 автомобілів КраЗ-5401 (7 тон).

Таким чином, запропоновано визначити економічний ефект як різницю між фактичними витратами (витрати за експертними даними) та можливими витратами (витрати за імітаційною моделлю).

Розрахунок економічного ефекту здійснимо за формулою:

$$E_{\text{сез}} = E_{\text{ед}} - E_{\text{ім}} \quad (4.4)$$

де $E_{ед}$ та $E_{ім}$ – витрати відповідно за експертними даними та даними за імітаційною моделлю, тис. грн./ рік.

Результати розрахунку економічного ефекту занесемо в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Економічний ефект від вдосконалення системи раціональної організації транспортного процесу на підприємстві СФГ «САША»

№	Найменування показника	Роки		
		2016	2017	2018
1	Вартість оренди одного автомобіля КрАЗ-5401 на період збирання, тис. грн.	60,8	64,8	66
2	Кількість автомобілів за експертними даними	9	9	9
3	Пропонується задіяти автомобілів згідно з імітаційною моделлю	8	8	8
4	Витрати за експертними даними, $E_{ед}$, тис. грн.	223,2	292,8	328,46
5	Витрати за даними імітаційної моделі, $E_{ім}$, тис. грн.	198,4	260,2	291,96
6	Показники економічного ефекту за сезонами збирання, тис. грн.	24,8	32,6	36,5

Показники економічного ефекту за роками (сезонами збирання) 2016-2018 рр. проілюструємо на рис. 4.6.

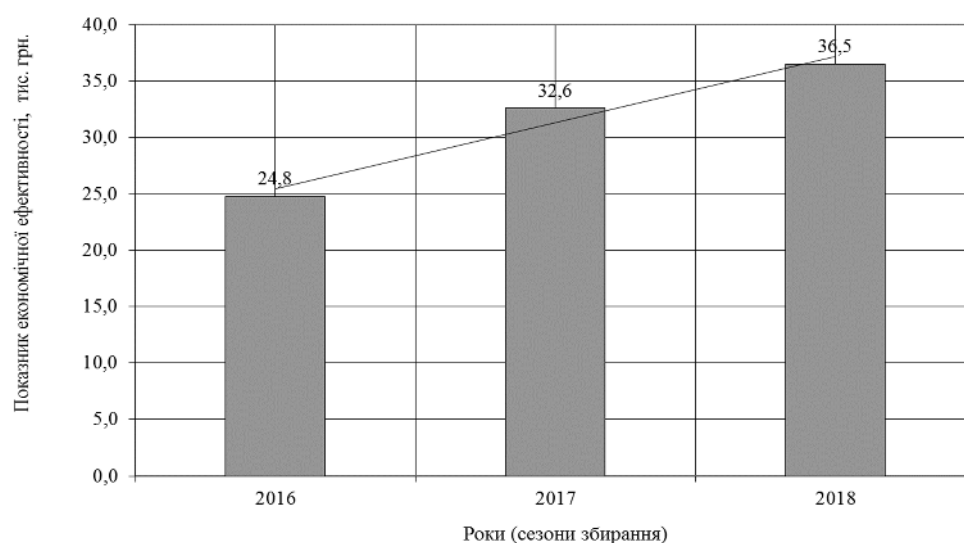


Рисунок 4.6 – Показники економічного ефекту за сезонами збирання 2016-2018 рр.

Продовження таблиці 4.7

5	Інсталяція програми							Відділ логістики
6	Тестування програми							Агроном, відділ логістики, відділ з експлуатації
7	Введення в експлуатацію							Відділ логістики, відділ експлуатації
8	Удосконалення роботи програмного забезпечення відносно умов господарювання підприємства							Агроном, інженер з транспорту, інженер з експлуатації, відділ логістики

Застосування системи автоматизованої обробки експериментальної інформації на базі комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)» при організації транспортного процесу під час збирання врожаю передбачає моніторинг факторів зовнішнього середовища, зокрема погодно-кліматичних.

З метою отримання достовірних даних про погодні умови для раціонального планування транспортного процесу при збиранні врожаю з мінімальними витратами рекомендується застосування локальних метеорологічних станцій (ЛМС).

Так, згідно з рис. 4.7 інформація, отримана за допомогою ЛМС аналізується агрономом, який, передає її до керівника підприємства. В свою чергу, керівник підприємства передає інформацію інженеру з транспорту та інженеру з експлуатації, між якими відбувається тісна взаємодія при прийнятті управлінських рішень. Інженер з транспорту надає інформацію до відділу логістики, якому підпорядковуються водії транспортних засобів. Інженер з експлуатації надає інформацію до відділу експлуатації, якому підпорядковані механізatori та комбайнери.

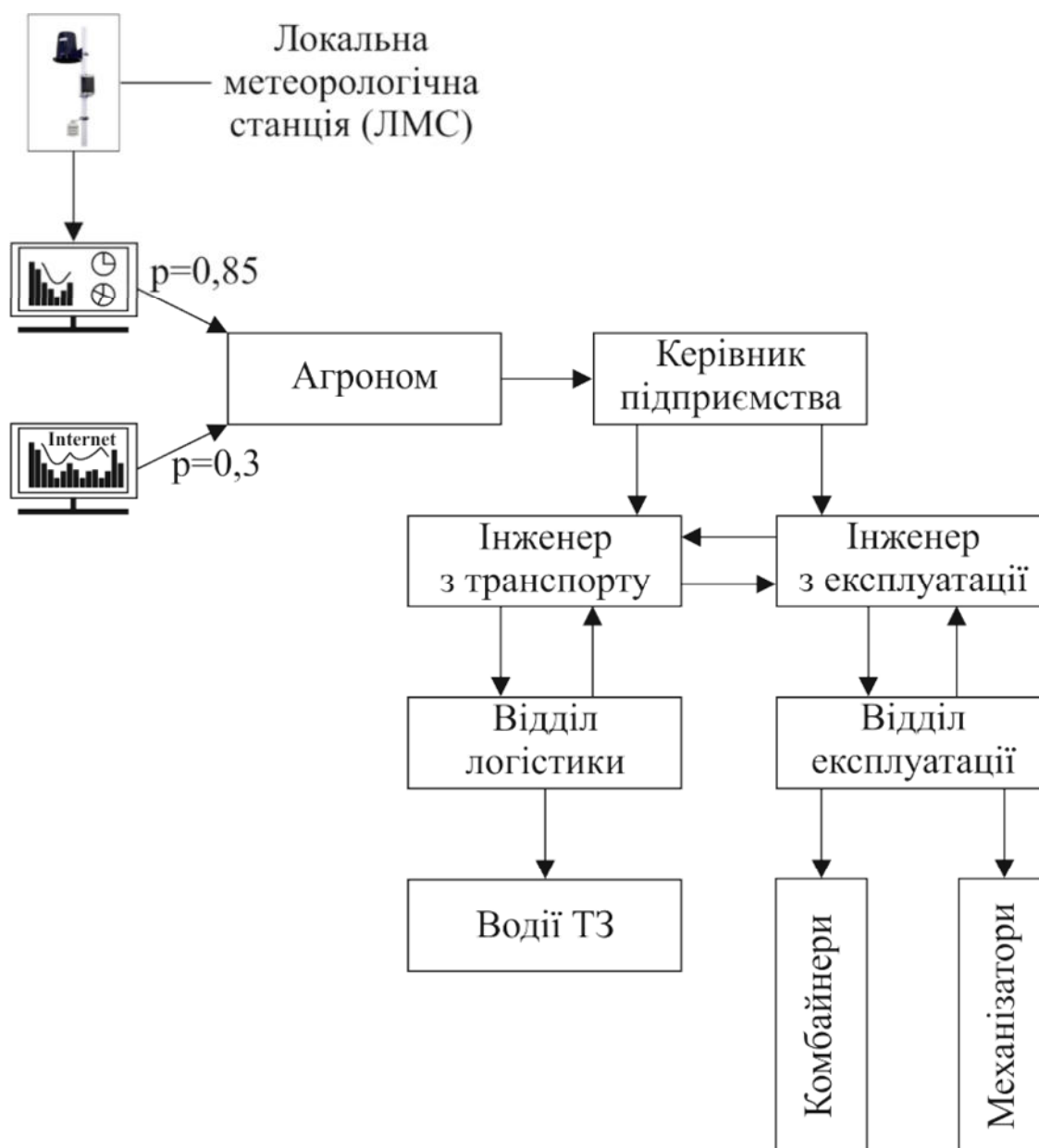


Рисунок 4.7 – Використання інформації про погодні умови учасниками збирання врожаю

ЛМС врахуванням погодних умов при організації транспортного процесу збирання врожаю надає переваги, які представлені на рис. 4.8.

- більш ретельного планування транспортних засобів;
- зниження витрат сільськогосподарського підприємства через замовлення надлишкової техніки під час збиральної кампанії пшениці;

- дозволить підприємствам ефективно маневрувати наявними транспортними засобами, що дасть можливість надавати надлишкову техніку в оренду (автомобілі, трактори, комбайни);
- економія паливо-мастильних матеріалів [179-180].



Рисунок 4.8 – Переваги використання локальних сільськогосподарських метеостанцій для раціональної організації транспортного процесу

У таблиці 4.8 представлено план і розрахунок витрат на впровадження системи автоматизованої обробки експериментальної інформації на базі комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)», яке дозволить досягти запланованого ефекту.

Таблиця 4.8 – Витрати на впровадження системи автоматизованої обробки експериментальної інформації на базі комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)»

№ блоку	№	Найменування заходу	Витрати, тис. грн./рік
Блок 1. Впровадження програмного забезпечення	1	Аналіз вимог до системи	7,0
	2	Купівля ліцензії і устаткування (4 робочих місця)	54,0
	3	Підготовка устаткування	1,554
	4	Інсталяція програми	0,554
	5	Тестування програми	2,0
	6	Введення в експлуатацію, удосконалення роботи програмного забезпечення відносно умов господарювання підприємства	10,0
Блок 2 Моніторинг вхідної інформації.	7	Абонентська плата за користування локальними метеорологічними станціями (ЛМС) на період збирання	17,0
	8	Моніторинг та збір вхідної інформації	13,5
Разом, тис. грн./ рік			105,6

Таким чином, економічна ефективність, $E_{\text{ЕФР}}$ від розробленої системи організації раціонального планування транспортного процесу розраховується як відношення планованого сезонного економічного ефекту до річних витрат:

$$E_{\text{ЕФР}} = \frac{E_{\text{сез}}}{C_{\text{річ}}}, \quad (4.5)$$

де $E_{\text{ЕФР}}$ – економічна ефективність;

$C_{\text{річ}}$ – витрати на впровадження системи, тис. грн.

$$E_{\text{ЕФР} 2018} = \frac{36,5}{105,6} = 0,34.$$

Однак як що буде врахована економія за 3 роки цей показник буде значно вищим та дорівнюватиме:

$$E_{\text{ЕФР 2016-2018}} = \frac{93,9}{105,6} = 0,88.$$

Період окупності (T_o) є одним з найбільш поширених показників оцінки ефективності інвестицій. Інвестування в умовах ринку зв'язане зі значним ризиком і цей ризик тим більше, чим довше термін окупності вкладень. Період окупності розраховується за наступною формулою:

$$T_o = \frac{I_{\text{пн}}}{D_{\text{річ}}} \quad (4.6)$$

де T_o – період окупності, сезон збирання;

$I_{\text{пн}}$ – первинні інвестиції в інновації, тис. грн.;

$D_{\text{річ}}$ – сумарні грошові доходи за період, що досліджується, тис. грн.

$$T_o = \frac{105,6}{93,9} = 1,12.$$

Згідно з розрахунками період окупності буде складати 1,12 року – приблизно 13 місяців, що говорить про високу економічну ефективність запропонованої до впровадження програми заходів.

4.4 Висновки до розділу 4

1. На основі застосування математичної моделі проведено моделювання та отримана необхідна кількість автомобілів, які забезпечують транспортний процес при збиранні врожаю озимої пшениці в СФГ «САША». При цьому аналіз результатів показав: погодно-кліматичні умови чинять суттєвий вплив на організацію транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці; врахування впливу параметрів погодно-кліматичних умов дозволяє отримати раціональну кількість транспортних засобів, за рахунок чого скоротити загальну планову потребу в автомобілях на одну одиницю, тобто замість 9

використовувати 8 автомобілів, не порушуючи при цьому терміни збирання врожаю.

2. Адекватність розробленої математичної моделі підтверджена на основі критерія Фішера. За результатами розрахунку F -критерія встановлено, що при заданій довірчій вірогідності, $\alpha = 95\%$ і числі ступенів свободи у вибірках, яке дорівнює $k = 11$ розрахований критерій Фішера, $F_{\text{розн.}} > F_{\text{табл.}}$, тобто $3,8095 > 2,201$, що підтверджує гіпотезу про адекватність побудованої математичної моделі транспортного забезпечення.

3. На основі проведених досліджень розроблено методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу, яка враховує вплив погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів і дозволяє визначити необхідну кількість транспортних засобів на період жнив. При цьому застосування системи автоматизованої обробки експериментальної інформації на базі комп'ютерної програми «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC SAT)» при організації транспортного процесу під час збирання врожаю передбачає моніторинг факторів зовнішнього середовища із застосуванням локальних метеорологічних станцій (ЛМС).

4. Економічний ефект від впровадження програми реалізації нечіткої імітаційної моделі організації транспортного процесу при збиранні врожаю озимої пшениці на прикладі СФГ «САША» склав у 2016 р. – 24,8 тис. грн.; у 2017 р. – 32,6 тис. грн.; у 2018 р. – 36,5 тис. грн. Показник економічної ефективності від розробленої системи організації раціонального планування транспортного за 2018 рік склав $E_{\text{ЕФР } 2018} = 0,34$, період окупності вкладених інвестицій складає 1,12 року – приблизно 13 місяців.

5. Результати досліджень даного розділу викладено у публікаціях [179, 180].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу.

Проведені теоретичні та числові експериментальні дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. На основі проведеного аналізу методів організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці встановлено, що існуючі аналітично-статистичні та статистично-імітаційні моделі транспортного забезпечення не враховують погодно-кліматичні умови та вирішують питання функціонування збирально-транспортного комплексу в детермінованій постановці. Проведена експертна оцінка вагомості параметрів погодно-кліматичних умов при збиранні врожаю озимої пшениці підтвердила значущість їхнього впливу при визначенні раціональної кількості транспортних засобів, погодженість показників за коефіцієнтом варіації знаходиться в межах від 21 % до 30 %.

2. Проведено структурну та параметричну ідентифікацію транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу. Запропоновано структуру системи функціонування збирально-транспортного комплексу, яка враховує погодно-кліматичні, технічні, технологічні параметри та складається із 7 елементів: «Погодно-кліматичні умови», «Поле», «Культура», «Спосіб збирання», «Комбайн», «Дорога», «Автомобіль». Доведено, що параметри погодно-кліматичних умов «Дощ», «Роса» та «Град» чинять найсуттєвіший вплив на транспортне забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, їхні розрахункові коефіцієнти впливу відповідно складають 0,31; 0,22; 0,15. Розроблено програмне забезпечення у вигляді комп'ютерної програми «Weight Assignment Modeling Transport Process» для теоретичного обґрунтування за силою впливу незалежних параметрів на транспортне забезпечення під час збирання врожаю озимої пшениці.

3. Розроблено математичну модель транспортного забезпечення, яка являє собою граф з 9 витокми, 5 рівнями ієрархії впливу та одним стоком. Ця модель, на відміну від існуючих, дозволяє формалізувати зв'язок погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу.

4. Розроблено метод імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу. Основу методу складають схема побудови системи функціонування транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу, математична модель транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці, методика визначення раціональної кількості транспортних засобів при збиранні врожаю озимої пшениці. Особливістю методу є врахування погодно-кліматичних, технічних і технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу.

5. Розроблено методику визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу. Результати порівняльного аналізу моделювання доводять адекватність розробленої імітаційної моделі та підтверджують ефективність її реалізації. Економічний ефект від впровадження програми реалізації імітаційного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на прикладі СФГ «САША» склав у 2016 р. – 24,8 тис. грн.; у 2017 р. – 32,6 тис. грн.; у 2018 р. – 36,5 тис. грн., що досягається за рахунок зменшення кількості транспортних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Украина: как можно решить проблемы с транспортировкой урожая. [Електронний ресурс]. Взято з http://www.ukr.net/news/ukraina_kak_mozhno_reshit_problemy_s_transportirovk_oj_urozhaja-23377290-1.html.
2. Васильєва Н. К. Математичне моделювання та інформаційні технології в аграрному секторі економіки. Дніпропетровськ: Біла К. О., 2016. 203 с.
3. Колодійчук В. А. Ефективність логістики зерна та продуктів його переробки: монографія. Львів: Український бестселер, 2015. 574 с.
4. Курносов А. П., Улезько А. В., Кулев С. А., Черных А. Н., Ломакин С. В., Казанцев А. А. Оптимизация состава грузового автомобильного транспорта и его использование в сельскохозяйственных предприятиях: монография. Воронеж: ФГОУ ВПО Воронеж. ГАУ, 2009. 218 с.
5. Мазнєв Г. Є., Калініченко С. М., Щербакова І.С., Грідін О. В. Організація виробництва: навч. посіб. (2-ге вид., випр. і доп.). Харків: Майдан, 2013. 604 с.
6. Перебийніс В. І., Болдирєва Л. М., Перебийніс О. В. Транспортний менеджмент і транспортний маркетинг виробничо-комерційної діяльності: монографія. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2009. 201 с.
7. Рудь А. В., Бендера І. М., Войтюк Д. Г., Кравченко С. М., Мошенко І. О., Червінський Л. С., ...Іщенко В. В.. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. У 2 т. Т 2. К.: Агроосвіта, 2012. 434 с.
8. МТС: нові шляхи ефективного використання техніки. *Фермер України*. 2011. № 9–10 (258–259). С. 4.
9. Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року: затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 19 верес.

2007 р. № 1158. [Електронний ресурс]. Взято з <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1158-2007-п>.

10. Тимочко В. О. Причинно-наслідкові зв'язки моделі портфеля замовлень централізованого збирання зернових культур. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2010. № 1/2 (43). С. 51-53.

11. Саблук П.Т., Могилова М. М. Ціновий паритет в АПК як економічна основа техніко-технологічного переоснащення сільськогосподарського виробництва. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2014. Вип. 18 (32), кн. 1. С.29-38.

12. Концепція Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року: розпорядження Кабінета Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1437-р. [Електронний ресурс]. Взято з <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1437-2015-п>.

13. Кучерова Я. Логистика сезона-2014: новый уровень эффективности [Електронний ресурс]. Взято з <http://www.zerno-ua.com/?p=15045>.

14. Медведєв Є. П. Щодо проблем транспортного обслуговування агропромислового комплексу. Логістичне управління та безпека руху на транспорті : зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2015. С. 141.

15. В областях працюють 56 тисяч комбайнів. [Електронний ресурс]. Взято з <http://a7d.com.ua/novini/12489-v-oblastyah-pracyuyut-56-tisyach-kombaynv-dlya-zboru-zerna.html#sel=3:7,3:10>.

16. Офіційний сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України. [Електронний ресурс]. Взято з <http://minagro.gov.ua>.

17. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання сучасного стану транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: зб. наук. праць X міжнар. наук.-практ. конф. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 208-210.

18. Медведєв Є. П. Сучасний стан та перспективи розвитку транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. К.: ДУІТ, 2018. Вип. 31. С. 236-244.

19. Даниленко А. С., Карпенко А. М. Проблеми матеріально-технічного забезпечення виробництва продукції в сільськогосподарських підприємствах. *Економіка та управління АПК*. 2014. № 1. С. 71–76.

20. Черенков А. В. Шевченко М. С., Рибка В. С., Компанієць В. О., Кулик А. О., Ковтун О. В. Резерви зернового поля Придніпров'я. [Електронний ресурс].
Взято 3

https://issuu.com/grainstorageandprocessing/docs/hipz_full_5_2017.

21. Чому Україна щорічно втрачає близько 7 млн. тонн зерна? [Електронний ресурс]. Взято з <http://a7d.com.ua/novini/36666-chomu-ukrayina-schorchno-vtrachaye-na-zhnivah-blizko-7-mln-tonn-zerna.html>.

22. Лайко П. А., Бузовський Є. А., Скрипниченко В. А. Інноваційно-технічне переоснащення сільськогосподарського виробництва. *Аграрний інформаційний науково-виробничий журнал*. 2009. № 5. 8. С. 9-12.

23. Беглиця В. П. Транспортний сервіс: сутність, складові, основні завдання та значення його ефективного розвитку. *Наукові праці Миколаївської філії національного університету "Києво-Могилянська Академія"*. 2002. Том 6, № 6. С. 125-130.

24. На Сватівщині відбувся семінар для аграріїв області: новини. «Голос Громади». 2017. 13 лип. Взято 3
http://svatovo.ws/news/golgrom/14705_na_svativschini_vidbuvsya_seminar_dlya_agrariyiv_oblasti.html].

25. Луганщина собрала самый большой за последние 10 лет урожай зерновых. *Вісті Луганщини*. 2017. 9 серпня. С.3.

26. Аграрії Луганщини зібрали 1 млн 126 тис. тонн ранніх зернових культур: прес-центр Марківської район. держ. адмін. Луганськ. обл.. 2017. 31 серп.
Взято 3

[\[http://mar.loga.gov.ua/oda/press/news/agrariyi_luganshchini_zibrali_1 mln_126 tis_tonn_rannih_zernovih_kultur_0\]](http://mar.loga.gov.ua/oda/press/news/agrariyi_luganshchini_zibrali_1 mln_126 tis_tonn_rannih_zernovih_kultur_0).

27. Национальная академия аграрных наук Украины, ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского», Департамент агропромышленного развития Луганской ОГА, Центр научного обеспечения АПП Луганской области. Рекомендации по уборке урожая ранних зерновых культур в агроформированиях Луганской области в условиях 2015 года. Северодонецк, 2015. 16 с.

28. Державна служба статистики України, Головне управління статистики у Луганській області. Луганщина у цифрах. 2016: [зб.]. 2017. 14 с.. Взято з http://www.lg.ukrstat.gov.ua/prezentacii/Infog_Lug_C.pdf.

29. Луганська обласна державна адміністрація, Обласна військово-цивільна адміністрація, Департамент економічного розвитку, торгівлі та туризму облдержадміністрації. Паспорт Луганської області: розвиток в динаміці. 2016. Северодонецьк, 2017. 39 с. Взято з http://loga.gov.ua/sites/default/files/pasport_oblasti_2016_posledniy_1.pdf.

30. Шелкопляс Т. Без хліба перемоги не буває. Важкий прикордонний ужинок. *Агропрофі*. 2017. 21 жовт. Взято з <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1545-bez-khliba-peremogi-ne-buvae-vazhkij-prikordonnij-uzhinok>.

31. Луганська обласна державна адміністрація, Обласна військово-цивільна адміністрація, Департамент економічного розвитку, торгівлі та туризму облдержадміністрації. Паспорт Луганської області: розвиток в динаміці. Северодонецьк, 2016. 38 с. Взято з http://loga.gov.ua/sites/default/files/pasport_oblasti_2016.pdf.

32. Аграрії Луганщини зібрали 1 млн 126 тис. тонн ранніх зернових культур. 2017. 31 серп. Взято з http://mar.loga.gov.ua/oda/press/news/agrariyi_luganshchini_zibrali_1 mln_126 tis_tonn_rannih_zernovih_kultur_0

33. Про підсумки збирання ранніх зернових та зернобобових культур врожаю 2017 року та сівбу озимих культур під врожай 2018 року в агроформуваннях та фермерських господарствах Новоайдарського району: прес-центр Марківської район. держ. адмін. Луганськ. обл. 2017. 25 верес.

Взято

3

http://ndar.loga.gov.ua/oda/press/news/pro_pidsumki_zbirannya_rannih_zernovih_ta_zernobobovih_kultur_vrozhayu_2017_roku_ta

34. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Дишлевий В. А. Роль сівозмін у зменшенні негативної дії погодних умов на формування врожайності сільськогосподарських культур. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. К.: ВД «ЕКМО», 2008. Спец. вип. С. 78 – 87.

35. Саблук П. Т., Мазоренко Д. І., Мазнев Г. Є. Технології та нормативи витрат на вирощування кормових і зернофуражних культур. К.: ННЦ ІАЕ, 2009. 756 с.

36. Примак І. Д., Козак Л. А., Примак О. І., Голуб Б. Л., Демидась Г. І. Введення до спеціальності: навч. посіб. К.: Центр учбової л-ри, 2009. 392 с.

37. Музильов Д. О., Стебаков О. Є. Основні проблеми вибору раціональної транспортно-технологічної схеми перевезення зернових культур. *Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання»*. Кіровоград: КНТУ, 2014. С. 241.

38. Глухова І. Ю. Транспортна агрологістика – один з напрямів інноваційного управління на сільськогосподарських підприємствах. *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності*: зб. наук. праць ПДТУ. У 3 т. Маріуполь, 2011. Т. 1. С. 167 – 172.

39. Правдина Н. В. Транспортное обеспечение коммерческой деятельности: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 89 с.

40. Рижмань Д. І., Криворучко І. М., Віннічук Г. Я., Пилявець М. Т. Економіка підприємства: навч. посіб. Вінниця, 2010. 581 с.

41. Стельмашук А. М. Раціональне транспортне обслуговування сільськогосподарських підприємств. *Інноваційна економіка*. 2015. № 1. С. 47-54.

42. Батіг А. І. Бензелюк О. С., Віннічук Г. Я. Планування та організація діяльності аграрного підприємства: посібник. К.: Аграрна освіта, 2003. 425 с.

43. Медведєв Є. П. Факторний аналіз організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових культур в Україні. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. К.: НТУ, 2016. Вип. 18. С. 86-93.

44. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання визначення транспортного забезпечення збирального комплексу. LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету: тези доп. К.: НТУ, 2017. С. 264.

45. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Теоретичні аспекти визначення транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Сєверодонецьк, 2017. №3 (233). С. 111-115.

46. Медведєв Е. П. Особенности организации и планирования транспортного обеспечения при уборке урожая. Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения : сб. науч. ст. по материалам междунар. науч. конф. молодых ученых. Гродно: ГрГУим. Я. Купалы, 2017. С. 206-209.

47. Лебедев А. Т. Оценка технических средств при их выборе: монография. Ставрополь: АГРУС, 2011. 120 с.

48. Погорелый Л. В. Резервы повышения сельскохозяйственной техники. *Техника в сельском хозяйстве*. 1990. № 1. С.7-10.

49. Тихоненко О. Транспортування зібраного зерна [Електронний ресурс]. *Агробізнес сьогодні*. Взято з <http://www.agro-business.com.ua/2010-06-11-12-53-22/87-2010-08-30-13-26-40.html>.

50. Дусановський С.Л. Економіка підприємств АПК: навч. посіб. Тернопіль: Горлиця, 2008. 257 с.
51. Збирання врожаю зернових колосових та зернобобових культур в зоні Степу за умов гідротермічних стресів 2014 року: наук.-практ. рек. Дніпропетровськ, 2014. 40 с.
52. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології: підручник. Одеса: Вид-во ТЕС, 2012. 250 с.
53. Маренич М. М., Міщенко О. В. Варіабельність урожайності пшениці озимої в умовах Полтавської області. [Електронний ресурс]. Взято з <http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Visnyk-Ddau/Visnyk-Ddau2009-1/Ecology/Ddau2009-1-Ekology-Marenych.pdf>.
54. Погрібний О. О. Аграрне право України: підручник. К.: Істина, 2007. 448 с.
55. Нефьодов В. М., Ткаченко Ю. А. Рационалізація технології перевезень зерна. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 3/3(63). С. 13-15.
56. Придюк В. М. Особливості організації перевезень сільськогосподарських вантажів автомобільним транспортом. *Сільськогосподарські машини*. 2014. Вип. 28. С. 68-72. Взято з http://nbuv.gov.ua/UJRN/silmah_2014_28_12.
57. Шкільов О. В., Барабан С. С., Ярославський В. А., Гаврилюк І. П., Балан О. Д., Ткачук В. А., ...Мельянова Л. В. Економіка праці й соціально-трудові відносини: підручник. К.: Четверта хвиля, 2008. 472 с.
58. Цветов Ю. М. Эффективность использования автотранспортных средств. М.: Знание, 1987. 64 с.
59. Дорош І. Й, Більський В. Г., Голованов О. М. Матеріально-технічна база агропромислового комплексу. К.: Урожай, 1985. 296 с.
60. Саблук П. Т., Більський В. Г., Підлісецький Г. М., Котелянець В. І., Перебийніс В. І. Реструктуризація матеріально-технічної бази агропромислового комплексу. К.: ІАЕ, 1997. 296 с.

61. Косарева Т. В. Економічна ефективність використання доріг в сільськогосподарських підприємствах. (Автореф. дис. канд. екон. наук). Інститут аграрної економіки УААН. К., 1995. 19 с.

62. Горбачев П. Ф., Дмитриев И. Д. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие. Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2002. 202 с.

63. Пискарев А. В. Надежность технологических систем машиноиспользования в растениеводстве: совершенствование методов проектирования и эксплуатации на основе системного подхода: монография. Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. 385 с.

64. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник. К.: КНЕУ, 2013. 79 с.

65. Астапенко П. Д. Вопросы о погоде (2-е изд., испр. и доп.). Л.: Гидрометеиздат, 1986. 392с.

66. Міщенко В. А., Губська Л. І. Особливості становлення транспортної логістики в АПК. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва*. 2012. № 1. С. 66–68.

67. Руснак П. П., Жебка В. В., Рудий М. М., Чалий А. А. Економіка сільського господарства. К.: Урожай, 1998. 320 с.

68. Хандожко Л. А. Экономическая метеорология: учебник. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 489 с.

69. Федоров Н. Ф. Сочинения. – М.: Мысль, 1982. 712 с.

70. Ходаков В. Е., Соколова Н. А., Крючковский В. В. Природно-климатические факторы и развитие социально-экономических систем: монография. Херсон: Гринь Д. С., 2015. 344 с.

71. Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: [монографія]. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.

72. Попов Л. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка в агропромышленном комплексе: учеб. пособие (лаб. практикум) по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка» для студ. направления 560800 «Агроинженерия». Сыктывкар: СЛИ, 2004. 152 с.

73. Eric E. Massey. Experience of the European Union in Adaptation to Climate Change and its Application to Ukraine. 2012. OSCE. 40 p.

74. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню: ДСТУ 2155-93. [Чинний від 01.01.95]. К.: Держстандарт України.

75. Кіяшко В. М., Тіхонов О. В., Ровний Є. В. Експлуатація машин і обладнання. Курсове проектування: навч. посіб. Харків: ХНТУСГ, 2015. 174 с.

76. Нечаев В. И., Парамонов П. Ф. Организация производства и предпринимательской деятельности в АПК: учебник. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2007. 466 с.

77. Ткаченко Т.Г. Агрометеорологія: навч. посібник Х.: ХНАУ, 2015. 268 с.

78. Нечаев В. И., Моисеев В. В., Бондаренко В. В., Черных Г. В., Блинникова Е. А., Ковтуненко Б. В. Основные направления повышения устойчивости и эффективности зернового производства. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2006. 402 с.

79. Ільчук М. М., Зрібняк Л. Я., Коновал І. А., Шкільов О. В., Балан О. Д., Ібатулін М. І., Єрмаков О. Ю. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: підруч. для студ. екон. спец. вищ. аграр. закладів освіти III-IV рівнів акредитації. К., 2007. 784 с.

80. Романенко Г. А. Обеспечить экологически безопасное развитие АПК. *Аграрная наука*. 2002. №8. С. 2-4.

81. Майборода М. Е., Беднарский В. В. Грузовые автомобильные перевозки: учеб.пособие (изд. 2-е). Ростов н/Д: Феникс, 2008. 422 с.

82. Мохненко А. С. Аналіз ефективності функціонування фермерських господарств регіону. *Бізнес-навігатор*. 2012. № 1. С. 71-77.

83. Барабаш Г., Зубко В., Строколіс О., Щур Т., Обґрунтування оптимальних параметрів використання зернозбиральних комбайнів у різних умовах роботи. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2011. № 15. С. 118-128.

84. Андріанова І. К., Боборикіна Л. Я. Застосування стохастичних мережних моделей для рішення задач підсистеми оперативного планування. *Бізнес-навігатор*. 2012. № 1. С. 175-179.

85. Сенчук С. Р. Обґрунтування множини моделей для дослідження зернових збирально-транспортних комплексів. *Сільськогосподарські машини*. зб. ст. Луцьк: Вид-во ЛДТУ. 2005. №13. С. 153-163.

86. Shahab Sokhansanja, Amit Kumarc, Anthony F. Turhollowa. Development and implementation of integrated biomass supply analysis and logistics model (IBSAL). 2006. *Biomass and Bioenergy*. P. 1-10.

87. Medvediev Ie. The effect of the weather conditions in the operation of transport and logistics systems of agriculture. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific Conference, Strasbourg (France). Severodonetsk: Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2016. P. 72.

88. Medvediev Ie. In regard of taking into account the weather condition at organizing and planning transport provision in agriculture. *Innovations of transport and logistics infrastructure. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific and Practical Conferenc. Dresden (Germany), Paris (France) 3-12 May 2017. Severodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. P. 125.

89. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортних процесів сільського господарства з врахуванням погодних умов. *Енергооптимальні технології перевізного процесу* : тези II міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 76-77.

90. Арютов Б. А., Важенин А. Н., Пасин А. В., Новожилов А. И. Методы повышения эффективности механизированных производственных процессов по условиям их функционирования в растениеводстве: учеб. пособие. М.: Академия Естествознания, 2010. 335 с.

91. Нефедова Я. И. Моделирование процесса ситуационного управления в системе «промышленное предприятие – порт». *Научные труды SWorld*. Иваново: Научный мир, 2015. – Выпуск 4 (41). Том 1. С. 16-23.

92. Рассоха В. И. Ситуационное управление автотранспортными системами. (Часть 3. Идентификация систем городского пассажирского транспорта и дорожного движения). *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2010. № 1 (107). С. 144 –150.

93. Кириченко Г. І. Інтелектуальна система управління процесом доставки вантажу. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2015. №5. С. 3-6.

94. Усков А. А., Кузьмин А. В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечёткая логика. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. 143 с.

95. Музильов Д. О., Стебаков О. Є. Методика визначення кількості одиниць техніки збирально-транспортного комплексу для різних технологій доставки зернових культур. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексу*. Харків: Вид-во ХНТУ ім. Петра Василенка, 2014. № 2. С. 128-140.

96. Мазнєв Г. Є. Оптимізація збирально-транспортних комплексів методами теорії масового обслуговування. *Вісник ХНТУСГ*. 2013. Вип. 93, т 2. С. 56-68.

97. Фришев С. Г., Докуніхін В. З. Основи транспортного процесу в АПК: посібник. К.: Держ. акад. керівних кадрів, 2009. 420 с.

98. Фришев С. Г. Розробка раціонального складу збирально-транспортного комплексу. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2009. № 2. С. 236-239.

99. Фришев С. Г. Аналіз збирально-транспортного процесу зерна при застосуванні змінних кузовів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2009. Вип. 134, ч. 2. С.245-252.

100. Петрик А. В. Формування оптимальної інфраструктури транспортних систем в агропромисловому виробництві. *Вісник Національного транспортного університету*. К.: НТУ, 2013. Вип. 28. С. 371-379.

101. Комарніцький С. П., Сидорчук О. В., Дуганець В. І. Метод узгодження збиральних і транспортних робіт у процесі оперативного їх планування. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. №1/10(55). С. 35-38.

102. Сидорчук О. В., Днесь В. І., Скібчик В. І., Жуль С. Г., Комарніцький С. П. Аналіз методів дослідження та моделей подій у проектах на різних етапах планування збирання ранніх зернових. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. Луцьк: ЛНТУ, 2011. №7. С. 141-144.

103. Сидорчук О. В., Днесь В. І., Комарніцький С. П. Інтенсивність виконання робіт у проектах збирання зернових культур. *Науковий вісник міжнародного гуманітарного університету*. 2010. №1. С. 30-33.

104. Сидорчук О. В. Вплив агрометеорологічної складової на ризик проектів вирощування сільськогосподарських культур. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. №1/10 (55). С. 49-51.

105. Sydorchuk O. V., Lub P. M. Ivasiuk I. P. Impact of the subject conditions on the terms of performing soil tillage and sowing operations of summer-autumn period. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin. 2012. Vol. 14, №4. P. 16–20.

106. Sydorchuk O., Lub P., Malanchuk O. Impact of meteorological conditions on the need in adaptive performing of technological operations of soil tillage and crop sowing. *Econtechmod*. 2014. Vol. 3. № 4. P. 35-38.

107. Селякова С. М. Разработка подмодели нижнего уровня трёхуровневой модели уборочно-транспортного процесса. *Штучний інтелект*. 2008. № 1. С. 117-121.

108. Селякова С. М. Розв'язання задачі розподілу збиральної техніки по полям методами штучного інтелекту. *Радіoeлектронні і комп'ютерні системи*. 2010. № 1(42). С. 91-95.

109. Ali O., Verlinden B., Oudheusden D. V. Infield logistics planning for crop harvesting operations. *Engineering Optimization*. 2009. Vol. 41(2). P.183-197.

110. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Обґрунтування доцільності застосування апарату нечіткої логіки у транспортних процесах збирання врожаю пшениці // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 11. С. 269-279.

111. Sarkar A., Sahoo G., Sahoo U.C. Application of Fuzzy Logic in Transportation Planning. *International Journal on Soft Computing (IJSC)*. Vol. 3, № 2. 2012. P. 1-21.

112. Teodorović D., Vukadinović K. Traffic Control and Transport Planning: A Fuzzy Sets and Neural Networks Approach. New York: Springer Science+Business Media. 1998. 387 p.

113. Wieland R., Mirschel W., Nendel C., Specka X. Dynamic fuzzy models in agro-ecosystem modeling. *Environmental Modelling and Software*. 2013. № 46. P. 44-49.

114. Waongo M. Optimizing Planting Dates for Agricultural Decision-Making under Climate Change over Burkina Faso/West Africa. (Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Fakultät für Angewandte Informatik der Universität Augsburg). 2015. 153 p.

115. Mohammed A., Gadallah A. M., Hefny H. A., Hazman M. Fuzzy based approach for discovering crops plantation knowledge from huge agro-climatic data respecting climate changes. *Computing*. 2018. P. 689-713.

116. Домаскіна М. А. Теоретичні аспекти застосування теорії нечітких множин в економіці. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 2(72). С. 29-34.

117. Медведєв Є. П. Експертна оцінка впливу погодних умов на транспортне забезпечення. Проблеми економіки транспорту : тези доп. XV міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 89.

118. Medvediev Ie, Lebid I, Bragin M. Assessment of the weather and climate conditions impact on the organization and planning of transport support for wheat

harvesting. *TEKA of the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol. 17, № 2. P. 45-54.

119. Клименко С. М., Дуброва О. С. Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків: навч. посібник. К.: КНЕУ, 2005. 252 с.

120. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2010. 171 с.

121. Балджи М. Д., Карпов В. А., Ковальов А. І., Костусев О. О., Котова І. М., Сментина Н. В. Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків: навч. посіб. Одеса: ОНЕУ, 2013. 670 с.

122. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование: учебник. В 3 ч. Ч. 2. Экспертные оценки. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2009. 567 с.

123. Добров Г. М., Ершов Ю. В., Левин Е. И., Смирнов Л. П. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. К.: Наук. думка, 1974. 160 с.

124. Инюшкина О. Г., Кормышев В. М. Исследование систем управления при проектировании информационных систем: учеб. пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2013. 370 с.

125. Gordon T. J., Helmer O. Report on a Long Range Forecasting Study. Rand Corporation, Santa Monica, California, 1964. P. 64.

126. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Экспертные оценки. М.: Наука, 1973. 161 с.

127. Тверезовська Н. Т., Нєлєпова А. В. Інформаційні технології в агрономії: навч. посіб. К.: Центр учбової літ-ри, 2013. 282 с.

128. Шепитько Т. В., Гасанов А. И., Бучкин В. А. Математические модели и методы инженерных расчетов на ЭВМ: учеб. пособие. М.: МИИТ, 2004. 222 с.

129. Пиганов М. Н., Подлипов Г. А. Экспертные оценки в управлении качеством радиоэлектронных средств: учеб. пособие. Самара: Изд-во СГАУ, 2004. 122 с.

130. Басовский Л. Е. Теория экономического анализа: учеб. пособие для вузов по экон. и упр. спец. М.: ИНФРА-М, 2001. 220 с.
131. Тарасова В. В. Екологічна статистика (з блочно-модульною формою контролю знань): підручник. Київ: Центр навч. літ-ри, 2008. – 397 с.
132. Григан А. М. Управленческая диагностика: теория и практика: монография. Ростов н/Д: Изд-во РСЭИ, 2009. 316 с.
133. Власенко С. Н., Головатюк В. М., Егоров С. А., Соловьев В. П., Малицкий Б. А. (Ред). Экспертиза и мониторинг инновационных процессов. Методические и правовые аспекты. К.: Укр. вид. центр, 2006. 178 с.
134. Буріменко Ю. І., Щуровська А. Ю. Статистичні методи в галузі зв'язку з використанням MS Excel: навч. посіб. Одеса: ОНАЗ, 2011. 244 с.
135. Павлов А. Н., Соколов Б. В. Методы обработки экспертной информации: учеб.-метод. пособие. СПб.: ГУАП, 2005. 42 с.
136. Медведєв Є. П. Врахування погодно-кліматичних умов у збирально-транспортному процесі на основі експертних оцінок. Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (22-23 трав. 2018 р., м. Харків). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 188-190.
137. Медведєв Є. П. Обґрунтування використання погодно-кліматичних факторів при організації збирально-транспортного процесу застосуванням методу експертних оцінок. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Х.: ХНТСТГ ім. Петра Василенка, 2018. № 14. С. 184-193.
138. Володарський Є. Т., Кухарчук В. В., Поджаренко В. О., Сердюк Г. Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: навч. посіб. Вінниця: ВДТУ, 2001. 219 с.
139. Astrom K. J., Eykhoff P. System identification: A Survey. *Automatica*. 1971. Vol. 7. P. 123–162.
140. Ljung L. System identification. Theory for the User. (2 ed.). N.J.: PTR Prentice Hall, 1999. 609 p.

141. Rogachev G. N. Production method of describing automated controllers in the analysis of continuous-discrete control systems. *Automatic control and computer sciences*. 2014. Vol. 48, No. 5. P. 249-256.

142. Дилигенская А. Н. Идентификация объектов управления: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. 136 с.

143. Некрасов С. Г., Хажиев Р. А., Николайзин Н. В. Идентификация динамических объектов с инструментами System Identification Toolbox в системе Matlab: учеб. пособие к лаборатор. работам. Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. 108 с.

144. Жалмагамбетова У. К., Жантлесова А. Б., Исабекова Б. Б. Идентификация и моделирование объектов управления: учеб.-метод. пособие. Павлодар: Кереку, 2014. 67 с.

145. Wang D., Murphy M. Estimating optimal transformations for multiple regression using the ACE algorithm. *Journal of Data Science*. 2004. V. 2. P. 329-346.

146. Коржик М. В. Моделювання об'єктів та систем керування засобами MatLab: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 174 с.

147. Mamdani E.H. Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. *IEEE Transactions on Computers*. 1977. Vol. 26, № 12. P. 1182-1191.

148. Golden B.L., Wasil E., Harker P. The analytic hierarchy process: applications and studies. New York: Springer-Verlag. 1989. 265 p.

149. Saaty T. L., Vargas L. G. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. New York: Springer Science & Business Media, 2012. 345 p.

150. Saaty T.L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy / Network Process. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas*. 2008. Vol. 102, iss. 2. PP. 251-318. doi: 10.1007/BF03191825.

151. Omkarprasad S. Vaidya, Sushil Kumar. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*. 2006. Vol. 169, № 1. PP. 1-29.

152. Данчук В. Д., Олійник Р. В., Сватко В. В. Визначення ефективних засобів вантажних перевезень в транспортних задачах методом аналізу ієрархій. *Вісник Національного транспортного університету*. 2011. № 22. С. 127-136.

153. Гнедіна К. В. Обґрунтування вибору альтернативи розвитку системи міського пасажирського транспорту. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Сер. Економічні науки*. 2013. № 1 (64). С. 84-90.

154. Дерюгін О. В., Чеберячко С.І. Обґрунтування вибору вантажного автомобіля за критерієм мінімізації психофізіологічного навантаження на водія. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2015 № 3(3). С. 15-22.

155. Атюшкіна В. В., Баранов І. О., Білоус Я. Ю., Білошицька Н. І., Білошицький М. В., Грисюк Ю. С. ... Штапаук С. С. Забезпечення сталого розвитку регіону: економічні, управлінські, правові та інформаційно-технічні аспекти : колект. моногр. 2017. Сєверодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля. 282 с.

156. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортного процесу збирання врожаю на основі методу аналізу ієрархій Сааті // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2018. Вип. 29. С. 103-116.

157. Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill. 1980. 288 p.

158. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Лебідь І. Г., Зубарев Д. В. Свідомство про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму № 84966 «Weight Assignment Modeling Transport Process» - №85801; заявл. від 05.12.2018 зареєстр. 29.01.2019.

159. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия. Телеком, 2007. 288 с.

160. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: навч. посіб. Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. 341 с.

161. Дранишников Л. В. Інтелектуальні методи в управлінні: навч. посіб. Кам'янське: ДДТУ, 2018. 416 с.

162. Дубовой В. М., Ковалюк О. О. Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами: [монографія]. Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. 185 с.

163. Штовба С. Д. Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB. *ExponentaPro: Математика в приложениях*. 2003. №2. С. 9-15.

164. Медведєв Є. П. Моделювання збирально-транспортних процесів на основі моделі типу Мамдані // Молодь і сільськогосподарська техніка у сторіччі. XIV міжнар. форум молоді (5-6 квіт. 2018 р.) : зб. матеріалів форуму. Харків: ХНТУСГ. 2018. С. 62.

165. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей математичного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових за допомогою нечіткої логіки. 82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету (7–11 трав. 2018 р.). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 62.

166. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей алгоритмізації збирально-транспортного процесу на основі нечіткої логіки 82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету (7–11 трав. 2018 р.). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 87.

167. Zimmermann H. J. Fuzzy Set Theory and its Applications. (3rd ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1996. 435 p.

168. Хижняков Ю. Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого правления в системах реального времени: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. 160 с.

169. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Влияние методов дефаззификации на скорость настройки нечеткой модели. *Кибернетика и системный анализ*. 2002. №5. С.169–176.

170. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо обґрунтування математичної моделі транспортного забезпечення з урахуванням погодних умов. LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету : тези доп. К.: НТУ, 2018. С. 273.

171. Fuzzy Logic Toolbox. [Електронний ресурс]. Взято з <https://matlab.ru/products/fuzzy-logic-toolbox>.

172. Потапов Д. К. Неклассические логики: учеб. пособие. СПб.: СПбГУ, 2006. 108 с.

173. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: самоучитель. М.: ДМК-Пресс, 2008. 784 с.

174. Барбарук Л. В., Зубарев Д. В., Медведєв Є. П., Барбарук В. М. Використання нечітких моделей для планування збиральних робіт у різних кліматичних умовах // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. № 6 (247). С. 175-179.

175. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й., Зубарев Д. В. Розробка комп'ютерної програми для організації та планування транспортного процесу при збиранні врожаю ранньої пшениці [Електронний ресурс] // Наукові вісті Дніпровського університету. 2018. № 15. – Режим доступу до журн.: <http://nvdu.pp.ua>.

176. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., В. М. Барбарук, Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму №84073 «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport» (WCC SAT) - № 85087; заявл. 06.11.2018; зареєстр. 02.01.2019.

177. Юдин Ю. В., Майсурадзе М. В., Водолазский Ф. В. Организация и математическое планирование эксперимента: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 124 с.

178. NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. [Електронний ресурс]. Взято з <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>. Дата звернення 20/02/2019.

179. Медведев Е. П., Лебедь И. Г. Использование локальных сельскохозяйственных метеостанций при организации и планировании работы транспорта для уборки урожая пшеницы. Безопасность движения и инновационная деятельность в транспортной сфере : материалы науч.-практ. конф. (29-30 июня 2017 г.). Душанбе: ТТУ им. академика М. С. Осими, 2017. С. 38-39.

180. Блезнюк О. І., Медведев Є. П., Сорока С. І. Використання методів точного землеробства при організації транспортного забезпечення в період збору врожаю. Логістичне управління та безпека руху на транспорті: зб. наук. праць конф. – Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 21-23.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

АНКЕТА

для опитування експертів-практиків в галузі сільського господарства

АНКЕТА

для опитування експертів-практиків в галузі сільського господарства

Опитування фахівців-практиків в галузі сільського господарства Опрос специалистов-практиков в области сельского хозяйства

Шановні фахівці-практики! Оцініть, будь ласка, за шкалою вплив погодно-кліматичних параметрів на організацію та планування транспортного процесу при збиранні врожаю ранньої пшениці.

Уважаемые специалисты-практики! Оцените, пожалуйста, по шкале влияние погодно-климатических параметров на организацию и планирование транспортного процесса при уборке урожая ранней пшеницы.

Ім'я та прізвище / Имя и фамилия *

Краткий ответ

Назва підприємства / Название предприятия

Краткий ответ

Посада (професія) / Должность (профессия) *

Краткий ответ

Стаж роботи / Стаж работы *

Краткий ответ

Оцініть, будь ласка, за шкалою вплив погодно-кліматичних параметрів на організацію та планування транспортного процесу при збиранні врожаю ранньої пшениці (1 - мінімальний вплив, 10 - максимальний вплив).
Оцените, пожалуйста, по шкале влияние погодных условий на организацию и планирование транспортного процесса при уборке урожая ранней пшеницы (1 - минимальное влияние, 10 - максимальное влияние).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Чи враховуєте Ви (Ваше підприємство) погодно-кліматичні параметри при організації та плануванні транспортного процесу збирання врожаю ранньої пшениці? Учитываєте ли Вы (Ваше предприятие) погодно-климатические параметры при организации и планировании транспортного процесса уборки урожая ранней пшеницы?

- ☐ Враховує / Учитывает
- ☐ Не враховує / Не учитывает
- ☐ Інше / Другое

Ваші коментарі / Ваши комментарии

Развернутый ответ

ДОДАТОК Б

Проміжні розрахункові матриці за методом аналізу ієрархій Сааті

Таблиця Б.1 – Матриця з оцінками експертів

Незалежні параметри, що впливають на організацію та планування транспортного процесу		Дощ	Роса	Град	Площа поля	Відносна вологість ґрунту	Ширина жатки	Тип дороги	Вантажопідйомність ТЗ	Відстань від поля до току
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Дощ	A	1	2	3	5	4	6	7	9	8
Роса	B	1/2	1	2	4	3	5	6	8	7
Град	C	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7
Площа поля	D	1/5	1/4	1/2	1	2	3	4	5	6
Відносна вологість ґрунту	E	1/4	1/3	1/3	1/2	1	2	3	4	5
Ширина жатки	F	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
Тип дороги	G	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3
Вантажопідйомність ТЗ	H	1/9	1/8	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
Відстань від поля до току	I	1/8	1/7	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1

Таблиця Б.2 – Матриця з оцінками експертів та сумою за стовпчиками

Незалежні параметри, що впливають на організацію та планування транспортного процесу		Дощ	Роса	Град	Площа поля	Відносна вологість ґрунту	Ширина жатки	Тип дороги	Вантажопідйомність ТЗ	Відстань від поля до току
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Дощ	A	1	2	3	5	4	6	7	8	8
Роса	B	0,5	1	2	4	3	5	6	7	7
Град	C	0,33	0,5	1	2	3	4	5	6	7
Площа поля	D	0,2	0,25	0,5	1	2	3	4	5	6
Відносна вологість ґрунту	E	0,25	0,33	0,33	0,5	1	2	3	4	5
Ширина жатки	F	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1	2	3	4
Тип дороги	G	0,14	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1	3	3
Вантажопідйомність ТЗ	H	0,11	0,13	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1	2
Відстань від поля до току	I	0,13	0,14	0,14	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1
Сума за стовпчиками	Σ	2,83	4,72	7,59	13,28	14,28	22,08	28,83	38,5	43,0

ДОДАТОК В

**Акти, довідки впровадження результатів дисертаційної роботи, свідоцтва про
реєстрацію авторського права на твір**

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 84966

Комп'ютерна програма "Weight assignment modeling transport process"
("WAMTP")

(вид, назва твору)

Автор(и) Медведєв Євген Павлович, Лебідь Ірина Георгіївна, Єлісєєв Петро
Йосипович, Зубарев Дмитро Валерійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації

29.01.2019

Державний секретар Міністерства
економічного розвитку і торгівлі
України О. Ю. Перевезенцев



МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ (Мінекономрозвитку України)

вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, тел. 523-93-94, факс 226-31-81
Web: <http://www.me.gov.ua>, e-mail: meconomy@me.gov.ua, код ЄДРПОУ 37508596

РІШЕННЯ

ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА ТВІР

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України розглянуло заяву

Медведєв Євген Павлович, вул. Маяковського, 5-а, кв. 47, м. Сєверодонецьк, Луганська обл., 93400

(повне ім'я автора, адреса)

заявка від 05.12.2018 № 85801

про реєстрацію авторського права на твір і прийняло рішення зареєструвати авторське право на твір Комп'ютерна програма "Weight assignment modeling transport process" ("WAMTP"); Медведєв Євген Павлович, Лебідь Ірина Георгіївна, Єлісєєв Петро Йосипович, Зубарев Дмитро Валерійович

(вид, повна, скорочена (за наявності) назва твору, повне ім'я, псевдонім (за наявності) автора (ів))

Внесення відомостей до Державного реєстру свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір та видача свідоцтва будуть здійснені за умови сплати збору за оформлення і видачу свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір відповідно до п.3 постанови Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2001 року № 1756 "Про державну реєстрацію авторського права і договорів, які стосуються права автора на твір".

Якщо протягом трьох місяців від дати одержання заявником рішення про реєстрацію авторського права на твір Управління державних реєстрацій Департаменту інтелектуальної власності Міністерства економічного розвитку і торгівлі України не одержало документ про сплату збору за оформлення і видачу свідоцтва у розмірі та порядку, визначених законодавством, або копію документа, що підтверджує право на звільнення від сплати зазначеного збору, заявка вважається відхиленою і реєстрація авторського права та публікація відомостей про реєстрацію Управлінням державних реєстрацій Департаменту інтелектуальної власності Міністерства економічного розвитку і торгівлі України не проводиться.

Державний секретар
Міністерства економічного розвитку
і торгівлі України

М.П.



О. Ю. Перевезенцев

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 84073

Комп'ютерна програма "Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport" ("WCC CAT")

(вид, назва твору)

Автор(и) Медведєв Євген Павлович, Єлісєєв Петро Йосипович, Барбарук Віктор Миколайович, Зубарев Дмитро Валерійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації

02.01.2019



Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев



МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ (Мінекономрозвитку України)

вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, тел. 523-93-94, факс 226-31-81
Web: <http://www.me.gov.ua>, e-mail: meconomy@me.gov.ua, код ЄДРПОУ 37508596

Р І Ш Е Н Н Я

ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА ТВІР

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України розглянуло заяву

Медведєв Євген Павлович, вул. Маяковського, 5-а, кв. 47, м. Сєвєродонецьк, Луганська обл., 93400

(повне ім'я автора, адреса)

заявка від 06.11.2018 № 85087

про реєстрацію авторського права на твір і прийняло рішення зареєструвати авторське право на твір Комп'ютерна програма "Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport" ("WCC CAT"); Медведєв Євген Павлович, Єлісєєв Петро Йосипович, Барбарук Віктор Миколайович, Зубарев Дмитро Валерійович

(вид, повна, скорочена (за наявності) назва твору, повне ім'я, псевдонім (за наявності) автора (ів))

Внесення відомостей до Державного реєстру свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір та видача свідоцтва будуть здійснені за умови сплати збору за оформлення і видачу свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір відповідно до п.3 постанови Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2001 року № 1756 "Про державну реєстрацію авторського права і договорів, які стосуються права автора на твір".

Якщо протягом трьох місяців від дати одержання заявником рішення про реєстрацію авторського права на твір Управління державних реєстрацій Департаменту інтелектуальної власності Міністерства економічного розвитку і торгівлі України не одержало документ про сплату збору за оформлення і видачу свідоцтва у розмірі та порядку, визначених законодавством, або копію документа, що підтверджує право на звільнення від сплати зазначеного збору, заявка вважається відхиленою і реєстрація авторського права та публікація відомостей про реєстрацію Управлінням державних реєстрацій Департаменту інтелектуальної власності Міністерства економічного розвитку і торгівлі України не проводиться.

Державний секретар
Міністерства економічного розвитку
і торгівлі України



О. Ю. Перевезенцев

Національна академія
аграрних наук України
ННЦ "Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені
О.Н.Соколовського"
Лабораторія охорони та
раціонального використання
земель
Смт.Станично-Луганське, вул.
Барбашова, 26 (lg-stanzia@ukr.net)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач лабораторії охорони та
раціонального використання земель
Національного наукового центру
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н.Соколовського», кандидат
с.-г. наук, доцент



В.М. Хромяк
2018 р.

№ 24 від 04.07.2018 року

**Акт про впровадження результатів дисертаційного дослідження
здобувача Медведєва Євгена Павловича на тему «Підвищення
ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного
комплексу» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.01 – «Транспортні системи»**

Комісія у складі: голови комісії – Білоліпського В.О. – головного наукового співробітника лабораторії, доктора сільськогосподарських культур, та членів комісії Тарасова В.І. – провідного наукового співробітника лабораторії, кандидата сільськогосподарських наук; Наливайко В.В. – старшого наукового співробітника лабораторії; Полулях М.М. – старшого наукового співробітника лабораторії склали цей акт в тому, що результати наукових досліджень, виконаних у рамках дисертаційної роботи Медведєва Євгена Павловича на тему «Підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу» у частині аргументації впливу погодно-кліматичних, технічних та технологічних параметрів на організацію транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу та розробленої математичної моделі транспортного забезпечення використано при розробці «Рекомендацій по збиранню врожаю ранніх зернових, круп'яних і олійних культур в агроформуваннях Луганської області в умовах 2018 року», що відповідає науковому напрямку «Розробка науково-організаційних підходів та ринково орієнтованого інструментарію випробування експериментального виробництва та консалтингового супроводу трансферу інноваційних технологій і продукції в агропромисловому комплексі Луганської області».

Голова комісії:

(підпис)

Білоліпський В.О.

Члени комісії:

(підпис)

Тарасов В.І.

(підпис)

Наливайко В.В.

(підпис)

Полулях М.М.



СЕЛЯНСЬКЕ (ФЕРМЕРСЬКЕ) ГОСПОДАРСТВО «САША»

с. Шульгинка, Старобільський район, Луганська область, 92764, тел. (06461) - 9-11-21,
Р/р 26002301012642, в ТББВ №10012 / 041 ФЛОУ АТ «Ощадбанк», МФО 304665,
ПІН 314585812300, свідоцтво № 200076118



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова сільськогосподарського
фермерського господарства «САША»

О.А. Коломецький

07 2018 р.

ВИХ. № 05-074 від 05. 07 2018 р.

Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи Медведева Євгена Павловича на тему «Підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – «Транспортні системи»

Комісія у складі Гончарова А. І. та Коровасва В.І. склала цей акт про те, що результати наукових досліджень, виконаних у рамках дисертаційної роботи здобувача Медведева Євгена Павловича на тему «Підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу» у частині методики визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу та програмного забезпечення «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)» впроваджено в діяльність сільськогосподарського (фермерського) господарства «САША».

Економічний ефект від впровадження програми WCC CAT у сільськогосподарському (фермерському) господарстві «САША» склав у 2016 р. – 24,8 тис. грн.; у 2017 р. – 32,6 тис. грн.; у 2018 р. – 36,5 тис. грн.

Зав. майстернею

(підпис)

А.І. Гончаров

Керуючий

(підпис)

В.І. Коровасв



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

просп. Центральний, 59А, м. Северодонецьк, Луганська обл., 93406,
тел./факс: (06452)4-03-42, <http://www.snu.edu.ua/>, e-mail: uni@snu.edu.ua, uni.snu.edu@gmail.com
код ЄДРПОУ 02070714

13.09.2018 № 1054/35-01 На № _____ від _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи
Східноукраїнського національного
університету ім. В. Даля



Б.В. Потапенко

Акт

Про використання результатів дисертаційної роботи Медведєва Євгена Павловича на тему «Підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу»

м. Северодонецьк

«13» вересня 2018 р.

Цей акт складено про те, що в навчальному процесі Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля кафедрою логістичного управління та безпеки руху на транспорті використовуються основні теоретичні положення та результати досліджень, які представлені в дисертації при підготовці за освітнім ступенем бакалавра за спеціальністю 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті) при викладанні дисциплін «Системи підтримки прийняття рішень в управлінні транспортними системами» та «Організація і технологія вантажних робіт на автотранспорті».

Голова методичної комісії навчально-наукового
інституту транспорту і логістики
Східноукраїнського національного
університету ім. В. Даля,
кандидат технічних наук, доцент

О.І. Кічка

Директор навчально-наукового
інституту транспорту і логістики
Східноукраїнського національного
університету ім. В. Даля,
кандидат технічних наук, доцент

С.В. Кузьменко



**ЛУГАНСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ЛУГАНСЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВО-ЦИВІЛЬНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ АГРОПРОМИСЛОВОГО РОЗВИТКУ**

просп. Центральний, 59, м. Северодонецьк, Луганська область, Україна, 93406
apk@loga.gov.ua, apk-loda@ukr.net Код ЄДРПОУ 00734185

04.03.2019 № 34-3/1-112

На № _____ від _____

**Довідка
про впровадження результатів дисертаційної роботи
Медведєва Євгена Павловича на тему:
«Підвищення ефективності транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу»**

Підвищення ефективності транспортного забезпечення при збиранні врожаю озимої пшениці на основі врахування погодно-кліматичних умов, технічних та технологічних параметрів збирально-транспортного комплексу є актуальним інвестиційним проектом, впровадження якого може стати одним із інструментів розбудови конкурентоспроможного аграрного сектора Луганської області, зокрема організації збалансованої логістики та раціонального ведення сільськогосподарського виробництва. Практичну цінність мають наукові розробки, спрямовані на визначення раціональної кількості транспортних засобів збирально-транспортного комплексу. Зазначені питання досить обґрунтовано викладено у дослідженнях Є.П. Медведєва.

Розроблений метод імітаційного моделювання транспортного забезпечення збирально-транспортного комплексу та комп'ютерна програма «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport (WCC CAT)», які дозволяють проводити розрахунки необхідної кількості транспортних засобів при збиранні врожаю озимої пшениці рекомендується до практичного впровадження на підприємствах Луганської області.

Окремі розробки автора можуть бути застосовані в процесі відбору видів економічної діяльності при визначенні SMART-спеціалізації в рамках розробки проекту Стратегії розвитку Луганської області на 2021-2027 роки.

Директор



Сергій ХЛЯКІН

ДОДАТОК Г

**Список публікацій здобувача за темою дисертації
та відомості про апробацію результатів дисертації**

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Medvediev Ie, Lebid I, Bragin M. Assessment of the weather and climate conditions impact on the organization and planning of transport support for wheat harvesting // TEKA of the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol. 17, No. 2. P. 45-54.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Медведєв Є. П. Факторний аналіз організації транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових культур в Україні // Управління проектами, системний аналіз і логістика. К.: НТУ, 2016. Вип. 18, ч. 1. С. 86-93.

3. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Теоретичні аспекти визначення транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Сєвєродонецьк, 2017. №3 (233). С. 111-115.

4. Медведєв Є. П. Сучасний стан та перспективи розвитку транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. К.: ДУІТ, 2018. Вип. 31. С. 236-244.

5. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Обґрунтування доцільності застосування апарату нечіткої логіки у транспортних процесах збирання врожаю пшениці // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 11. С. 269-279.

6. Медведєв Є. П. Обґрунтування використання погодно-кліматичних факторів при організації збирально-транспортного процесу застосуванням методу експертних оцінок // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 14. С. 184-193.

7. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортного процесу збирання врожаю на основі методу аналізу ієрархій Сааті // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2018. Вип. 29. С. 103-116.

8. Барбарук Л. В., Зубарев Д. В., Медведєв Є. П., Барбарук В. М. Використання нечітких моделей для планування збиральних робіт у різних кліматичних умовах // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. № 6 (247). С. 175-179.

9. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й., Зубарев Д. В. Розробка комп'ютерної програми для організації та планування транспортного процесу при збиранні врожаю ранньої пшениці [Електронний ресурс] // Наукові вісті Дніпровського університету. 2018. № 15. – Режим доступу до журн.: <http://nvdu.pp.ua>.

Список опублікованих праць апробаційного характеру

10. Медведєв Є. П. Щодо проблем транспортного обслуговування агропромислового комплексу. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті* : зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2015. С. 141.

11. Medvediev Ie. The effect of the weather conditions in the operation of transport and logistics systems of agriculture. *Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific Conference, Strasbourg (France). Severodonetsk: Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2016. P. 72.

12. Медведєв Е. П. Особенности организации и планирования транспортного обеспечения при уборке урожая. *Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения* : сб. науч. ст. по материалам междунар. науч. конф. молодых ученых. Гродно: ГрГУим. Я. Купалы, 2017. С. 206-209.

13. Медведєв Е. П., Лебедь І. Г. Использование локальных сельскохозяйственных метеостанций при организации и планировании работы транспорта для уборки урожая пшеницы. *Безопасность движения и инновационная деятельность в транспортной сфере* : материалы науч.-практ. конф. (29-30 июня 2017 г.). Душанбе: ТТУ им. академика М. С. Осими, 2017. С. 38-39.

14. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання визначення транспортного забезпечення збирального комплексу. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доп. К.: НТУ, 2017. С. 264.

15. Медведєв Є. П. Експертна оцінка впливу погодних умов на транспортне забезпечення. *Проблеми економіки транспорту* : тези доп. XV міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 89.

16. Medvediev Ie. In regard of taking into account the weather condition at organizing and planning transport provision in agriculture. *Innovations of transport and logistics infrastructure. Problems, experience, prospects* : Thesis International Scientific and Practical Conferenc. Dresden (Germany), Paris (France) 3-12 May 2017. Severodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. P. 125.

17. Медведєв Є. П. Організація та планування транспортних процесів сільського господарства з врахуванням погодних умов. *Енергооптимальні технології перевізного процесу* : тези II міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДНУЗТ, 2017. С. 76-77.

18. Блезнюк О. І., Медведєв Є. П., Сорока С. І. Використання методів точного землеробства при організації транспортного забезпечення в період збору врожаю. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті*: зб. наук. праць конф. – Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 21-23.

19. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо питання сучасного стану транспортного забезпечення при збиранні врожаю пшениці. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: зб. наук. праць X міжнар. наук.-практ. конф. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 208-210.

20. Лебідь І. Г., Медведєв Є. П. Щодо обґрунтування математичної моделі транспортного забезпечення з урахуванням погодних умов. *LXXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників, відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доп. К.: НТУ, 2018. С. 273.

21. Медведєв Є. П. Моделювання збирально-транспортних процесів на основі моделі типу Мамдані // *Молодь і сільськогосподарська техніка у сторіччі. XIV міжнар. форум молоді (5-6 квіт. 2018 р.)* : зб. матеріалів форуму. Харків: ХНТУСГ. 2018. С. 62.

22. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей математичного моделювання транспортного забезпечення при збиранні врожаю зернових за допомогою нечіткої логіки. *82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету (7–11 трав. 2018 р.)*. Х.: ХНАДУ, 2018. С. 62.

23. Медведєв Є. П., Лебідь І. Г., Єлісєєв П. Й. Щодо особливостей алгоритмізації збирально-транспортного процесу на основі нечіткої логіки *82-а науково-технічна та науково-методична конференція Харківського автомобільно-дорожнього університету (7–11 трав. 2018 р.)*. Х.: ХНАДУ, 2018. С. 87.

24. Медведєв Є. П. Врахування погодно-кліматичних умов у збирально-транспортному процесі на основі експертних оцінок. *Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (22-23 трав. 2018 р., м. Харків). Х.: ХНАДУ, 2018. С. 188-190.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір

25. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Барбарук В. М., Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму №84073 «Weather Climatic Condition Calculation Agriculture Transport» (WCC CAT) - № 85087; заявл. 06.11.2018; зареєстр. 02.01.2019.

26. Медведєв Є. П., Єлісєєв П. Й., Лебідь І. Г., Зубарев Д. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму № 84966 «Weight Assignment Modeling Transport Process» - №85801; заявл. від 05.12.2018 зареєстр. 29.01.2019.