

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОСТЮК ЮЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 004.8:[006.83:641.1

ДИСЕРТАЦІЯ
ІНФОРМАЦІЙНО-ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ТА
ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

122 – Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Інформаційні технології
(галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

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

Ю. В. Костюк

Науковий керівник Криворучко Олена Володимирівна, доктор технічних наук,
професор

Київ-2023

АНОТАЦІЯ

Костюк Ю.В. Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп’ютерні науки». Державний торговельно-економічний університет, Київ, 2023.

Дисертація є комплексним дослідженням з розробки, аналізу, оцінки та застосування інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції.

Актуальність теми дослідження зумовлена тим фактором, що управління якістю виробництва харчової продукції вимагає розробки комплексної інформаційно-інтелектуальної системи, яка ґрунтується на моделюванні інформаційних потоків виробничого процесу, застосуванні ефективних методів підтримки прийняття рішень, основних методах оцінки та прогнозування показників якості продукції, що призведе до підвищення якості продукції.

Сучасний розвиток цифрового світу підвищує вимоги до побудови інформаційних систем для моніторингу, оцінки, прогнозування та підтримки прийняття рішень на підприємствах, які є виробниками продукції або товарів загального вжитку. Такі виклики потребують використання сучасних інноваційних підходів щодо побудови інформаційних систем, включаючи використання елементів штучного інтелекту, а саме баз знань та нейронних мереж. Інформаційно-інтелектуальні системи здатні забезпечити ефективну та потужну підтримку щодо прийняття рішень, яка не відслідковується в традиційних інформаційних системах.

Інформаційно-інтелектуальні системи включають різні аспекти програмного забезпечення, обладнання та масиви даних для забезпечення підтримки прийняття рішення на основі інтелектуального аналізу даних. Інтелектуальний аналіз даних поєднує методи статистичного та штучного інтелекту з метою отримання нових знань та встановлення закономірностей в умовах невизначеності інформації.

Для візуалізації архітектури компонентів та модулів інформаційно-інтелектуальної системи використовується сценарно-цільовий аналіз на основі графових та прографових моделей, що відображають та деталізують основні цілі, фактори впливу на структуру моделі, операції та міжопераційні зв'язки. Тобто, інтегрована інформаційно-інтелектуальна система поєднує в собі різні підсистеми, які постійно взаємодіють між собою, впливають на загальну ефективність інформаційної системи та спрямовані на забезпечення якості продукції.

Інформаційно-інтелектуальні системи активно використовуються для забезпечення якості виробничих процесів та продукції шляхом інтеграцій функцій обміну знаннями, пов'язаними з показниками якості продукції, з метою забезпечення їх автономності за допомогою елементів штучного інтелекту. Створення таких систем вимагає поєднання новітніх інформаційних та інтелектуальних технологій, хмарних обчислень, аналітики великих даних. Зокрема, це включає використання можливостей інтеграції даних інформаційних систем, прийняття рішень та здатність реагувати на наявні ситуації, представлення результатів через інформаційні панелі та інтерактивні візуальні панелі, а також використання інтелектуальних сенсорних технологій. Інтегровані системи, проводячи інтелектуальний аналіз даних та використовуючи технології штучного інтелекту, дозволяють розуміти та прогнозувати різного роду ситуації.

Однією із важливих характеристик інформаційно-інтелектуальних систем оцінки та прогнозування якості продукції є забезпечення інформаційних потоків між їх складовими, а також виявлення можливих дефектів ще до початку процесу. Тому деякі компоненти інформаційно-інтелектуальної системи можуть використовувати статистичні методи управління для виявлення аномалій на етапі їх можливого виникнення, покращуючи тим самим ефективність управління якістю. Формування знань-даних через системи збору даних дозволяє аналізувати та візуалізувати інформацію в режимі реального часу, що збільшує ефективність процесу прийняття рішень.

Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості продукції повинна відповідати вимогам та надавати постійне підвищення ефективності функціонування системи в цілому. Щодо аспекту інтелектуалізації якості, важливим стає використання підходів, що базуються на знаннях, для створення та експлуатації системи на відмінну від традиційних підходів. Виникає потреба в методах та методологіях для опису вимог щодо майбутньої системи, опису задіяних етапів при проектуванні, відображення послідовності дій між системами різних рівнів виробничого підприємства. Методологія SysML дозволяє аналізувати, конкретизувати і проектувати такі складні системи з метою підвищення їх якості.

Інформаційні та комунікаційні технології стрімко розвиваються, хмарні технології стають все більше затребуваними та дозволяють поєднувати фізичний та віртуальний світ на основі програмного забезпечення із відкритим вихідним кодом. Для розробки інформаційної панелі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості продукції використано середовище NODE-RED із відкритим вихідним кодом. Інформаційна панель представлена у вигляді дашборду, який складається з

колекцій візуалізації елементів для представлення даних процесу через інтерфейс користувача (UI).

Інформаційною базою дослідження стали нормативні матеріали, наукові праці сучасних вітчизняних та закордонних науковців та практиків, вибірки технологічних даних ТОВ «Гайсинський молокозавод» для процесу збивання вершків у масло із вмістом вологості 16 %, 20 %, 25 % .

Впровадження стратегії інтеграції інформаційно-інтелектуальних систем, які в основі своєї функціональності базуються на принципах та архітектурі штучних нейронних мереж, у єдиний інформаційний простір підприємства дають можливість досягти високої якості продукції на виробничому підприємстві. Цей підхід спрямований на досягнення низки головних цілей, включаючи підвищення рівня ефективності виробничих процесів та забезпечення сталої та надійної якості продукції. Інтеграція інформаційно-інтелектуальних систем заснована на застосуванні сучасних методів аналізу, інтерпретації та обробки даних, що дозволяє виявляти та аналізувати різноманітні аспекти якості продукції в реальному часі. Штучні нейронні мережі, які використовуються в цих системах, надають можливість автоматичного вивчення та адаптації до змін у виробничому середовищі, використовуючи навчання на основі даних. Цей напрямок спрямований на підвищення ефективності виробничих процесів та забезпечення стабільної якості продукції. Такий напрямок розвитку спрямований на досягнення оптимальних рішень у сфері виробництва, максимізуючи використання ресурсів та мінімізуючи можливі ризики виникнення дефектів чи відхилень в якості продукції. Такий підхід не лише сприяє підвищенню якості фінального продукту, але й дозволяє знижувати витрати, оптимізувати процеси виробництва та підтримувати конкурентоспроможність підприємства на ринку. Усе це, враховуючи, інтеграцію інформаційно-інтелектуальних систем,

заснованих на штучних нейронних мережах, є важливим інструментом для досягнення успіху та стійкості в сучасному бізнес-світі.

Метою дисертаційної роботи є розробка інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції, яка дозволить покращити моніторинг процесу, прогнозувати можливі варіанти проходження виробничого процесу, тим самим покращуючи кінцевий показник якості продукції.

Об'єктом дослідження є інформаційні потоки оцінки якості харчової продукції.

Предметом дослідження є інструменти інтеграції апаратного та програмного забезпечення для інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості продукції.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі отримані такі наукові результати:

вперше:

– розроблено та впроваджено сценарно-цільовий підхід щодо моделювання структури інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції (на прикладі виробництва масла), який ґрунтується на методології формально-графічного опису із застосуванням графів та прографів, такий підхід в молочній промисловості взагалі не застосовувався;

– побудовані А-сценарій та С-сценарій для моделі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості виробництва харчової продукції (на прикладі виробництва масла), що на відміну від раніше запропонованих сценаріїв дозволить проаналізувати та оцінити інформаційні потоки між компонентами моделі та обрати оптимальну структуру для виконання поставлених завдань;

удосконалено:

– поняття системи управління якістю в розрізі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції для підвищення ефективності контролю якості, що дає можливість забезпечення безпеки та удосконалення всіх аспектів виробництва;

– контекстну модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції, яка, на відміну від інших існуючих моделей, відрізняється використанням передових аналітичних методів, можливістю моніторингу та оновлення прогнозів в реальному часі, більшою ефективністю та відповідністю сучасним вимогам оцінки якості харчової продукції;

– метод формування оцінки якості продукції на основі контрольних карт Шухарта за вхідними технологічними параметрами із нанесенням контрольних меж, що ставить акценти на виявленні змін та шляхів покращення процесу;

набуло подальшого розвитку:

– модель концепцій управління якістю харчової продукції, яка, на відміну від інших існуючих концепцій, базується на використанні інформаційних технологій та аналізу даних сприяє вдосконаленню якості харчової продукції, забезпечуючи безпеку споживачів та підвищуючи конкурентоспроможність суб'єктів господарювання;

– архітектура нейро-нечіткої мережі прогнозування якості харчової продукції за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB на основі адаптивної системи виводу ANFIS для оцінки якості готової продукції.

Практична значимість наукових результатів.

Практичне значення інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції полягає у наданні науково обґрунтованих пропозицій та розроблених інформаційно-інтелектуальних

продуктів, які рекомендовані до використання у діяльності виробничого підприємства. Це сприяє підвищенню якості та ефективності виробничого процесу, зменшенню витрат та ризиків, а також забезпечує відповідність продукції сучасним стандартам та вимогам споживачів. Крім того, інформаційно-інтелектуальні продукти цієї системи можуть використовуватися для прийняття обґрунтованих рішень та для планування стратегічних напрямків розвитку підприємства.

Розроблено інформаційно-інтелектуальне забезпечення для оцінки якості продукції з використанням наступних середовищ програмування:

1. Побудовані контрольні карти Шухарта за допомогою середовища Statistica для моніторингу та оцінки якості харчової продукції.

2. Розроблено нейро-нечітку мережу для прогнозування оцінки якості харчової продукції, на прикладі вершкового масла, за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB на основі адаптивної системи виводу ANFIS.

3. Побудовані графові та прографові моделі, які допомагають візуалізувати архітектуру та функціональність інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості продукції.

4. Побудовані А- та С-сценарії моделі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції із виділеними атрибутами, що дозволяють більшу деталізацію внутрішньої структури моделі та міжкомпонентних зв'язків системи.

5. Сформовані потоки для запису даних процесу до хмарного застосунка Google Sheet у електронну книгу RPIData та Telegram-бот для отримання інформації щодо показників якості в режимі реального часу.

6. Розроблена інформаційна панель для моніторингу та оцінки якості харчової продукції в середовищі Node-RED з відкритим кодом на основі JavaScript та Node.js. та WEB-інтерфейс користувача у вигляді дашборду з візуалізацією основних параметрів контролю якості харчової продукції.

Результати удосконалення інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції апробовані та впроваджені в діяльність наступних підприємств: ТОВ «Гайсинський молокозавод», ТОВ «ТІСЕР», ТОВ «Інженерний виробничо-технічний центр «Техно-Сервіс».

Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт Державного торговельно-економічного університету. НДР №0121U109155 «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції», (довідка від 23.03.2023 №458/24), виконавцем якої є здобувач, містить результати наукових досліджень зазначеної теми.

Результати дисертаційного дослідження використано у навчальному процесі Державного торговельно-економічного університету (довідка від 28.03.2023 №490/22) при викладанні дисциплін «Інформаційні технології в юридичній практиці», «Організація комп'ютерних мереж», «Методи і засоби передачі даних», «Соціотехнічна кібербезпека», «Технології безпеки безпроводових та мобільних мереж», «Основи кібербезпеки» та в розробці методичного забезпечення освітнього процесу.

Ключові слова: інформаційна система, інтелектуальна система, інформаційні технології, інтелектуальний аналіз даних, система управління якістю, нейро-нечіткі мережі, карти Шухарта, моніторинг якості, нечітка логіка, система підтримки прийняття рішень, структурно-функціональний аналіз, статистичні методи, оцінка якості, математична модель, діагностика, графова модель, прогнозування, нейронна мережа, інформаційна панель, якість продукції.

SUMMARY

Kostiuk Yu. Intelligent Information System for Assessment and Forecasting of Food Product Quality. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the degree of Philosophy Doctor in the field of “Information Technologies,” specialty 122 “Computer Science.” State Trade and Economic University, Kyiv, 2023.

The dissertation represents a comprehensive study on the development, analysis, assessment, and application of an information-intellectual system for the assessment and prediction of food product quality.

The relevance of the research topic is driven by the necessity to develop a comprehensive information-intelligent system for quality management in food production. This system is based on modeling information flows within the production process, the application of effective decision support methods, and fundamental quality evaluation and forecasting techniques, ultimately leading to the enhancement of product quality.

The modern advancements in the digital world have heightened the requirements for constructing information systems for monitoring, assessment, prediction, and decision support in enterprises engaged in the production of consumer goods. These challenges necessitate the utilization of contemporary innovative approaches in information system development, including the incorporation of elements of artificial intelligence, such as knowledge bases and neural networks. Information-intelligent systems are capable of providing efficient and robust decision support that goes beyond the capabilities of traditional information systems.

Information-intelligent systems encompass various aspects of software, hardware, and data arrays to facilitate decision support based on intelligent data analysis. The fusion of statistical and artificial intelligence methods within data

analysis aims to acquire new knowledge and discern patterns within an environment characterized by information uncertainty.

The visualization of the architecture of components and modules in an information-intelligent system is achieved through scenario-driven analysis based on graphical and prograph models. These models illustrate and detail key objectives, factors influencing the model's structure, operations, and interoperations. In essence, the integrated information-intelligent system amalgamates various subsystems that continually interact with each other, impacting the overall effectiveness of the information system and aiming to ensure product quality.

Information-intelligent systems are actively employed to ensure the quality of production processes and products by integrating knowledge-sharing functions related to product quality indicators, thereby achieving autonomy through the use of artificial intelligence elements. The creation of such systems necessitates the fusion of cutting-edge information and intelligence technologies, cloud computing, and big data analytics. This encompasses the utilization of data integration capabilities in information systems, decision-making, the ability to respond to existing situations, presenting results through information panels and interactive visual panels, and leveraging intelligent sensor technologies. Integrated systems, through intelligent data analysis and the use of artificial intelligence technologies, enable the understanding and prediction of various situations.

One of the crucial characteristics of information-intelligent systems for quality assessment and prediction of product quality is the provision of information flows between their components and the early detection of possible defects before the commencement of the process. Therefore, certain components of the information-intelligent system may employ statistical control methods to identify anomalies before their potential occurrence, thereby enhancing the efficiency of quality management. The generation of knowledge-data through data collection systems allows for the real-time analysis and visualization of information, thereby

increasing the efficiency of decision-making processes. An information-intelligent system for assessing and forecasting product quality must meet requirements and provide continuous improvement in system efficiency as a whole. Regarding the aspect of quality intelligence, the use of knowledge-based approaches becomes essential for the creation and operation of a system that differs from traditional approaches. There is a need for methods and methodologies to describe the requirements for the future system, depict the stages involved in design, and outline the sequence of actions between systems at different levels of the production enterprise. The SysML methodology allows for the analysis, specification, and design of such complex systems with the aim of improving their quality.

Information and communication technologies are rapidly advancing, and cloud technologies are becoming increasingly demanded, allowing for the integration of the physical and virtual worlds based on open-source software. The development of the information panel for the information-intelligent system for quality assessment and forecasting of product quality was accomplished using the NODE-RED environment with open-source code. The information panel is presented in the form of a dashboard comprising collections of visualization elements for representing process data through the user interface (UI).

The research is based on normative materials, scientific works of contemporary domestic and foreign researchers and practitioners, as well as samples of technological data from "Haisyn Milk Plant" for the process of churning cream into butter with moisture content of 16%, 20%, and 25%.

The implementation of the strategy of integrating information-intelligent systems, which are fundamentally based on the principles and architecture of artificial neural networks, into a unified information space of the enterprise, enables the achievement of high product quality at the manufacturing enterprise. This approach aims to achieve several key objectives, including increasing the efficiency of production processes and ensuring consistent and reliable product quality. The

integration of information-intelligent systems is based on the application of modern methods for data analysis, interpretation, and processing, enabling the detection and analysis of various aspects of product quality in real-time. Artificial neural networks used in these systems provide the ability for automatic learning and adaptation to changes in the production environment based on data-driven learning. This direction is aimed at increasing the efficiency of production processes and ensuring stable product quality. Such an approach not only contributes to the improvement of the final product's quality but also allows for cost reduction, production process optimization, and maintaining competitiveness in the market. All of this, taking into account the integration of information-intelligent systems based on artificial neural networks, is a crucial tool for achieving success and sustainability in the modern business world.

The aim of this dissertation is to develop an information-intelligent system for the assessment and prediction of food product quality, which will enhance the monitoring of the process, forecast potential variations in the production process, thereby improving the final quality indicators of the products.

The object of the research is the information flows related to the assessment of food product quality.

The subject of the research includes the tools and integration of hardware and software components for the information-intelligent system for quality assessment and prediction of production.

Scientific novelty of the obtained results: The following scientific results were obtained in the dissertation work:

For the first time:

– We have developed and implemented a scenario-targeted approach for modeling the structure of an information-intelligent system for assessing and forecasting the quality of food production (using the example of butter production).

This approach is based on a formal-graphical description methodology using graphs and prographs, and it has never been applied in the dairy industry before.

- A-scenarios and C-scenarios have been constructed for the model of the information-intelligent system for assessing and forecasting the quality of food production (using the example of butter production). Unlike previously proposed scenarios, these scenarios allow for the analysis and evaluation of information flows between model components and enable the selection of the optimal structure to accomplish the defined tasks;

Developed:

- The concept of a quality management system in the context of an information-intelligent system for assessing and forecasting the quality of food production to enhance quality control efficiency, ensuring safety, and improving all aspects of production.

- The contextual model of the information-intelligent system for assessing and forecasting the quality of food production, which, unlike other existing models, distinguishes itself by using advanced analytical methods, real-time monitoring and updating of forecasts, greater efficiency, and compliance with modern quality assessment requirements.

- A method for generating product quality assessment based on Shuhart control charts using input technological parameters with the application of control limits, emphasizing the detection of changes and improvement opportunities in the process;

Enhanced:

- A model of food quality management concepts that, unlike other existing concepts, is based on the use of information technologies and data analysis, contributing to the improvement of food product quality, ensuring consumer safety, and enhancing the competitiveness of economic entities.

- The architecture of a neuro-fuzzy network for forecasting the quality of food products using the Fuzzy Logic Toolbox of the MATLAB system, based on the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) for assessing the quality of finished products.

The practical significance of scientific results.

The practical significance of the scientific results lies in the provision of scientifically substantiated proposals and developed information-intelligent products recommended for use in the activities of the manufacturing enterprise. This contributes to the improvement of the quality and efficiency of the production process, reduction of costs and risks, and ensures compliance of the products with modern standards and consumer requirements. Additionally, the information-intelligent products of this system can be utilized for making informed decisions and planning strategic directions for the development of the enterprise.

Developed information-intellectual software for production quality using the following Programming Environment:

1. Constructed Shewhart control charts using the Statistica environment for monitoring and evaluating the quality of food products.
2. Developed a neuro-fuzzy network for forecasting the quality assessment of food products, specifically butter, using the Fuzzy Logic Toolbox package in the MATLAB system based on the adaptive ANFIS output system.
3. Created graphical and flowchart models to visualize the architecture and functionality of the information-intelligent quality assessment and prediction system.
4. Developed A and C scenarios for the information-intelligent quality assessment and prediction system model, with highlighted attributes allowing for greater detailing of the model's internal structure and inter-component connections.

5. Established data flows for recording process data in the Google Sheet cloud application into the RPIData electronic workbook and implemented a Telegram bot for real-time quality parameter information retrieval.

6. Designed an information dashboard for monitoring and evaluating the quality of food products within the Node-RED open-source environment, based on JavaScript and Node.js, along with a user-friendly web interface in the form of a dashboard with visualization of key quality control parameters.

Further development and enhancement of the information-intellectual system for forming and predicting product quality have been successfully tested and implemented in the operations of the following enterprises:

1. LLC “TISER” (implementation report dated 29.12.2022).
2. LLC “Haysyn Dairy Plant” (implementation report dated 02.03.2023).
3. LLC “Engineering Production and Technical Center Techno-Service” (implementation report dated 23.03.2023).

The dissertation work was carried out in accordance with the plan of scientific research of the State Trade and Economic University. Research Project No. 0121U109155 “Modeling of an Information-Analytical Quality Control System for Production Processes” (reference dated 23.03.2023, No. 458/24), executed by the candidate, contains the results of scientific research on the specified topic.

The results of the dissertation research have been incorporated into the educational process of the State Trade and Economic University (reference dated 28.03.2023, No. 490/22) in the teaching of disciplines such as “Information Technologies in Legal Practice,” “Organization of Computer Networks,” “Methods and Means of Data Transmission,” “Sociotechnical Cybersecurity,” “Wireless and Mobile Network Security Technologies,” “Fundamentals of Cybersecurity,” and in the development of educational materials.

Keywords: information system, intelligent system, information technologies, intelligent data analysis, quality management system, neuro-fuzzy networks, Schuhart maps, quality monitoring, fuzzy logic, decision support system, structural-functional analysis, statistical methods, quality assessment, mathematical model, diagnostics, graph model, forecasting, neural network, information panel, product quality.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Цюцюра М. І. Ідентифікація нестационарних динамічних процесів виробництва молочної продукції. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 48. С. 177 – 183, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.177-183](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.177-183) (*Особистий внесок*: проведено аналіз сучасних методів ідентифікації складних нестационарних динамічних систем).
2. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Інформаційна підсистема контролю якості продукції з використанням карт Шухарта. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 47. С. 190 – 195. [Doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.190-195](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.190-195). (*Особистий внесок*: побудовані контрольні карти Шухарта для діагностики та прогнозування якості вершкового масла, а саме вологості готової продукції).
3. Криворучко, О., Костюк, Ю., & Самойленко, Ю. (2021). Сценарно-цільовий аналіз процесу виробництва вершкового масла. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Технічні науки, (6), 66-76. [_Doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.9](https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.9) (*Особистий внесок*: побудовані графи та програми процесу виробництва вершкового масла на основі сценарно-цільового аналізу).
4. Криворучко О., Костюк Ю. Структурно-функціональне моделювання процесу виробництва вершкового масла. *Інформаційні технології та суспільство*. 2022. Вип. 1 (3). С. 38–44. [Doi.org/10.32689/maur.it.2022.1.5](https://doi.org/10.32689/maur.it.2022.1.5) (*Особистий внесок*: побудовано структурно-функціональні моделі процесу виробництва вершкового масла з точки зору інформаційних потоків).
5. Криворучко О., Костюк Ю. (2022). Розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішень на базі SYSML. *Інформаційні технології*

та суспільство, (Випуск 2 (4), 58-64. Doi.org/10.32689/maur.it.2022.2.8. *(Особистий внесок: застосовано методологію SysML для проєктування інформаційної системи підтримки прийняття рішень якістю продукції, а саме процесу виробництва вершкового масла)*).

6. Yuliia Kostiuk, Olena Kryvoruchko, Mykola Tsiutsiura, Andrii Yerukaiev, Nadiia Rusan Research of Methods of Control and Management of the Quality of Butter on the Basis of the Neural Network // 2022 Smart Information Systems and Technologies (SIST) 28-30 April, 2022, Nur-Sultan, Kazakhstan. P. 106–110. URL: www.scopus.com. Doi.org/ 10.1109/SIST54437.2022.9945764. Scopus Indexed. *(Особистий внесок: проаналізовано методи, які дозволять прогнозувати якість готового продукту при зміні технологічних параметрів, завдяки здатності нейромережевих моделей до самонавчання)*.

7. Yaroslav Smitiukh, Yuliia Samoilenko, Yuliia Kostiuk, Olena Kryvoruchko and Kateryna Stepashkina: Development of a prototype of an intelligent system for predicting the quality of dairy manufacture// IEEE Intelligent Systems 2022, October 12-14, 2022, Warsaw, Poland. URL: www.scopus.com. Doi.org/ 10.1109/IS57118.2022.10019699. Scopus Indexed. *(Особистий внесок: створено нейро-нечітку мережу прогнозування вмісту вологи у вершковому маслі)*.

8. Yuliia Kostiuk, Olena Kryvoruchko, Alona Desyatko, Yuliia Samoilenko, Kateryna Stepashkina, Rostislav Zakharov. Information and Intelligent Forecasting Systems Based on the Methods of Neural Network Theory // 2023 Smart Information Systems and Technologies (SIST) 04-06 May, 2023, Nur-Sultan, Kazakhstan. P. 168–173. URL: www.scopus.com. Doi.org/ 10.1109/SIST58284.2023.10223499. Scopus Indexed. *(Особистий внесок: досліджено інформаційні та інтелектуальні системи прогнозування, які вирішують завдання регресійного аналізу з використанням елементів теорії нейронних мереж)*.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Костюк, Ю.В, Криворучко, О.В, Костюк, І.В. Інформаційні інтелектуальні системи контролю якості продукції. International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»: Conference proceedings, September 25–26, 2020. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», P. 41–43. (*Особистий внесок*: досліджено структуру інформаційної інтелектуальної системи якості продукції, прогнозування процесів виробництва).

10. Костюк Ю.В., Криворучко О.В., Самойленко Ю.О. Інформаційна система формування якості продукції виробничого підприємства: матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», Київ, 26 листопада 2020 р. С. 240. (*Особистий внесок*: визначено, що моделювання системи прогнозування якості проводиться шляхом підбору архітектури нейронної мережі та алгоритму навчання).

11. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Формування підсистеми підтримки прийняття рішень процесом виробництва вершкового масла. Specialized and multidisciplinary scientific researches: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Vol. 2), December 11, 2020. Amsterdam, The Netherland: European Scientific Platform, P. 125–126. (*Особистий внесок*: визначено, що одним із ефективних шляхів удосконалення автоматизованої системи керування технологічними процесами молокозаводу є розробка та впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень).

12. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Моделювання процесу виробництва вершкового масла. Wissenschaftliche Ergebnisse und Errungenschaften: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den

Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz (B. 1), 25 Dezember, 2020. München, Deutschland: Europäische Wissenschaftsplattform. P. 135–137. (*Особистий внесок*: на основі графа побудовано базовий програф, для побудови його проведено ретельний аналіз технологічної лінії, а результатом такого моделювання є табличні прографи та можливість визначення оптимального сценарію розвитку ситуації).

13. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. А. Система підтримки прийняття рішень з управління якістю. The driving force of science and trends in its development: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 3), January 29, 2021. Coventry, United Kingdom: European Scientific Platform. P. 22–23. (*Особистий внесок*: визначено, що контрольні карти Шухарта застосовуються для моніторингу та аналізу проходження процесу по окремих незалежних технологічних параметрів вибірок, які відповідають нормальному закону розподілу).

14. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. А., Костюк І. В. Сервіс «Інформаційна система інформаційно-технологічного супроводу». Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Нові інформаційні технології управління бізнесом». – Київ: Спілка автоматизаторів бізнесу, 2021. С. 233–236. (*Особистий внесок*: визначено оптимальне доповнення до вже наявних ліцензійних програм для автоматизації бізнес-процесів підприємства).

15. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Статистичні методи контролю якості молочної продукції. International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»: Conference proceedings, March 12–13, 2021. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2021. С. 33–35. (*Особистий внесок*: доведено застосування статистичних принципів, методів і прийомів на всіх стадіях виробництва,

яке направлене на своєчасне виявлення порушень процесу до того часу, коли може виникнути дефект продукції).

16. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Ефективність використання нейромережних моделей прогнозування якості харчової продукції: матеріали VIII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2021. – К: НУХТ, 2021. С. 99–100. (*Особистий внесок*: визначено, що для аналізу даних найбільш ефективним засобом є використання комбінації статистичних та нейромережних методів).

17. Криворучко О. В., Костюк Ю. В. Нейромережеве моделювання в процесах прогнозування якості харчової продукції: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Комп'ютерні технології обробки даних, 10 грудня, 2021, Вінниця. С. 75–77. (*Особистий внесок*: визначено, що різноманітність умов та вимог прогнозування зумовлюють необхідність використання методу нелінійних штучних нейронних мереж, який може використовуватись для моделювання і прогнозування показників ефективності управління прогнозуванням якості харчової продукції).

18. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Інформаційна безпека економічних систем. Глобалізаційні виклики розвитку національних економік : тези доповідей II Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 19 жовтня 2021 р.) / відп. ред. А. А. Мазаракі. – Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2021. С. 275–278. (*Особистий внесок*: визначено, що стабільне функціонування, зростання економічного потенціалу будь-якого підприємства залежить від надійної системи економічної безпеки).

19. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Регресійна модель якості процесу виробництва харчової продукції. Безперервна освіта як пріоритетний напрямок підвищення професійної компетентності фахівців (м.

Тернопіль, Україна, 16 грудня 2021 року): науковий, методичний, інформаційний збірник Тернопільського обласного комунального інституту післядипломної педагогічної освіти /Редколегія: О. М. Петровський, В. С. Мисик, І. М. Вітенко, О. І. Когут, Ю. Ч. Шайнюк, Т. В. Магера, А. Janowski, Ф. І. Полянський, Г. І. Герасимчук, Н. Б. Стрийвус. Тернопіль: ТОКІППО, 2021. С. 222–227. (*Особистий внесок*: доведено, що регресійний аналіз вважається основним статистичним методом побудови математичних моделей об'єктів або явищ за експериментальними даними при розв'язанні задачі визначення якості процесу виробництва харчової продукції).

20. Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О., Костюк І.В. Критерії оцінювання захищеності інформаційних систем та мереж. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2021): матеріали тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2021 р.): у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. Т. 2. С. 162. (*Особистий внесок*: доведено, що для здійснення оцінки захищеності інформаційних систем складають список загроз, визначають ймовірності виникнення загроз, вводять обмеження на вартість системи захисту інформації, проводиться оцінка загального рівня захисту за допомогою математичних формул).

21. Криворучко О. В., Костюк Ю. В. Математичне моделювання якості харчової продукції з метою прийняття рішень: збірник тез V Всеукраїнської науково-практичної конференції “Нові інформаційні технології управління бізнесом”. – Київ: Спілка автоматизаторів бізнесу, 2022. С. 153–156. (*Особистий внесок*: визначено, що підвищення ефективності управління складними організаційно-технічними і економічними системами на основі ситуаційних моделей можливе за допомогою аналізу сучасного

стану системи підтримки прийняття рішень, аналізу підходів і методів математичного моделювання).

22. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Компоненти системи підтримки прийняття рішень на основі ситуаційної моделі. Digital Transformations of Modernity: Proceedings of the Multidisciplinary International Scientific-Practical Conference (January 24, 2022. Coimbra, Portugal). Chernigiv: REICST, 2022. С. 96–98. (*Особистий внесок*: визначено, що самоорганізуючі карти Кохонена використовуються для вирішення задач моделювання, прогнозування, пошуку закономірностей у великих масивах даних, виявлення наборів незалежних ознак).

23. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Методологія інтелектуальної підтримки прийняття рішень на основі нечітких когнітивних карт. Сучасні тенденції розвитку науки та освіти в умовах євроінтеграції: Міжнародна науково-практична конференція, м. Вінниця, 29-30 березня 2022 р.: тези та статті / ред.кол.: Драбовський А.Г., Дибчук Л.В. та ін. – Вінниця: Вінницький кооперативний інститут, 2022. С. 43–45. (*Особистий внесок*: розроблено узагальнену форму методів нечіткого когнітивного аналізу з урахуванням реляційного представлення нечітких зв'язків, яка використовує представлення нечітких реляційних когнітивних карт у якості узагальнення відомих типів чітких карт на основі нечіткої логіки).

24. Криворучко О.В., Костюк Ю.В. Підвищення якості прогнозування випадкових процесів на базі нейронних мереж. Економіко – правові дискусії: матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та науковців, 30 квітня 2022 р. Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. С. 207–210. (*Особистий внесок*: визначено перевагу нейромережних методів в тому, що вони дають змогу відтворювати складні нелінійні залежності й виконувати прогноз управління процесами з високою ймовірністю результатів).

25. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Алгоритми формування нейронних мереж для вирішення задач моделювання та прогнозування якості. Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей дев'ятнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців, 29 квітня 2022 р. Одеса, 2022. С. 10–12. (*Особистий внесок*: визначено, що алгоритми та методи формування колективів нейронних мереж ефективно вирішують задачі моделювання та прогнозування, підвищують ефективність рішення практичних задач).

26. Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О., Костюк І.В. Особливості захисту конфіденційної інформації в професійному інформаційному середовищі. Інформація та документ у сучасному науковому дискурсі: матеріали VII Всеукраїнської дистанційної науково-практичної конференції. (Івано-Франківськ, 20 травня 2022 р.). Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2022. С. 59–63. (*Особистий внесок*: визначено, що з процесами глобалізації, розвитку електронної комерції та пов'язаних з ними можливостями для конкурентної розвідки, захист конфіденційної інформації вимагає збільшеної уваги).

27. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Костюк І.В., Повна Н.І. Застосування штучних нейронних мереж в інформаційно-інтелектуальних системах. Шості Геретівські читання: наукові статті, тези доповідей та інші матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Тернопіль, Україна, 03 червня 2022 року): науковий, методичний, інформаційний збірник Тернопільського обласного комунального інституту післядипломної педагогічної освіти / Редколегія: О. М. Петровський, В. С. Мисик, І. М. Вітенко, О. І. Когут, Ю. Ч. Шайнюк, Т. В. Магера, А. Janowski, Ф. І. Полянський, Н. Б. Стрийвус, Г. І. Герасимчук. Тернопіль: ТОКІППО, 2022. С.152–156. (*Особистий внесок*: визначено, що інтелектуальні системи, побудовані на основі штучних нейронних мереж, дозволяють успішно

вирішувати завдання розпізнавання образів, виконання прогнозів, оптимізації та управління).

28. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Оцінка якості вершкового масла на основі карт Кохонена. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС - 2022): матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. Т. 2. С. 184. (*Особистий внесок*: визначено, що для інтелектуального аналізу технологічного параметру якості вершкового масла, використаний метод карт Кохонена, які є різновидом нейронних мереж, що використовують для навчання метод без учителя).

29. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Застосування інтелектуальних інформаційних систем контролю якості вершкового масла. Матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті”, квітень – травень 2022 р. – К.: НУХТ, 2022 р. Ч.2. С. 283. (*Особистий внесок*: визначено, що апарат нейро-нечітких мереж дозволяє встановлювати багатофакторну залежність між вхідними та вихідним параметрами процесу та допомагає у прийнятті рішень щодо можливих сценаріїв керування задля підвищенням якості готового продукту).

30. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Степашкіна К. В. Покращення робочих характеристик нейромережних моделей методами структурної оптимізації. Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 70): матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 22-23 вересня 2022 р.) / [редкол. : О. Патряк та ін.] ; ГО “Наукова спільнота”; WSSG w Przeworsku. – Тернопіль: ФО-П Шпак В.Б. С. 39–42. (*Особистий внесок*:

визначено, що для підвищення якості прогнозування випадкових процесів на базі нейронних мереж важливо те, що до складу системи входять прогнозуюча нейронна мережа, блок попередньої обробки інформації, який включає ефективні алгоритми попередньої обробки інформації, що підвищують точність прогнозування з точки зору точності однофакторного та багатофакторного нейромережевого прогнозування).

31. Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Спеціалізовані моделі для проектування, розробки та реалізації інформаційних систем. Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 25 листопада 2022 [Електронний ресурс]. – К: НУХТ, 2022. С. 206–207. (*Особистий внесок*: визначено, що спеціалізоване інтегроване середовище розробки інформаційних систем на основі поєднання засобів опису діаграм UML з формальним апаратом теорії CSP-OZ використовується для побудови моделей інформаційних систем з подальшою реалізацією цих моделей на основі засобів системи управління базами даних SQL).

32. Костюк Ю.В. Розробка інтелектуальних компонентів інформаційних систем // Виклики та проблеми сучасної науки [Електронний ресурс] : зб. наук. пр. – Дніпро: [б. в.], 2023. – Т. 1. – с. 337-342. Doi.org/10.6084/m9.figshare.22886720. (*Особистий внесок*: застосовано інтеграцію інтелектуальних компонентів у сучасні інформаційні системи як стратегічний крок до підвищення їх ефективності та адаптивності).

33. Костюк Ю.В. Використання об'єктно-орієнтованої мови моделювання UML для опису процесу прийняття рішень // «Світ наукових досліджень. Випуск 20»: матеріали Міжнародної мультидисциплінарної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 20-21 червня 2023 р.) / [редкол. : О. Патряк та ін.] ; ГО «Наукова

спільнота”; WSSG w Przeworsku. – Тернопіль: ФО-П Шпак В.Б. – с.232-233. (*Особистий внесок*: застосовано методології використання UML-діаграм для зручного відображення інформаційних потоків, учасників та етапів прийняття рішень).

34. Костюк Ю.В. Використання діаграми діяльності для моделювання та аналізу процесу прийняття рішень // Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 78): матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 8-9 червня 2023 р.) / [редкол. : О. Патряк та ін.] ; ГО “Наукова спільнота”; WSSG w Przeworsku. – Тернопіль : ФО-П Шпак В.Б. – с. 60-62. (*Особистий внесок*: визначено, що використання діаграм діяльності та UML, що допомагає покращити процес аналізу, проектування та розробку інформаційних систем).

35. Костюк Ю. В. Методологія проектування організаційних підсистем на основі оптимальних модульних структур на підприємстві: збірник тез VI Всеукраїнської науково-практичної конференції "Нові інформаційні технології управління бізнесом". – Київ: Спілка автоматизаторів бізнесу, 2023. С. 75–77. (*Особистий внесок*: визначено, що використання інтегрованих підходів до проектування, які об'єднують підсистеми та спрощують управління ними. Це дозволяє підприємству досягати більшої ефективності та знижувати витрати).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

36. О. Криворучко, Ю. Костюк, Ю. Самойленко, О. Савчук. «Дослідження інформаційно-технологічної моделі виробничого процесу». *ГРААЛЬ НАУКИ*, вип. 2-3, Квітень 2021, с. 324-8. [Doi.org/10.36074/grail-of-science.02.04.2021.066](https://doi.org/10.36074/grail-of-science.02.04.2021.066). (*Особистий внесок*: застосовано методології

формально-графічного опису та моделювання сценаріїв аналізу складних систем).

37. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О., Савчук О.В. Сучасні комп'ютерні технології для статистичних методів управління якістю // *Sciences of Europe (Praha, Czech Republic)*. VOL 1, N68. – (2021) –с. 51-55 (Редакция: Křižíkova 384/101 Karlín, 186 00 Praha). Doi.org/10.24412/3162-2364-2021-68-1-51-55. (*Особистий внесок*: проаналізовано інформаційні технології, які використовуються у задачах оцінки якості продукції).

38. О. Криворучко, Ю. Костюк, Ю. Самойленко. «Концептуальна модель інформаційної системи управління якістю вершкового масла». *ГРААЛЬ НАУКИ*, вип. 1, Лютий 2021, с. 255-258. Doi.org/10.36074/grail-of-science.19.02.2021.052. (*Особистий внесок*: побудована діаграма послідовності етапів створення інформаційної системи контролю якості продукції).

39. Olena Kryvoruchko, Yuliia Kostiuk, Tetyana Savchenko, and Dmytro Hnatchenko. Implementation of Procedure for the Identification of Dynamic Systems Based on Neural Networks. // *Challenges and Reality of the IT-space: Software Engineering and Cybersecurity. International Conference SECS-2022 October 25–26th, 2022*. – Copyright by Institute of Bioorganic Chemistry PAS Poznań 2023. – С. 46-58. ISBN 978-83-7712-049-1 (*Особистий внесок*: досліджено інформаційно-інтелектуальні системи прогнозування, які вирішують задачі регресійного аналізу за допомогою елементів теорії нейронних мереж).

ЗМІСТ

ВСТУП	32
РОЗДІЛ 1 СИСТЕМОТЕХНІЧНА КОНЦЕПЦІЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	45
1.1 Аналіз сучасних концепцій управління якістю продукції	45
1.2 Аналіз інструментальних засобів створення інтелектуальних систем	60
1.3 Структурно-функціональна модель дослідження виробничого процесу	66
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1	88
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	93
2.1 Сценарно-цільовий аналіз моделі інформаційно-інтелектуальної оцінки та прогнозування якості	93
2.2 Статистичні методи контролю якості продукції	102
2.3 Моделювання інформаційно-інтелектуальної системи прогнозування якості харчової продукції	113
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	134
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2	136
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ У ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС	141
3.1 Моделювання структури інформаційно-інтелектуальної системи на базі діаграм UML	141
3.2 Вибір інструментарію інформаційно-інтелектуальної системи якості харчової продукції	154
3.3 Інформаційні технології у впровадженні інформаційно-інтелектуальної системи на виробництві	161
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	169
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3	173
ВИСНОВКИ	178
ДОДАТКИ	182
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА	259

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

QS	- система якості	- Quality System
QA	- забезпечення якості	- Quality Assurance
QC	- управління якістю	- Quality Control
QDMS	- система менеджменту, заснована на управлінні якістю	- Quality Driven Management System
QAS	- система забезпечення якості	- Quality Assurance System
PA	- гарантія продукції	-
SQC	- статистичний контроль якості	- Statistical Quality Control
TQC	- загальний контроль якості	- Total Quality Control
TQM	- загальне управління якістю	- Total Quality Management
TMM	- загальний виробничий менеджмент	- Total Manufacturing Management
EMS	- система управління виробничими ресурсами	- Environmental Management System
TMA	- загальне забезпечення виробництва	- Total Manufacturing Assurance
IPM	- інтегрований менеджмент процесів	- Integrated Process Management
MQI	- менеджмент з метою поліпшення якості	- Management for Quality Improvement
TQT	- повне перетворення якості	- Total Quality Transformation
QSM	- менеджмент системи якості	- Quality System Management
CALS	- безперервна підтримка життєвого циклу	- Continuous Acquisition and Life cycle Support
KEE	- середовище інженерії знань	- Knowledge Engineering Environment
FRL	- мова подання кадрів	- Frame Representation Language
KRL	- мова представлення знань	- Knowledge Representation Language
ANFIS	адаптивна нейро-нечітка система логічного виводу	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
ПС	- інформаційно- інтелектуальна система	
ПСОП	- інформаційно-інтелектуальна системи оцінки та прогнозування	

ВСТУП

Актуальність теми. Інформаційні технології, які постійно розвиваються, стають ключовим фактором, що впливає на продуктивність у всьому світі. Останнім часом промисловість активно переходить від традиційних систем до інтелектуального виробництва на основі концепцій Industry 4.0, що спрямоване на створення більш конкурентоспроможних та інноваційних виробничих систем, які зможуть забезпечити вищу продуктивність, якість та адаптивність у сучасному промисловому середовищі.

Інформаційно-інтелектуальні системи представляють собою нове покоління інформаційних систем, що поєднують в собі штучний інтелект та технології баз даних з інтелектуальною поведінкою, яка базується на знаннях. Зазвичай, інформаційні системи використовуються для зберігання та перегляду інформації. Однак, відмінною особливістю інформаційно-інтелектуальних систем є їх розширений функціонал, який забезпечує різні рівні інтелектуальної підтримки для виконання конкретних завдань. Це передбачає наявність інтелектуальної підтримки та вміння системи працювати з необхідними знаннями. Крім того, інформаційно-інтелектуальні системи мають в собі інтегровані засоби управління знаннями.

Інформація та знання, які використовуються в інформаційно-інтелектуальних системах, можуть бути видобуті з ресурсів знань предметної області, а також за допомогою інтелектуального аналізу даних. Оскільки умови можуть змінюватися з часом, важливо підкреслити необхідність регулярного оновлення цього процесу. Така динаміка створює динамічний цикл: дані-інформація-знання. Саме цей підхід дозволяє ефективно обробляти великі обсяги інформації [2, 8].

Отже, концептуальне моделювання інформаційно-інтелектуальних систем є результатом поєднання методів інженерії інформаційних систем, знань та інтелектуального аналізу даних. У порівнянні зі стандартним підходом, де розробка окремих компонентів системи здійснюється ізольовано, саме такий уніфікований підхід сприяє зменшенню кількості помилок та збереженню часу при формуванні технічних вимог і розробці програмних рішень.

Якісна продукція є однією із переваг інтелектуальних виробничих систем, яка дозволяє покращити стандартизацію та відповідність нормам, оскільки весь процес відстежується та контролюється за допомогою вдосконаленого програмного забезпечення, тим самим підвищується ефективність і продуктивність у всьому ланцюгу.

Засновниками концепцій із управління якістю є Ф. Тейлор, Г. Форд, В. Шухарт, Е. Демінг, Дж. Джуран, К. Ісікава, А. Фейгенбаум, Г. Тагуті, Ф. Кросбі, Д. Харінгтон. Їхні роботи лягли в основу професійної концепції якості, яка стала класичною. Їхні вчення більше були виражені у спостереженнях, рекомендаціях та узагальненнях.

Актуальність теми дослідження зумовлена тим фактором, що управління якістю виробництва харчової продукції вимагає розробки комплексної інформаційно-інтелектуальної системи, яка ґрунтується на основі методів оцінки та прогнозування показників якості продукції, моделюванні інформаційних потоків процесу, застосуванні ефективних методів підтримки прийняття рішень для підвищення якості продукції.

Отже, одним із важливих напрямків підвищення оцінки якості продукції є інтеграція інформаційно-інтелектуальних систем оцінки та прогнозування якості харчової продукції на базі штучних нейронних мереж в єдиний інформаційний простір підприємства.

Метою дисертаційної роботи є побудова інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції, що ґрунтується на застосуванні інформаційних технологій, хмарних обчислень, нейронних мереж та моделювання, яка таким чином дозволить покращити моніторинг процесу, прогнозувати можливі варіанти проходження виробничого процесу, тим самим покращуючи кінцевий показник якості готової продукції.

Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання**:

1. Проаналізувати підходи управління якістю продукції.
2. Провести системний аналіз оцінки та прогнозування якості харчової продукції для створення моделі інформаційно-інтелектуальної системи.
3. Розробити модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції.
4. Доповнити системи моніторингу процесу оцінки якості харчової продукції методами статистичної діагностики контролю.
5. Удосконалити архітектуру нейро-нечіткої мережі оцінки та прогнозування якості харчової продукції.
6. Розробити нейро-нечітку мережу оцінки та прогнозування якості харчової продукції.

Об'єкт дослідження – інформаційні потоки оцінки якості харчової продукції.

Предмет дослідження – інструменти інтеграції апаратного та програмного забезпечення для інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості продукції.

Методи дослідження. У процесі дослідження, враховуючи особливості предметної галузі та сформульованих задач, використані методи системного та структурно-функціонального аналізу, методи дослідження та моделювання

складних систем управління на основі графових моделей, методи інформаційного та інтелектуального моделювання, статистичний аналіз, методи побудови інформаційно-інтелектуальних систем та баз даних.

Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертаційній роботі отримані такі наукові результати:

вперше:

– розроблено та впроваджено сценарно-цільовий підхід щодо моделювання структури інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції (на прикладі виробництва масла), який ґрунтується на методології формально-графічного опису із застосуванням графів та прографів, такий підхід в молочній промисловості взагалі не застосовувався;

– побудовані А-сценарій та С-сценарій для моделі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості виробництва харчової продукції (на прикладі виробництва масла), що на відміну від раніше запропонованих сценаріїв дозволить проаналізувати та оцінити інформаційні потоки між компонентами моделі та обрати оптимальну структуру для виконання поставлених завдань;

удосконалено:

– поняття системи управління якістю в розрізі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції для підвищення ефективності контролю якості, що дає можливість забезпечення безпеки та удосконалення всіх аспектів виробництва;

– контекстну модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції, яка, на відміну від інших існуючих моделей, відрізняється використанням передових аналітичних методів, можливістю моніторингу та оновлення прогнозів в реальному часі, більшою

ефективністю та відповідністю сучасним вимогам оцінки якості харчової продукції;

– метод формування оцінки якості продукції на основі контрольних карт Шухарта за вхідними технологічними параметрами із нанесенням контрольних меж, що ставить акценти на виявленні змін та шляхів покращення процесу;

набуло подальшого розвитку:

– модель концепцій управління якістю харчової продукції, яка, на відміну від інших існуючих концепцій, базується на використанні інформаційних технологій та аналізу даних сприяє вдосконаленню якості харчової продукції, забезпечуючи безпеку споживачів та підвищуючи конкурентоспроможність суб'єктів господарювання;

– архітектура нейро-нечіткої мережі прогнозування якості харчової продукції за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB на основі адаптивної системи виводу ANFIS для оцінки якості готової продукції.

Особистий внесок здобувача. Наукові результати дослідження, які виносяться на захист, одержані автором самостійно.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт Державного торговельно-економічного університету. НДР № 0121U109155 «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції». Особистий внесок автора полягає у визначенні концептуальних основ якості продукції, дослідженні та моделюванні інформаційно-інтелектуальних систем, які дозволяють розв'язати поставлені задачі комплексно.

Практична значення отриманих наукових результатів. Практичне значення інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції полягає у наданні науково обґрунтованих

пропозицій та розроблених інформаційно-інтелектуальних продуктів, які рекомендовані до використання у діяльності виробничого підприємства. Це сприяє підвищенню якості та ефективності виробничого процесу, зменшенню витрат та ризиків, а також забезпечує відповідність продукції сучасним стандартам та вимогам споживачів. Крім того, інформаційно-інтелектуальні продукти цієї системи можуть використовуватися для прийняття обґрунтованих рішень та для планування стратегічних напрямків розвитку підприємства.

Розроблено інформаційно-інтелектуальне забезпечення для оцінки якості продукції з використанням наступних середовищ програмування: побудовані контрольні карти Шухарта за допомогою середовища Statistica для моніторингу та оцінки якості харчової продукції; створено нейро-нечітку мережу для прогнозування оцінки якості харчової продукції, на прикладі вершкового масла, за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB на основі адаптивної системи виводу ANFIS; побудовані графові та прографові моделі, які допомагають візуалізувати архітектуру та функціональність інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості продукції; побудовані А- та С-сценарії моделі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції із виділеними атрибутами, що дозволяють більшу деталізацію внутрішньої структури моделі та міжкомпонентних зв'язків системи; створені потоки для запису даних процесу до хмарного застосунка Google Sheet у електронну книгу RPIData та Telegram-бот для отримання інформації щодо показників якості в режимі реального часу; розроблена інформаційна панель для моніторингу та оцінки якості харчової продукції в середовищі Node-RED з відкритим кодом на основі JavaScript та Node.js. та WEB-інтерфейс користувача у вигляді дашборду з візуалізацією основних параметрів контролю якості харчової продукції.

Методологічну основу роботи становлять загальнонаукові принципи проведення досліджень, теоретичні та методологічні основи системного, інтелектуального підходів до досліджуваних явищ.

Теоретичну основу роботи становлять фундаментальні положення сучасного підходу до проектування інформаційно-інтелектуальних систем, зокрема CASE-технології BPWin на основі стандартів IDEF0, об'єктно-орієнтованої мови моделювання SysML, середовища Statistica та апарату нейронних мереж в середовищі MATLAB, а також наукові праці провідних учених у галузях інформаційних та інтелектуальних технологій.

В якості підходу до моделювання процесу виробництва харчової продукції застосовано сценарно-цільовий аналіз. Цей підхід використовує методологію формально-графічного опису, також включає побудову А- та С-сценаріїв можливої оцінки та поведінки процесу.

Пропозиції щодо удосконалення інформаційно-інтелектуальної системи формування та прогнозування якості продукції апробовані та впроваджені на:

- ТОВ «ТІСЕР» (акт про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 29.12.2022).
- ТОВ «Гайсинський молокозавод» (акт про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 02.03.2023).
- ТОВ «Інженерний виробничо-технічний центр «Техно-Сервіс» (акт про впровадження результатів дисертаційного дослідження від 23.03.2023).

Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт Державного торговельно-економічного університету. НДР №0121U109155 «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції», (довідка від 23.03.2023 №458/24), виконавцем якої є здобувач, містить результати наукових досліджень зазначеної теми.

Результати дисертаційного дослідження використано у навчальному процесі Державного торговельно-економічного університету (довідка від 28.03.2023 №490/22) при викладанні дисциплін «Інформаційні технології в юридичній практиці», «Організація комп'ютерних мереж», «Методи і засоби передачі даних», «Соціотехнічна кібербезпека», «Технології безпеки безпроводових та мобільних мереж», «Основи кібербезпеки» та в розробці методичного забезпечення освітнього процесу:

1. «Безпека інформаційних систем». Навчальний посібник (В. І. Пашорін, Ю. В. Костюк. – Київ : Держ. торг.-екон. ун-т, 2022. – 376 с.). (Особистий внесок: автор розділів: «Кіберпростір та кібербезпека: ключові питання та визначення», «Порушники кібербезпеки», «Шкідливе програмне забезпечення та захист від руйнуючих дій», «Вразливості та загрози функціонування ІТС»).

2. «Інформаційні технології в юридичній практиці». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 081 «Право» та 293 «Міжнародне право».

3. «Організація комп'ютерних мереж». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».

4. «Методи і засоби передачі даних». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».

5. «Комп'ютерні мережі». Програма (ДТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 053 «Психологія».

6. «Соціотехнічна кібербезпека». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

7. «Основи кібербезпеки». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «магістр» спеціальності 051 «Економіка», 035 «Філологія».

8. «Технології безпеки безпроводових та мобільних мереж». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «магістр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

9. «Організація комп'ютерних мереж». Опорний конспект лекцій (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти галузі знань ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

10. «Методи і засоби передачі даних». Опорний конспект лекцій (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».

11. «Організація комп'ютерних мереж». Збірник тестових завдань (КНТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».

12. «Основи кібербезпеки». Збірник тестових завдань (КНТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

13. «Функціональне та логічне програмування». Збірник тестових завдань (КНТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «магістр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки».

14. «Методи і засоби передачі даних». Збірник тестових завдань (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».

15. «Організація комп'ютерних мереж». Методичні рекомендації до самостійної роботи (КНТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС

«бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».

16. «Безпека інформаційних систем та мереж». Методичні рекомендації до виконання курсової роботи (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

17. «Організація комп'ютерних мереж». Методичні рекомендації до виконання курсової роботи (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

18. Програма кваліфікаційного екзамену для студентів освітнього ступеня «бакалавр» (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

19. Наскрізна програма практичної підготовки (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

20. Робоча програма з практичної підготовки 1 (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

21. Робоча програма з практичної підготовки 2 (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

Публікації. Наукові результати та висновки дисертаційного дослідження підтверджуються публікаціями у наукових виданнях та їх апробацією на науково-практичних конференціях. Опубліковано 39 наукових праць. У тому числі 5 наукових статей опубліковано у фахових виданнях України, 3 статті індексовані в міжнародній науково-інформаційній базі Scopus, 1 – у міжнародному науковому виданні.

Апробація результатів дослідження. Результати дисертаційного дослідження доповідались на науково-практичних конференціях: International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions» (м. Прага, 2020 р.), Сімнадцятій Міжнародній науково-технічній Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне,

програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами» (м. Київ, 2020 р.), Specialized and multidisciplinary scientific researches: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (м. Амстердам, 2020 р.), Wissenschaftliche Ergebnisse und Errungenschaften: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz (м. Мюнхен, 2020 р.), The driving force of science and trends in its development: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference (м. Ковентрі, 2021 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary» (м. Вінниця-Відень, 2021 р.), Першій Міжнародній науково-практичній конференції «Scientific researches and methods of their carrying out: world experience and domestic realities» (м. Вінниця-Відень, 2021 р.), Одинадцятій Міжнародній науково-практичній конференції Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС–2021) (м. Чернігів, 2021 р.), International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions» (м. Прага, 2021 р.), Восьмій Міжнародній науково-технічній Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами» (м. Київ, 2021 р.), Другій Всеукраїнській науково-практичній конференції «Комп'ютерні технології обробки даних» (м. Вінниця, 2021 р.), П'ятій Всеукраїнській науково-практичній конференції «Нові інформаційні технології управління бізнесом» (м. Київ, 2022 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Цифрові трансформації сучасності» (м. Коїмбра-Чернігів, 2022 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні тенденції розвитку науки та освіти в умовах євроінтеграції» (м. Вінниця, 2022 р.), Дев'ятій

Міжнародній науково-практичній конференції «Управління розвитком технологій» (м. Київ, 2022 р.), Дев'ятнадцятій Всеукраїнській конференції студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології» (м. Одеса, 2022 р.), Дванадцятій Міжнародній науково-практичній конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» (КЗЯТПС-2022) (м. Чернігів, 2022 р.), Вісімдесят восьмій Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 2022 р.), Міжнародній науковій інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (м. Переворськ-Тернопіль, 2022 р.), Третій Міжнародній науково-практичній конференції «Розподілені програмні системи і технології» (м. Київ, 2022 р.), Дев'ятій Міжнародній науково-технічній Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами» (м. Київ, 2022 р.), Smart Information Systems and Technologies (SIST) 28-30 April, 2022, Nur-Sultan, Kazakhstan; IEEE Intelligent Systems 2022, October 12-14, 2022, Warsaw, Poland; Smart Information Systems and Technologies (SIST) 04-06 May, 2023, Nur-Sultan, Kazakhstan; International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions» (м. Прага, 2020 р.), Шостій Всеукраїнській науково-практичній онлайн-конференції «Нові інформаційні технології управління бізнесом» (м. Київ, 2023 р.), Збірник наукових праць «Виклики та проблеми сучасної науки» (м. Дніпро, 2023), Міжнародна мультидисциплінарна наукова інтернет-конференція «Світ наукових досліджень», (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 2023 р.), Міжнародна наукова інтернет-конференція «Інформаційне суспільство:

технологічні, економічні та технічні аспекти» (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 2023).

Обсяг та структура роботи. Дисертаційне дослідження складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списків використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 270 сторінок (відповідно основний зміст роботи викладено на 148 сторінках). Дисертація містить 16 таблиць, 56 рисунків, 11 додатків. Список використаних джерел включає 131 найменувань.

РОЗДІЛ 1

СИСТЕМОТЕХНІЧНА КОНЦЕПЦІЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

1.1 Аналіз сучасних концепцій управління якістю продукції

В умовах сьогодення відповідно до сучасних тенденцій розвитку світового господарства конкурентоспроможність країни визначається як багатовимірний показник стану та перспектив розвитку господарської системи в цілому. Він формує економічну безпеку країни шляхом спроможності виробляти товари та послуги, які задовольняють вимоги світового ринку.

Ринкова економіка України функціонує в умовах жорсткої конкурентної боротьби та спрямована на задоволення попиту споживачів. При цьому можливість стабільного економічного зростання економіки України в цілому та окремих товаровиробників значною мірою залежить від ефективного вирішення проблеми підвищення рівня конкурентоспроможності кожного суб'єкта господарювання. Під впливом процесів глобалізації та постіндустріалізації змінюється характер конкурентоспроможності на всіх рівнях. У зв'язку з цим особливої ваги та значущості набуває завдання повноцінного та ефективного виходу України у світову економіку та підвищення рівня конкурентоспроможності всієї країни, особливо її суб'єктів господарювання.

Успішне функціонування національної економіки в складному та мінливому ринковому просторі потребує перегляду концепцій і методів управління конкурентоспроможністю провідних промислових підприємств, особливо зосередження зусиль щодо адаптації систем управління та комплексного використання власної конкурентоспроможності.

Перед суб'єктом господарювання постає завдання пошуку стратегічних можливостей та формування нових стійких конкурентних переваг, які дозволять виявити та реалізувати невикористані резерви корпоративної конкурентоспроможності в майбутньому (рис.1.1).



Рисунок 1.1. Елементи конкурентоспроможності

Джерело: побудовано автором на основі джерел [1-5]

Основні (базисні) фактори, які впливають на конкурентоспроможність підприємства – природні, демографічні, наявність тих або інших ресурсів, поширення грошово-кредитна відносин. Похідні фактори включають сучасну інфраструктуру обміну інформацією, висококваліфікованих фахівців, дослідницькі структурні підрозділи в країні, галузі, підприємстві. Спеціалізовані фактори утворюють більш ґрунтовну і довгострокову основу для створення конкурентної переваги. Усі фактори в сукупності визначають

конкурентні переваги і лідируючу конкурентну позицію підприємства серед конкурентів на ринку [1-5].

До основних критеріїв конкурентоспроможності, які сьогодні відіграють вирішальну роль під час вибору товару (послуги), належать:

- якість продукції. Сучасне розуміння якості продукції – це відповідність вимогам споживачів. Продукція має захоплювати споживача. За всіх інших умов він віддає перевагу привабливішому, безпечнішому і надійнішому товару, оскільки на глобальному ринку йому є з чого вибирати;

- ціна товару. Ціна товару, як правило, залежить від його якості й орієнтована на певний рівень платоспроможності. У рамках цього рівня за інших однакових умов конкурентоспроможність тим вища, чим більше можливостей в організації знижувати ціну товару. Ці можливості залежать від реальних витрат на виробництво і реалізацію продукту;

- умови постачання. Конкурентоспроможність організації тим вища, чим суворіше виконуються договірні умови постачання. У багатьох випадках цей фактор відіграє значнішу роль, ніж ціновий;

- вартість експлуатації. За інших однакових умов переваги має продукція з нижчою вартістю експлуатації;

- зручність сервісу. У цьому питанні суттєву роль відіграє наявність сервісу з технічного обслуговування і ремонту продукції та їхня доступність. Якісна продукція за доступною ціною, економічна в експлуатації, може виявитися малопривабливою, якщо її нема де обслуговувати і ремонтувати;

- довіра до товару. Цей фактор часто враховується при визначення інтегрального фактора конкурентоспроможності. Довіра визначається іміджем виробника, сформованим у результаті тривалої бездоганної роботи на ринку. Одним із способів завоювання довіри є сертифікація продукції.

З наведених вище критеріїв конкурентоспроможності три перших (якість, ціна, строки постачання) є найважливішими. При цьому якість

продукції має вищий пріоритет. Все це спонукає підприємства підвищувати якість продукції шляхом вирішення проблем у єдиному комплексі, а саме вдосконалювати координацію та взаємозв'язок між виробничими ланками підприємства [6-12].

Задля забезпечення підвищення якості продукції на всіх стадіях виробництва необхідно застосовувати комплексну, взаємопов'язану систему, що об'єднує технічну, економічну, організаційну підсистеми підприємства.

В сучасних умовах господарювання необхідність удосконалення шляхів в управлінні якістю продукції спонукаються наступними обставинами:

- змінами науково-технічного прогресу;
- змінами вимог споживачів;
- нестабільністю природних ресурсів;
- змінами розвитку зовнішньої торгівлі.

На вдосконалення якості продукції впливає також і соціально-економічне становище, яке полягає у наступному [13-18]:

– високоякісна і конкурентоспроможна продукція завжди майже повністю задовольняє суспільно-соціальні потреби у ній. Тобто, якісна продукція еквівалентна збільшенню її виробництва за рахунок перегляду асортименту із меншими загальними витратами, що у свою чергу збільшує прибуток підприємства. Все це веде до покращення фінансового стану, стимулювання розвитку із забезпеченням відповідно конкурентоспроможності підприємства;

– підвищення якості продукції є специфічною формою прояву закону економії робочого часу. Тобто, загальна сума витрат, що затрачена на виготовлення та використання продукції більш високої якості істотно зменшується, навіть якщо її підвищення пов'язане із додатковими витратами, бо підприємство уникає витрат на продукцію нижчого ґатунку;

- високоякісна продукція дозволяє отримувати максимальний прибуток, що забезпечує фінансову стабільність підприємства;
- забезпечення високої якості продукції формує позитивний імідж підприємства в умовах нестабільності;
- якість продукції формується під впливом прогресивних технологій, що зобов'язує підприємства до впровадження інноваційної політики.

Дослідження проблеми забезпечення якості продукції неможливе без визначення понять «якість продукції» і «системи управління якістю».

Поняття «якість продукції» відіграє головну роль для стандартизації, сертифікації, захисту прав споживачів тощо, адже поєднує у собі певний набір критеріїв оцінки якості продукції. Існують різні тлумачення даного поняття. Так, деякі американські фахівці описують його як категорій, який не можливо об'єктивно описати. Наприклад, Ф. Кросбі характеризує як предмет на «відповідність вимогам», Е. Демінг відзначає, «досконалість означає отримання такого рівня якості, на який розраховує ринок», А. Фейгенбаум описує якість як «сукупність ринкових, технічних, виробничих і експлуатаційних характеристик виробу (або послуги), завдяки яким виріб, що використовується (або послуга) відповідає очікуванням споживача». Американське товариство із контролю якості та Американський інститут стандартів характеризують якість як «сукупність властивостей і характеристик виробу (або послуги), які визначають його спроможність задовольняти певні потреби» [3-5, 13-17].

Вітчизняні фахівці характеризують якість продукції як сукупність вартості, цінності, її придатності до використання чи споживання або ж як сукупність характеристик продукції, що здатні задовільними потреби споживачів.

«Якість» можна визначити як набір певних аспектів, а саме: соціального, філософського, технічного, правового та економічного [16-18]. Із технічної

точки зору, якість поєднує у собі сукупність характеристик, їх кількісні параметри, які задаються технологічним регламентом продукції та порівнюються із еталонними або аналогом, або із встановленими стандартами.

Варто розглянути поняття «якість продукції» відповідно до чинного законодавства України. Дане поняття описане у наступних правових документах: Господарському кодексі України ст. 268 [19], Цивільному кодексі України у ст. 673, Законі України «Про захист прав споживачів» [21], Законі України «Про безпечність та якість харчових продуктів» [20], міжнародному стандарті ISO 9000:2015 [23, 24] та представлено у таблиці 1.1.

Фахівець із проблем якості А. Фейгенбаум (США) виділив основні принципи із забезпеченням якості продукції [14]. Відповідно до його принципів, головні чинники забезпечення якості продукції на підприємствах можна об'єднати у тріаду: «персонал – технологія та техніка – управління». Тут велику роль відведено персоналу і його здатності до забезпечення якості продукції. Техніка та технологія поєднує у собі можливість щодо забезпеченні високої якості продукції, що реалізуються у застосуванні вдосконалених технологій виробництва, окремих операцій тощо.

Державним науково-дослідним інститутом «Система» Держстандарту України було розроблено серію нормативно-технічних документів (НТД), що об'єднують термінологію, показники і методи оцінювання рівня якості. Такими документами є: ДСТУ 2925-94 «Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення». ДСТУ 3230-95 «Управління якістю та забезпечення якості. Терміни та визначення». ДСТУ 3021-95 Випробовування і контроль якості продукції. Терміни і визначення. Міжнародний стандарт ISO 8402:1994 Загальне керівництво якістю і забезпечення якості [22-24].

Таблиця 1.1.

Характеристика поняття «якість продукції» відповідно до чинного законодавства України

Назва правового документу	Опис
1	2
Господарський кодекс України ст. 268	<p>1. Якість товарів, що поставляються, повинна відповідати стандартам, технічним умовам (у разі наявності), іншій технічній документації, яка встановлює вимоги до їх якості, або зразкам (еталонам), якщо сторони не визначають у договорі більш високі вимоги до якості товарів.</p> <p>2. Номери та індекси стандартів, технічних умов (у разі наявності) або іншої документації про якість товарів зазначаються в договорі. Якщо вказану документацію не опубліковано у загальнодоступних виданнях, її копії повинні додаватися постачальником до примірника договору покупця на його вимогу.</p> <p>3. У разі відсутності в договорі умов щодо якості товарів остання визначається відповідно до мети договору або до звичайного рівня якості для предмета договору чи загальних критеріїв якості.</p> <p>4. Якість товарів, що поставляються, повинна відповідати стандартам, технічним умовам (у разі наявності), іншій технічній документації, яка встановлює вимоги до їх якості, або зразкам (еталонам), якщо сторони не визначають у договорі більш високі вимоги до якості товарів.</p> <p>5. Номери та індекси стандартів, технічних умов (у разі наявності) або іншої документації про якість товарів зазначаються в договорі. Якщо вказану документацію не опубліковано у загальнодоступних виданнях, її копії повинні додаватися постачальником до примірника договору покупця на його вимогу.</p> <p>6. У разі відсутності в договорі умов щодо якості товарів остання визначається відповідно до мети договору або до звичайного рівня якості для предмета договору чи загальних критеріїв якості.</p> <p>7. Постачальник повинен засвідчити якість товарів, що поставляються, належним товаросупровідним документом, який надсилається разом з товаром, якщо інше не передбачено в договорі.</p> <p>8. У разі поставки товарів більш низької якості, ніж вимагається стандартом, технічними умовами (у разі наявності) чи зразком (еталоном), покупець має право відмовитися від прийняття і оплати товарів, а якщо товари уже оплачені покупцем, - вимагати повернення сплаченої суми.</p> <p>9. У разі якщо недоліки поставлених товарів можуть бути усунені без повернення їх постачальнику, покупець має право вимагати від постачальника усунення недоліків у місцезнаходженні товарів або усунути їх своїми засобами за рахунок постачальника. 10. Якщо поставлені товари відповідають стандартам або технічним умовам (у</p>

Продовження табл. 1.1.

1	2
	<p>разі наявності), але виявляється більш низького сорту, ніж було зумовлено, покупець має право прийняти товари з оплатою за ціною, встановленою для товарів відповідного сорту, або відмовитися від прийняття і оплати поставлених товарів.</p> <p>9. У разі якщо недоліки поставлених товарів можуть бути усунені без повернення їх постачальнику, покупець має право вимагати від постачальника усунення недоліків у місцезнаходженні товарів або усунути їх своїми засобами за рахунок постачальника.</p> <p>10. Якщо поставлені товари відповідають стандартам або технічним умовам (у разі наявності), але виявляється більш низького сорту, ніж було зумовлено, покупець має право прийняти товари з оплатою за ціною, встановленою для товарів відповідного сорту, або відмовитися від прийняття і оплати поставлених товарів.</p> <p>11. У разі якщо покупець (одержувач) відмовився від прийняття товарів, які не відповідають за якістю стандартам, технічним умовам (у разі і наявності), зразкам (еталонам) або умовам договору, постачальник (виробник) зобов'язаний розпорядитися товарами у десятиденний строк, а щодо товарів, які швидко псуються, – протягом 24 годин з моменту одержання повідомлення покупця (одержувача) про відмову від товарів. Якщо постачальник (виробник) у зазначений строк не розпорядиться товарами, покупець (одержувач) має право реалізувати їх на місці або повернути виробникові. Товари, що швидко псуються, підлягають в усіх випадках реалізації на місці.</p>
<p>Цивільний кодекс України ст. 673</p>	<p>1. Продавець повинен передати покупцеві товар, якість якого відповідає умовам договору купівлі-продажу.</p> <p>2. У разі відсутності в договорі купівлі-продажу умов щодо якості товару продавець зобов'язаний передати покупцеві товар, придатний для мети, з якою товар такого роду звичайно використовується.</p> <p>Якщо продавець при укладенні договору купівлі-продажу був повідомлений покупцем про конкретну мету придбання товару, продавець повинен передати покупцеві товар, придатний для використання відповідно до цієї мети.</p> <p>3. У разі продажу товару за зразком та (або) за описом продавець повинен передати покупцеві товар, який відповідає зразку та (або) опису.</p> <p>4. Якщо законом встановлено вимоги щодо якості товару, продавець зобов'язаний передати покупцеві товар, який відповідає цим вимогам.</p> <p>Продавець і покупець можуть домовитися про передання товару підвищеної якості порівняно з вимогами, встановленими законом.</p>

Продовження табл. 1.1.

1	2
Закон України «Про захист прав споживачів»	<p>Згідно статті 4 споживачі під час придбання, замовлення або використання продукції, яка реалізується на території України, для задоволення своїх особистих потреб мають право на:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) захист своїх прав державою; 2) належну якість продукції та обслуговування; 3) безпеку продукції; 4) необхідну, доступну, достовірну та своєчасну інформацію державною мовою про продукцію, її кількість, якість, асортимент, її виробника (виконавця, продавця) відповідно до Закону України «Про забезпечення функціонування української мови як державної»; 5) відшкодування майнової та моральної шкоди, завданої внаслідок недоліків продукції (дефекту в продукції), відповідно до закону; 6) звернення до суду та інших уповноважених державних органів за захистом порушених прав; 7) об'єднання в громадські організації споживачів (об'єднання споживачів).
Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів»	<ol style="list-style-type: none"> 1) Мінімальні специфікації якості – характеристики якості, встановлені у вигляді органолептичних, хімічних, біологічних та фізичних характеристик харчового продукту, яким повинен відповідати певний харчовий продукт для того, щоб вважатися придатним для споживання людиною протягом його терміну придатності; 2) Належна практика виробництва – практика виробництва харчових продуктів і допоміжних засобів та матеріалів для виробництва та обігу харчових продуктів, яка необхідна для виробництва безпечних та якісних продуктів, що відповідають технічним регламентам, санітарним заходам та іншим вимогам, що визначені у цьому Законі; 3) Якість харчового продукту – ступінь досконалості властивостей та характерних рис харчового продукту, які здатні задовольнити потреби (вимоги) та побажання тих, хто споживає або використовує цей харчовий продукт.
Міжнародний стандарт ISO 9000:2015	<ol style="list-style-type: none"> 1) Організація, орієнтована на якість, сприяє формуванню культури, що має результатом поведінку, ставлення, діяльність і процеси, які додають цінність через задоволення потреб і очікувань замовників й інших відповідних зацікавлених сторін. 2) Якість продукції та послуг організації визначають здатністю задовольняти замовників, а також передбаченим і непередбаченим впливом на відповідні зацікавлені сторони. 3) Якість продукції та послуг охоплює не тільки їхні передбачені функції та характеристики, але також їхні сприймані цінність і користь для замовника.

Джерело: побудовано автором за матеріалами [30-32]

Якість продукції характеризується відповідними показниками якості, які відображають кількісні характеристики властивостей певної продукції, що оцінюють її властивості при певних умовах виробництва і експлуатації чи споживання. Розрізняють наступні показники якості [18, 25, 26], а саме: сукупність властивостей; кількість характеристик (одиничні, групові, комплексні, інтегральні); об'єкти оцінювання якості (базові та відносні); способи визнання (показники, які вимагаються споживачем чи виробником); способи визначення (прогнозні, виробничі, проектні, експлуатаційні); методи розрахунку (розрахункові, експериментальні, статичні, експертні). У свою чергу, до показника за сукупністю властивостей відносяться наступні характеристики: фізичні, естетичні, органолептичні, функціональні, ергономічні, економічності, довговічності, екологічні, транспортабельності та безпеки. Фізичні властивості характеризуються такими показниками як: технологічні, призначенням, функціональної точності, надійності, довговічності. Використання продукції за призначенням та сферу її застосування формують показник призначення; до показника надійності відносяться поняття безвідмовності, терміну збереження, довговічності виробу, ремонтпридатності; до технологічних показників віднесено ефективність конструкторсько-технологічних рішень, що використовуються для забезпечення високої продуктивності; функціональну точність характеризують параметри безперебійної роботи, точності виконання операцій та відповідність технічній документації.

Інформаційно-інтелектуальна оцінка (ІО) – це процес збору, аналізу та інтерпретації інформації з метою прийняття рішень, що використовує інформаційні технології та інтелектуальні ресурси для оцінки якості, надійності та актуальності інформації, а також для аналізу контексту та взаємозв'язків між різними частинами інформації. Теоретичні аспекти включають когнітивний підхід, який досліджує психологічні аспекти

прийняття рішень, аналітичний підхід, що базується на розвитку методів для аналізу інформації, і системний підхід, що розглядає процес як систему з різними компонентами. Сучасні напрями досліджень включають розробку штучного інтелекту, аналіз великих даних і кібербезпеку для покращення точності інформаційного аналізу.

У зв'язку з цифровізацією світу та збільшенням показників якості харчової продукції постає питання про впровадження інтелектуальних методів для оцінки та прогнозування якості харчової продукції.

На якість також впливає багато різноманітних факторів, таких як випадкових, суб'єктивних та місцевих [27-29]. Тому, виникає необхідність у створенні системи управління якістю у вигляді сукупності різного роду заходів, які спрямовані на підтримку відповідного рівня якості.

Концепцію управління якістю, яка є класичною і стала основою для професійного розвитку в даній галузі, було розроблено видатними дослідниками та практикаками у цій області. До числа засновників цих концепцій відносяться Фредерік Тейлор, Генрі Форд, Вальтер Шухарт, Едвард Демінг, Джозеф Джуран, Каору Ісікава, Арнольд Фейгенбаум, Genichi Taguchi, Філіп Кросбі, та Джеймс Харінгтон [13-17]. Їх вклад у розвиток якості полягав у здійсненні спостережень, наданні рекомендацій та узагальненні отриманих результатів у своїх наукових та практичних роботах.

Ф. Тейлор є засновником наукового менеджменту питань контролю якості промислової продукції [14]. Його система щодо якості виробу ґрунтувалася на встановленні допусків у вигляді верхньої та нижньої границь, введені вимірювальних інструментів шаблонів, двох типів калібрів. З'являються інспектори з якості. Перевагою такої системи є механізм контролю якості певного виробу, що дозволяє розділяти продукцію на якісну та дефектну. Такий механізм використовується і по сьогоднішній час. Недоліками такої системи є збільшення штату контролерів та створення

конфліктних ситуацій між конструкторами, технологами та виробниками, визначення браку лише готової продукції.

Статистичний контроль якості (Statistical Quality Control – SQC) – це концепція, яка ґрунтується на застосуванні методів математичної статистики. Вона була заснована американською фірмою Bell Telephone Laboratories. Вона використовувала два напрямки: перший направлений на вибірковий контроль готової продукції (Г. Доджем та Г. Ромігом були розроблені перші плани контролю); другий направлений на забезпечення стабільності процесів із застосуванням контрольних карт та теорій варіабельності У. Шухарта [30-31].

Ідеї Шухарта були розвинені Е. Демінгом та адаптовані японськими спеціалістами безпосередньо на робочих місцях і отримали назву «сім простих інструментів якості» [30-31].

Далі починається перехід до системи загального контролю якості (Total Quality Control – TQC), яка поєднує у собі статистичні методи та організаційні методи в управлінні якістю. Ця система була запропонована А. Фейгенбаумом і вперше була впроваджена у Японії, а пізніше у модифікованому вигляді в США та Європі. Особливість даної системи полягає у залученні всіх робітників підприємства до управління якістю.

Г. Тагути своїми роботами розширив використання статистичних методів контролю якості на процеси розробки та проектування продукції. Він запропонував враховувати втрати якості, що пов'язані не тільки із виходом контрольованого значення за допустимі межі, а й із відхиленнями цього показника за номінальні. Ним були введені поняття функції втрати якості та робастного проектування. Метод планування експерименту використовується для забезпечення мінімум функції втрати і створення робастного продукту.

Система TQC була зорієнтована на виробничі процеси. На зміну їй приходить система загального управління якістю (Total Quality Management –

TQM). Концепція TQM поєднує у собі підходи до організації процесів планування, контролю та забезпеченні якості продукції підприємством.

Стандарт ISO серії 9000 включає сучасні тенденції управління якістю та містить вісім принципів управління, один із яких – «Прийняття рішень, що засновані на фактах. Ефективні рішення, що ґрунтуються на аналізі даних та інформації». Збір, обробка та аналіз необхідної інформації для ефективного прийняття управлінських рішень можливо лише із використанням статистичних методів [29].

У наукових дослідженнях описані наступні концепції якості продукції [29]:

- система якості (Quality System);
- система менеджменту, заснована на управлінні якістю (Quality Driven Management System);
- загальне управління якістю (Total Quality Management);
- забезпечення якості (Quality Assurance);
- управління якістю (Quality Control);
- статистичний контроль якості (Statistical Quality Control);
- система забезпечення якості (Quality Assurance System);
- гарантія продукції (Product Assurance);
- загальний виробничий менеджмент (Total Manufacturing Management);
- передовий виробничий досвід (Good Manufacturing Practices);
- система управління виробничими ресурсами (Environmental Management System);
- загальний менеджмент якості в сфері охорони навколишнього середовища (Environmental TQM);
- загальне забезпечення виробництва (Total Manufacturing Assurance);

- інтегрований менеджмент процесів (Integrated Process Management);
- менеджмент з метою поліпшення якості (Management for Quality Improvement);
- система впровадження безперервних покращень (Continuous Improvement Implementation System);
- повне перетворення якості (Total Quality Transformation);
- менеджмент системи якості (Quality System Management).

Широке застосування інформаційно-інтелектуальних технологій у всіх сферах діяльності підприємств створило підґрунтя до активного використання комп'ютерних технологій для статистичних методів управління якістю. Виділяються два напрямки застосування комп'ютерних технологій у задачах управління якістю. Перший напрямок пов'язаний із використанням універсальних або спеціальних програмних продуктів по статистичним методам при вирішенні конкретних виробничих задач. Другий напрямок включає створення комп'ютерної системи управління якістю на основі єдиного електронного опису продукту на всіх його етапах життєвого циклу (CALS – технології), до складу якої входить база даних про методи статистичної діагностики, які застосовуються, що включає системи збору, реєстрації, зберігання та обробки даних про якість [32].

Універсальним програмним засобом є електронні таблиці Excel, які володіють широкими можливостями для статистичного аналізу із використанням статистичних функцій, інструментів для побудови ліній тренду, вбудованого пакету аналізу даних [30, 31].

Більш широким спектром інструментальних можливостей володіють статистичні пакети SPSS, Statgraphics, Statistica та інші. Так система Statistica включає набір спеціальних модулів, що орієнтовані на контроль та аналіз якості: це модулі «Контрольні карти», «Аналіз процесів» та «Планування експерименту».

Із спеціальних програмних продуктів відомі наступні: програми Attestator для аналізу та атестації технологічних процесів та обладнання, Regulator – для оперативного регулювання процесу, Plank – для розроблення планів вибіркового контролю в поточному виробництві, QStat – для статистичного контролю і прийманні партій продукції по альтернативному за альтернативним принципом, Quality Informator – програма структурного аналізу інформації про стан виробництва.

Створення комп'ютерної системи управління якістю на основі CALS–технології (Continuous Acquisition and Life cycle Support) активно використовується при розробці та виробництві науково-ємкісної продукції [32]. Застосування CALS–технології дозволяє вирішувати проблеми забезпечення якості продукції, що виготовляється, оскільки електронний опис життєвого циклу виробу повністю відповідає вимогам міжнародних стандартів якості ISO серії 9000.

Концепція CALS пропонує створення єдиного інформаційного простору для всіх організацій – учасників життєвого циклу виробу, в рамках якого вся інформація про виріб представлена в електронному вигляді на основі стандартів. Система якості при цьому має дві складові. Перша включає організаційні та нормативно-методичне забезпечення. Для реалізації цієї складової використовуються функціональні моделі процесів з точки зору забезпечення якості. Така модель представляється у вигляді структурованих зображень функцій виробничої системи або середовища, інформації та об'єктів, що зв'язують ці функції. Функціональна модель у даному випадку виступає інструментом проведення аналізу системи якості та її покращення. Друга складова – це інформаційна система збору, реєстрації, зберігання та обробки даних про якість, яка представляється як інтегроване інформаційне середовище. В ній всі процеси життєвого циклу виробу подаються у вигляді інформаційних об'єктів, які описують структуру виробів, їх склад та всі

компоненти. Кожний інформаційний об'єкт характеризується набором атрибутів, що описують властивості реального об'єкта.

Отже, у даній дисертаційній роботі надамо авторське визначення системи управління якістю харчової продукції – це комплекс заходів, що поєднують у собі різноманітні характеристики та їх кількісні параметри управління якістю харчової продукції за рахунок інформаційно-інтелектуальної оцінки та прогнозування якості харчової продукції для вдосконалення процесу підвищення якості продукції.

Найбільш актуальною задачею для сучасних підприємств є забезпечення надійного управління об'ємом різного роду інформації, яка створюється, зберігається та використовується у різноманітних інформаційних системах, які існують на підприємстві та пов'язані із інформаційною підтримкою продукту на всій лінії його життєвого циклу. Тобто, задача зводиться до отримання і використання для обробки необхідної інформації у потрібний час. Для використання новітніх інформаційних технологій контролю якості виникає необхідність у створенні чи використанні уже існуючого програмного забезпечення та інтегрування його в єдиний інформаційний простір підприємства.

1.2 Аналіз інструментальних засобів створення інтелектуальних систем

Для створення ІС (інтелектуальної системи) необхідна участь у ній особливих фахівців, які мають необхідну кількість знань і виконують функції «посередників» між експертами в певній предметній області та комп'ютерними системами. За рахунок розвитку систем з базами знань підприємства досягають значної економії коштів, розвивають і вибудовують їх у спеціальні бізнес-процеси, які були б неможливі без комп'ютерної експертизи. Об'єднання всіх видів програмних продуктів та їх окремих

компонентів в єдину ІС визнано економічно вигідним, оскільки дозволяє істотно зменшити витрати на підготовку кваліфікованого персоналу, подальшу перевірку працездатності й надійності розроблюваних і дослідницьких систем, зменшити час проектування. Технологія створення ІС містить у собі наступні етапи [33, 35-42]:

- етап ідентифікації проблем, на якому визначаються завдання, які підлягають вирішенню, виявляються цілі розробки, визначаються експерти і типи користувачів;

- етап накопичення знань, на якому проводиться змістовний аналіз проблемної області, виявляються поняття і їх взаємозв'язки, визначаються методи розв'язання задач;

- етап структуризації знань, під час якого обираються інформаційні системи і визначаються способи подання всіх видів знань, формалізуються основні поняття, визначаються способи інтерпретації знань, моделюється робота системи, оцінюється адекватність цілям системи зафіксованих понять, методів рішень, засобів представлення й маніпулювання знаннями;

- етап формалізації, під час якого здійснюється наповнення експертом бази знань, як правило процес набуття знань здійснюється інженером зі знань на основі аналізу діяльності експерта з вирішення реальних завдань;

- реалізація ІС, на якому відбувається створення одного або декількох прототипів ІС, що вирішують поставлені задачі;

- етап тестування, на якому проводиться загальна оцінка обраного способу представлення знань.

Отже, щоб зменшити час розробки інтелектуальних систем, використовується спеціальний інструментарій, який включає як програмні, так і апаратні засоби. До апаратних засобів відносяться: ЕОМ загального призначення, інтелектуальні робочі станції, послідовні символні ЕОМ (LISP і PROLOG) та паралельно символні ЕОМ [33-36, 35-42].

Програмні засоби, необхідні для проектування ІС (інтелектуальних систем), класифікують таким чином: оболонки експертних систем, мови програмування високого рівня, середовище програмування, що підтримує кілька парадигм, додаткові модулі [33, 35-37, 42].

Оболонки експертних систем (expert system shells). Під оболонкою (shells) розуміється інструментальний засіб для створення ІС, до складу оболонки якого входять засоби проектування бази знань, що підтримують різні форми представлення знань та режими роботи того, хто розв'язує завдання. Інженер знань у відповідності до певної предметної області визначає потрібний спосіб представлення знань, стратегії вирішення завдань. Після здійсненого вибору вводить їх в оболонку і таким чином створює певну експертну систему. Існує велика кількість програмних оболонок для створення експертних систем, серед яких можна виділити EXSYS, PROSPECTOR, EMYCIN та Малу експертну систему. Наприклад, система EMYCIN, створена на основі системи MYCIN. В EMYCIN збережений інтерпретатор і всі базові структури даних – таблиці знань і пов'язаний з ними механізм індексації. Оболонка доповнена спеціальною мовою, що поліпшує читабельність програм, і засобами підтримки бібліотеки типових випадків і висновків, виконаних по них експертною системою. На базі EMYCIN розроблено експертні системи і для інших галузей знань, наприклад, програма структурного аналізу SACON. Типовим представником інструментальних засобів для створення ІС є пакет EXSYS. Його остання модифікація, Exsys Developer 8.0., призначена для створення прикладних експертних систем в різних предметних областях. Експертна система Exsys являє собою інтелектуальну систему, яка може бути використана для розробки бази знань у будь-якій предметній області. При цьому знання представляються у вигляді продукційних правил, тобто використовуються складні правила виду **ЯКЩО-ТО-ІНАКШЕ**. Для вибору стратегії отримання висновку в системі за замовчуванням

використовується зворотний ланцюжок виводу. В систему включені засоби налагодження і тестування програми, редагування для модифікації знань і даних. Система Prospector працює з нечіткими даними і нечіткими знаннями. Інтелектуальна система, створена на основі оболонки Prospector, повинна вміти пояснювати хід своїх «думок» [33-42].

Мови програмування високого рівня. Мови програмування високого рівня звільняють розробника від необхідності заглиблюватися в деталі реалізації системи, фактично це способи ефективного розподілу пам'яті, низькорівневі процедури доступу та маніпулювання даними. Інструментальні засоби цієї категорії характеризуються вмінням працювати з комплексними структурами даних. Прикладами мов високого рівня є OPS5, C++, C#, Java, JavaScript, Python, PHP, Ruby, Perl, Pascal, Delphi, LISP. Одним з найбільш відомих представників таких мов є OPS5. Ця мова проста у вивченні й надає програмісту більш широкі можливості, ніж типові спеціалізовані оболонки. Слід зазначити, що більшість подібних мов так і не були доведені до рівня комерційного продукту, тому являють собою інструмент для дослідження [33-42].

Середовище програмування, що підтримує кілька парадигм (*multiple-paradigm programming environment*). Лісп (LISP) і Пролог (Prolog) [38, 39, 42] - найпоширеніші мови, призначені для вирішення задач штучного інтелекту. На основі мов штучного інтелекту створюються спеціалізовані комп'ютери (наприклад, Лісп-машини), призначені для вирішення задач штучного інтелекту. У групу програмних засобів штучного інтелекту входять спеціальні інструментарії загального призначення. Як правило, це бібліотеки та надбудови над мовою штучного інтелекту LISP: KEE (Knowledge Engineering Environment), FRL (Frame Representation Language), KRL (Knowledge Representantion Language), ARTS та ін. [33, 36, 38-40], дозволяють користувачам працювати з заготовками експертних систем на більш високому рівні, ніж це

можливо в звичайних мовах штучного інтелекту. Отже, засоби цієї категорії включають кілька програмних модулів, що дає змогу користувачу комбінувати у процесі створення ІС різні стилі програмування. Серед перших проектів була дослідницька програма LOOP, що допускала можливість використання двох типів подання знань: базованого, заснованого на системі правил й об'єктно-орієнтованого. У середовищах KEE і Knowledge Craft додано логічне програмування в стилі мови PROLOG. Нова версія KEE, відома під назвою KAPPA-PC, надає в розпорядження програміста ще більш широкий набір стилів для комбінування правил, об'єктів і процедур. Найбільшу популярність одержали KEE, Knowledge Craft й ARTS, оскільки надають у розпорядження кваліфікованому користувачу множину опцій [133-42].

Додаткові модулі. Засоби цієї категорії представляють автономні програмні модулі, призначені для виконання специфічних завдань у рамках обраної архітектури системи рішення проблем. Наприклад, модуль роботи з семантичною мережею системи VT, який широко використовується у системі семантичних мереж. Цей модуль дає змогу відслідковувати зв'язки між значеннями раніше встановлених і нових параметрів проектування у процесі створення проекту [33-42].

Отже, експертні системи, як різновид інформаційно-інтелектуальних систем, широко використовуються для вирішення широкого кола неформалізованих завдань. Вони є результатом інженерних знань програмістів і експертів з певної предметної області. На сьогодні існує багато інструментальних засобів для створення інтелектуальних систем. При створенні ІС розробник повинен підібрати найбільш оптимальний інструментарій, який буде задовольняти конкретній області знань та задачам, які будуть перед ним поставлені [38-42].

Наразі, найперспективнішим методом прогнозування є використання нейронних мереж, які як потужний технологічний інструмент дають змогу

полегшити спеціалісту процес прийняття важливих рішень в умовах невизначеності, дефіциту часу і обмежених інформаційних ресурсів. Характерною рисою є їх здатність змінювати свою поведінку залежно від змін зовнішнього середовища з урахуванням прихованих закономірностей з потоку даних. Нейронні мережі дають можливість вирішувати такі задачі, зокрема [38-42]:

- розпізнавання людської мови і абстрактних образів;
- класифікація стану складних систем;
- управління технологічними процесами і фінансовими потоками;
- вирішення аналітичних, дослідних, прогнозних задач, пов'язаних з величезними інформаційними потоками.

Штучні нейронні мережі складаються з великої кількості простих нейронів. Кожен нейрон мережі періодично отримує вхідні сигнали, проводить певні обчислення (сума, різниця, добуток, сигмоїдальна функція тощо) і подає вихідні сигнали іншим нейронам. З'єднані в велику мережу з керованою взаємодією, нейрони можуть виконувати різні складні завдання. Незважаючи на те, що нейронні мережі можуть бути реалізовані у вигляді швидких апаратних пристроїв, більшість досліджень виконується з використанням програмного моделювання, яке виявляється цілком адекватним і достатнім, забезпечуючи гнучке середовище для пошуку і перевірки дослідних завдань [38-42].

Оскільки нейромережні технології не вимагають підвищених вимог до точності вхідних даних як на етапі навчання, так і під час їх застосування, тому їх використовують для аналізу даних та прогнозування. При цьому нейронні мережі здатні навчатися на певному наборі і таким чином пристосовуватися до поточної ситуації, а також стабільно розпізнавати та прогнозувати нові ситуації з високим рівнем точності в умовах зовнішніх перешкод (наприклад, появи неповних чи суперечливих значень в потоках інформації) [39-44].

Отже, для ефективного прогнозування з використанням нейронних мереж необхідні певні мінімальні спостереження та час для досягнення результату [39-44]. Інтелектуальні системи на основі штучних нейронних мереж успішно вирішують проблеми ідентифікації і управління, прогнозування, оптимізації. Нейронні мережі дають змогу реалізувати необхідний для процесу нелінійний алгоритм управління при неповному, неточному описі об'єкта управління (або навіть при відсутності опису), створювати м'яку адаптацію, що забезпечує стійкість системі при нестабільності параметрів.

1.3 Структурно-функціональна модель дослідження виробничого процесу

Організація та управління інформаційними потоками на суб'єкті господарювання є одним із важливих напрямків для ефективного керування в цілому. Кожний суб'єкт господарювання характеризується великою кількістю виробничих процесів, які вимагають постійного контролю та коригування [45, 46]. Саме тому, постає питання підвищення інформативності та керованості виробничими процесами за рахунок застосування різноманітних програмних продуктів CASE-технологій, котрі можуть бути використані для опису як окремих етапів виробничих процесів, так і охоплювати всі процеси в цілому. Структурно-функціональні моделі CASE-технологій дозволяють представити процес виробництва харчової продукції, на прикладі вершкового масла, у форматі відображення структур та функцій системи, інформаційних потоків та матеріальних об'єктів на основі методології моделювання IDEF0.

На даний час достатньо висвітлено питання застосування CASE-технологій для моделювання різного роду виробничих та бізнес-процесів, які викладені у вигляді наукових статей, монографій, навчальних посібників та

інших матеріалів [47-49]. Так, Цюцюра М.І та Демідов П.Г [50] описали технологію розробки баз даних ERP – системи управління промисловим підприємством, Бреус Н.М. [51] застосувала структурно-функціональне моделювання для опису технології виробництва морозива. Управління процесом включає заходи планування та забезпечення виробничої діяльності підприємства, які змінюються за рахунок впровадження вдосконалених технологій та засобів автоматизації. Тому, виникає потреба у застосуванні програмно-технічних засобів, які використовують CASE- технологію методології проектування інформаційних систем. Така технологія побудована на основі структурного та об'єктно-орієнтованого аналізу бізнес-процесів у вигляді діаграм для опису зв'язків між моделями системи.

У сучасному світі інформаційні системи стали необхідним інструментом, що охоплює різні сфери діяльності людини. Із розвитком інформаційних технологій та складністю об'єктів керування зростає й складність самих функціональних та інформаційних моделей таких систем.

Виділення бізнес-процесів для підприємства є досить важливим етапом структуризації процесу виробництва продукції. Це дозволяє виділити основні та додаткові процеси. Так, основні процеси описують саме виробництво продукції, а додаткові – допомагають підвищити її інформативність та якість.

Основу сучасного підходу до організації методів керування процесу складає реінжиніринг бізнес-процесів, який має на меті фундаментальне переосмислення всіх бізнес-процесів на підприємстві, що направлені на підвищення основних показників, а саме собівартості, якості та продуктивності. Реінжиніринг використовує засоби, методи та відповідні інформаційні технології, які направлені на процес стратегічного інноваційного розвитку із збільшенням автоматизації існуючих процесів.

Для створення інформаційної технологічної моделі виробництва харчової продукції, на прикладі вершкового масла, використовується CASE-

технологія із застосуванням програмного продукту AllFusion Process Modeler 7 (BPwin). Методологія такого моделювання дозволяє описати систему в цілому у вигляді взаємозв'язаних дій та функцій [47, 48]. BPwin підтримує стандарти IDEF0, DFD, IDEF3, які дозволяють оптимізувати процедури в компанії на основі стандарту якості ISO9000, має вбудований генератор звітів та засоби документування моделей та проектів.

Методологія IDEF0 базується на трьох основних елементах, які використовуються для моделювання та аналізу систем, процесів та проектів з метою поліпшення їх функціонування та ефективності:

- 1) функціональні блоки;
- 2) дуги взаємодій;
- 3) принципи декомпозиції розбиття складного процесу на його складові.

Таким чином, аналізуючи результати наукових досліджень та практичний досвід у галузі управління якістю продукції, можна зробити наступні висновки: якість продукції визначається процесом постійного вдосконалення, що вимагає впровадження інформаційно-інтелектуальних методів оцінки та прогнозування якості харчової продукції.

Тому в рамках даного дослідження під поняттям «управління якістю харчової продукції» вважатимемо комплексний підхід до забезпечення високої якості харчової продукції, який включає в себе різноманітні концепції та методики. Серед основних концепцій управління якістю харчової продукції можна виділити наступні:

1. Забезпечення якості продукції (QA - Quality Assurance): передбачає встановлення стандартів та процедур для забезпечення якості продукції на всіх етапах виробництва. Вона покликана запобігати помилкам та відхиленням в якості та гарантувати відповідність харчової продукції стандартам.

2. Системний підхід до управління якістю: концепція, що базується на розгляді виробничого процесу як складної системи, де всі компоненти

пов'язані між собою та взаємодіють для досягнення високої якості продукції. Вона вимагає комплексного підходу та вивчення всіх аспектів виробництва.

3. Управління ризиками та безпекою продукції: концепція спрямована на ідентифікацію потенційних ризиків в процесі виробництва харчової продукції та визначення критичних контрольних точок для мінімізації цих ризиків, визначає систему контролю, яка допомагає забезпечити безпечність харчової продукції.

4. Системи управління якістю (QMS - Quality Management Systems): використовуються стандарти такі як ISO 9001 для впровадження системи управління якістю в організації. Системи допомагають підприємствам досягти високого рівня якості та відповідності вимогам стандартів.

5. Тотальне управління якістю (TQM): передбачає активну участь персоналу та зацікавлених сторін, щоб досягти високої якості продукції та задоволення потреб споживачів. Концепція акцентується на постійних покращеннях та вдосконаленнях у всіх аспектах виробництва.

6. Співпраця з постачальниками та контроль якості сировини: важливим елементом управління якістю є співпраця з постачальниками сировини та компонентів для забезпечення високої якості вихідної сировини.

7. Споживачо-орієнтований підхід: врахування вимог клієнтів для покращення якості продукції та задоволення їхніх потреб.

8. Досягнення ефективності виробництва: оптимізація технологічних процесів та покращення продуктивності для забезпечення високої якості та ефективності виробництва.

9. Навчання та розвиток персоналу: підготовка та навчання персоналу для забезпечення знань та навичок у галузі якості.

10. Інновації та дослідження: впровадження нових технологій та досліджень для покращення якості продукції.

Усі ці концепції спільно сприяють покращенню якості харчової продукції, забезпечують безпеку споживачів та підвищують конкурентоспроможність суб'єктів господарювання. Наукові дослідження та впровадження цих концепцій є важливою складовою розвитку та вдосконалення харчової продукції.

Спираючись на раніше наведене авторське визначення системи управління якістю харчової продукції (підрозділ 1.1.), розглянемо процес управління якістю харчової продукції. Управління якістю харчової продукції є складним та багатограним процесом, спрямованим на досягнення та підтримання високого стандарту якості та який об'єднує наукові, технічні та управлінські аспекти для досягнення високої якості харчової продукції.

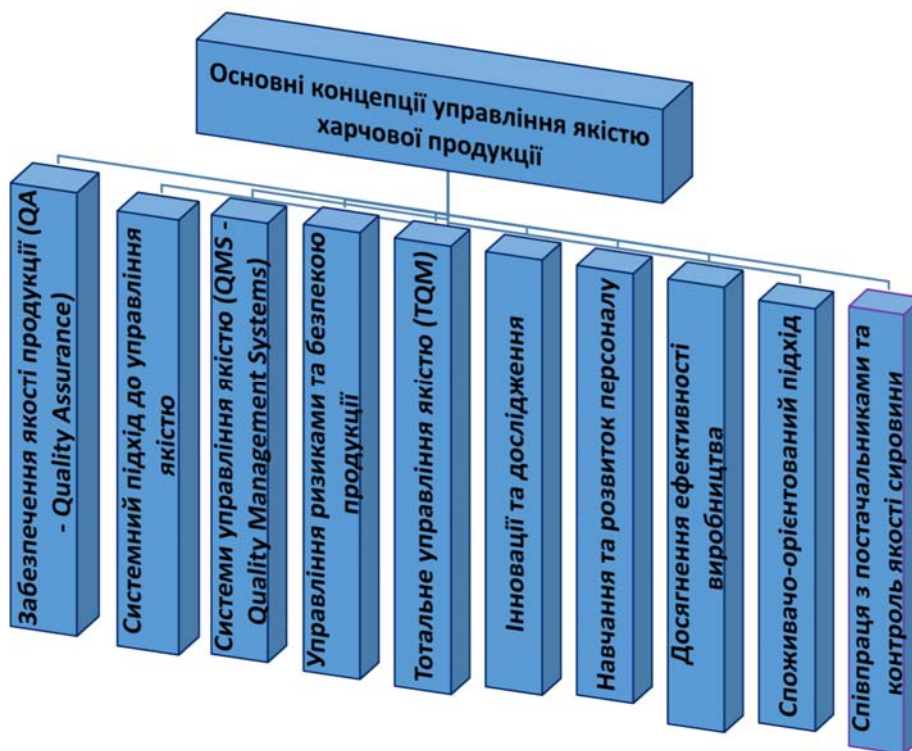


Рис. 1.2. Узагальнена модель концепцій управління якістю харчової продукції.

Джерело: побудовано автором на основі джерел [6-14]

Модель інформаційної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції (рис. 1.3) – це систематична стратегія, що включає стратегічне планування, стандарти якості, контроль виробництва, систему моніторингу та управління ризиками. Модель ґрунтується на принципах системного підходу до управління та враховує всі аспекти виробництва та споживання продукції з метою досягнення якості харчової продукції. Ці концепції можуть використовуватися окремо або в поєднанні для досягнення високої якості та безпеки харчової продукції, а також для відповідності стандартам та вимогам якості, що ставляться до харчової індустрії.

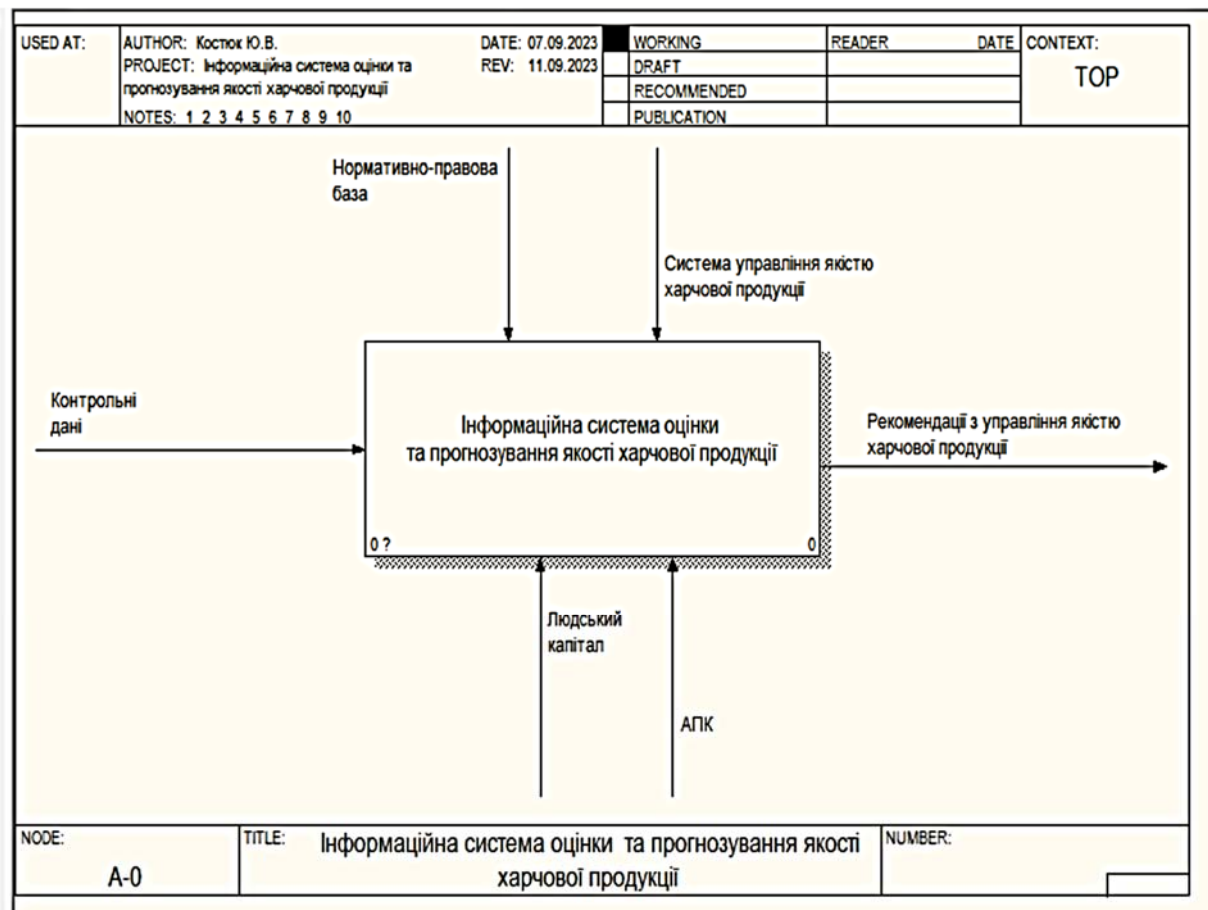


Рисунок 1.3. Модель інформаційної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором в середовищі ERWin (знімок з екрана)

Система управління якістю виконується за рахунок оцінки та прогнозів вручну або з використанням табличного редактора Excel.

Процес управління якістю ґрунтується на реалізації різноманітних управлінських рішень. Одним із підходів, що використовуються для побудови концепції управління якістю є процесний підхід, який організовує та представляє процес управління якістю у вигляді безперервного ланцюга взаємопов'язаних функцій, які спонукають виробництво забезпечувати високу якість. Процес управління якістю представляється у вигляді безперервного впливу на виробництво, що здійснюється шляхом реалізації послідовних логічних взаємопов'язаних функцій задля забезпечення якості. Такими функціями виступають: політика і планування якості, організація роботи із якості, контроль якості, інформація про якість, прийняття рішень та їх реалізація, взаємодія із зовнішнім середовищем, навчання і мотивація персоналу.

Розглянемо застосування вищенаведеної моделі (рис. 1.4) на прикладі оцінки та прогнозування якості харчової продукції (вершкового масла). Модель інформаційної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції є важливим інструментом для досягнення та збереження високого рівня якості готової продукції. Ця модель враховує багато аспектів, що впливають на якість харчової продукції, і дозволяє проводити аналіз, оцінку та прогнозування цієї якості. Прогнозування відбуваються в ручному режимі.

Ідентифікація даних в моделі інформаційної системі оцінки та прогнозування якості харчової продукції відіграє важливу роль у забезпеченні точності та ефективності цього процесу.

Сховище даних є центральним елементом для ефективного управління якістю та безпекою продукції. Воно дозволяє збирати, зберігати, організовувати та аналізувати дані, необхідні для впровадження стратегій управління якістю та прогнозування якості продукції.

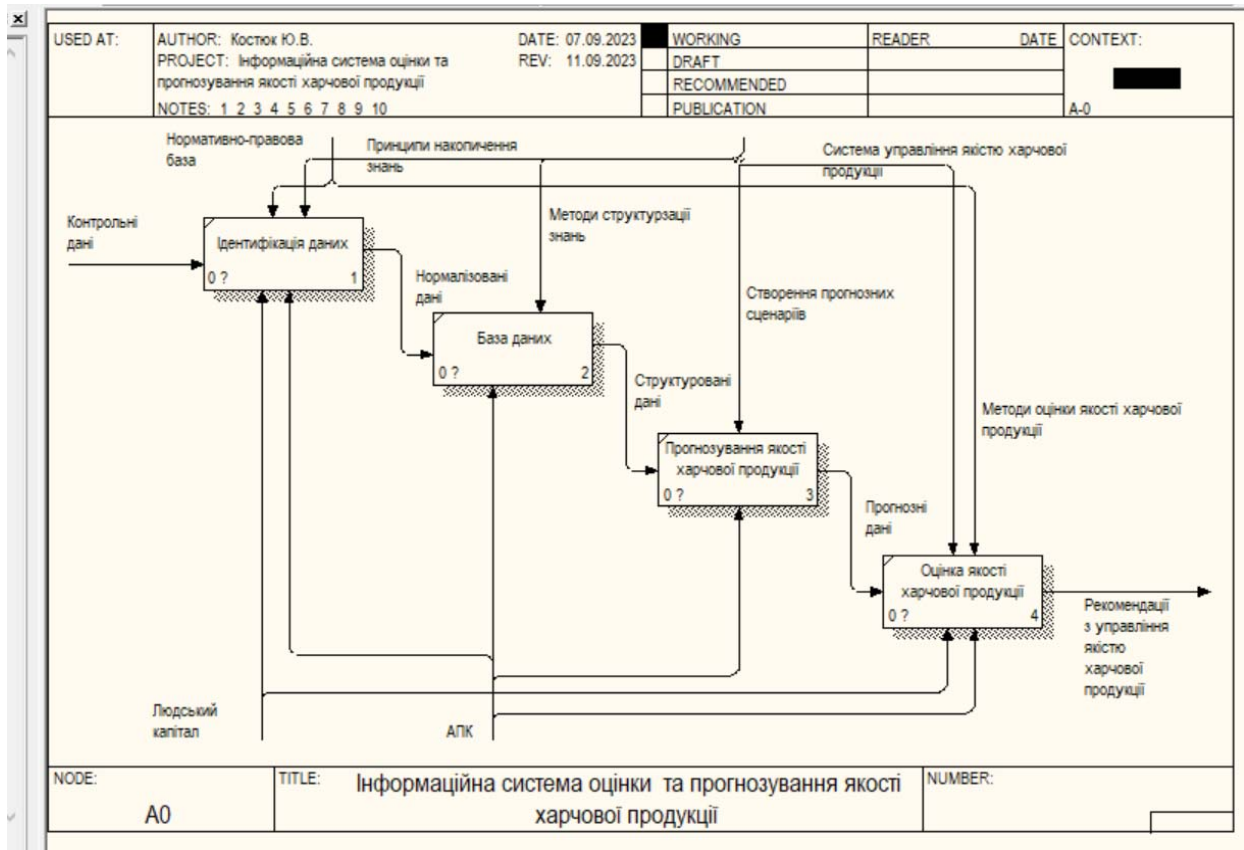


Рисунок 1.4. Декомпозиція першого рівня інформаційної системи
Джерело: побудовано автором в середовищі ERWin (знімок з екрана)

На рис.1.3 та рис. 1.4 показана модель існуючої інформаційної системи оцінки якості харчової продукції, яка дозволяє проаналізувати існуючу структуру інформаційних потоків та в подальшому можна доповнити її статистичними методами моніторингу оцінки якості та нейро-нечіткою мережею прогнозування для забезпечення ефективного функціонування системи підтримки прийняття рішень в цілому.

Ідентифікація даних є початковим етапом процесу оцінки та прогнозування. Під час цього етапу експерти вручну збирають та ідентифікують відповідні джерела даних, пов'язані з якістю харчових продуктів. Це може включати збір інформації з різних джерел, таких як лабораторні дослідження, записи постачальників, історичні дані та сенсорні оцінки. Мета полягає в тому, щоб скласти комплексний набір даних, який

охоплює всю необхідну інформацію для оцінки та прогнозування якості. Після ідентифікації даних інформація, як правило, записується у структурованому вигляді, можливо, з використанням електронних таблиць, баз даних або інших інструментів управління даними. Належне документування та заходи безпеки даних мають важливе значення для забезпечення їхньої цілісності та конфіденційності. Збережені дані слугують основою для подальшої діяльності з оцінки та прогнозування.

Прогнозування якості харчової продукції є критично важливою діяльністю, яка включає в себе ручний аналіз і прогнозування якості харчової продукції на основі історичних даних і відповідних факторів. Експерти можуть використовувати статистичні методи, аналіз тенденцій та знання предметної області для складання обґрунтованих прогнозів щодо майбутньої якості харчової продукції. Ці прогнози можуть допомогти у плануванні та прийнятті рішень, пов'язаних з виробництвом, ланцюжком поставок і контролем якості.

Оцінка якості харчової продукції –це процес ручного оцінювання, під час якого експерти аналізують зібрані дані та роблять висновки про якість харчової продукції. Ця оцінка може включати сенсорну оцінку, дегустацію, візуальний огляд і лабораторні дослідження. Експерти порівнюють фактичну якість продуктів із заздалегідь визначеними стандартами якості, щоб визначити, чи відповідають вони бажаним критеріям. Результати оцінки дають цінну інформацію для покращення якості та дотримання вимог. Зверніть увагу, що хоча в цьому контексті ці дії описані як ручні процеси, в майбутньому можуть з'явитися можливості для вдосконалення та автоматизації певних аспектів збору даних, аналізу та звітності з метою підвищення ефективності та точності оцінки та прогнозування якості харчової продукції.

Прогнозування якості харчової продукції в рамках контекстної моделі оцінки та прогнозування якості харчової продукції є складним та ключовим процесом, що передбачає використання різноманітних методів та стратегій з метою прогнозування якості продукції перед її виробництвом або введенням на ринок. Цей підхід сприяє раціональному управлінню та прийняттю обґрунтованих рішень стосовно якості продукції.

Оцінка якості харчової продукції у контекстній моделі оцінки та прогнозування полягає в систематичному зборі, аналізі та оцінці даних щодо якості продукції. Цей процес включає в себе використання різних методів для визначення відповідності продукції встановленим стандартам та нормативам. На основі результатів оцінки розробляються стратегії управління якістю та безпекою продукції з метою забезпечення високої якості та відповідності вимогам споживачів та регулюючих органів.

Продукція суб'єкта господарювання займає важливе значення у споживанні населення. Виробники харчової продукції достатню увагу приділяють якості готової продукції за рахунок зменшення поточних та проміжних витрат, підвищення ефективності функціонування суб'єкта господарювання, що у свою чергу призводить до збільшення виходу готової продукції та зменшення її собівартості. Особлива увага направлена на контроль якості сировини, що надходить на виробництво, та контроль якості готової продукції. Тому, виникає потреба у підвищенні оперативної виробничої інформації [45].

Виробничі процеси харчової промисловості розрізняються за характером та складністю об'єктів, різноманітністю методів обробки сировини, напівфабрикатів чи готової продукції тощо. Тому дана модель може бути адаптована під кожний продукт окремо, з урахуванням його особливостей, його процесу. Отже, в даному дослідженні було апробовано дану модель на прикладі вершкового масла.

До особливостей виробничих процесів, що ускладнюють їх аналітично-інформаційну складову можна віднести наступне:

- багатостадійність та складність, велика кількість факторів, що впливають на взаємозв'язок та хід процесу;
- недостатній оперативний контроль за процесом, що може призводити до погіршення якості продукції;
- складність та багатофункціональність обладнання;
- нестационарність та нестабільність режимів стадій виробничого процесу.

Побудова структурно-функціональної моделі виробництва вершкового масла (рис. 1.5.), з урахуванням інформаційної складової, що включає методи діагностики та прогнозування ведення виробничого процесу, починається із контекстної діаграми верхнього рівня.

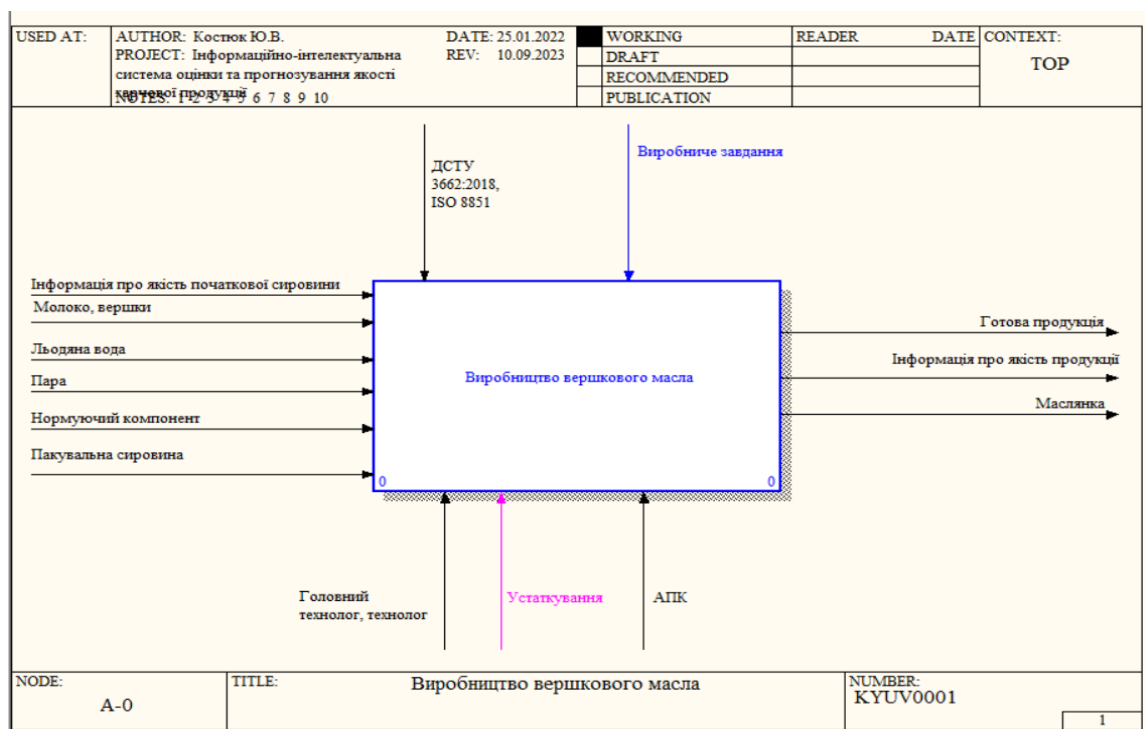


Рисунок 1.5. Верхній рівень інформаційних потоків процесу виробництва харчової продукції, на прикладі «Виробництва вершкового масла», як складової ІС

Джерело: побудовано автором в середовищі ERWin (знімок з екрана)

На діаграмі процес виробництва вершкового масла представлений у вигляді функціонального блоку, який містить вхідну та вихідну інформацію (ресурси, показники якості, результати), механізми і керуючі впливи. До механізмів впливу відносяться: головний технолог, устаткування, інформаційні потоки для методів діагностики та прогнозування на основі карт Шухарта та нейронних мереж. До керуючих впливів відносяться стандарти ДСТУ та ISO, а також виробниче завдання. На виході отримуємо результати перетворення інформаційних та матеріальних потоків вхідної інформації (даних про якість початкової сировини, початкової та допоміжної сировини) у вигляді готової продукції, інформації про її якість та відходів виробництва (маслянки).

Для детального опису процесу виробництва вершкового масла було виконана декомпозиція верхнього рівня на наступні етапи (рис. 1.6): визначити рецептуру та скласти оперативну інформацію, підготувати сировину та інгредієнти, отримати вершкове масло, провести пакування продукції. На першому етапі відповідно до інформації про якість початкової сировини головним технолог керується ДСТУ 3662:2018 та ISO 8851 із використанням методів прогнозування складає оперативну інформацію, яка буде слугувати керуючими впливами для всіх наступних етапів виробництва вершкового масла. На другому етапі відбувається підготовка вхідної сировини, а саме вершків із залученням технологів або головного технолога та устаткування відповідно до нормативних документів та розроблених виробничих завдань.

На етапі підготовки сировини та інгредієнтів проводять контроль якості та сортування молока або вершків. Контролю піддають кожен партію молока або вершків одного сорту, що надійшло на виробництво. Далі визначають наступні показники молока або вершків згідно ДСТУ 3662:2018: органолептичні (смак, запах, колір, консистенцію), фізико-хімічні

(температуру, кислотність, масову частку жиру, масову частку білка, сухих речовин, густину, механічну забрудненість) та мікробіологічні показники (кількість соматичних клітин, інгібувальні речовини, антибіотики). Сюди входить процес сепарування молока, який ведуть при температурі 35-40 °С і кислотності не більше 20 од. рН. На виробництво масла направляються вершки однакової жирності, так як інакше будуть потрібні різні умови підготовки їх до збивання. Для виробництва вершкового масла використовуються вершки з масовою часткою жиру 32-50 %. Для пастеризації вершків застосовують пастеризаційно-охолоджувальні установки. Виходом даного етапу є вершки пастеризовані, які надходять на етап отримання вершкового масла.

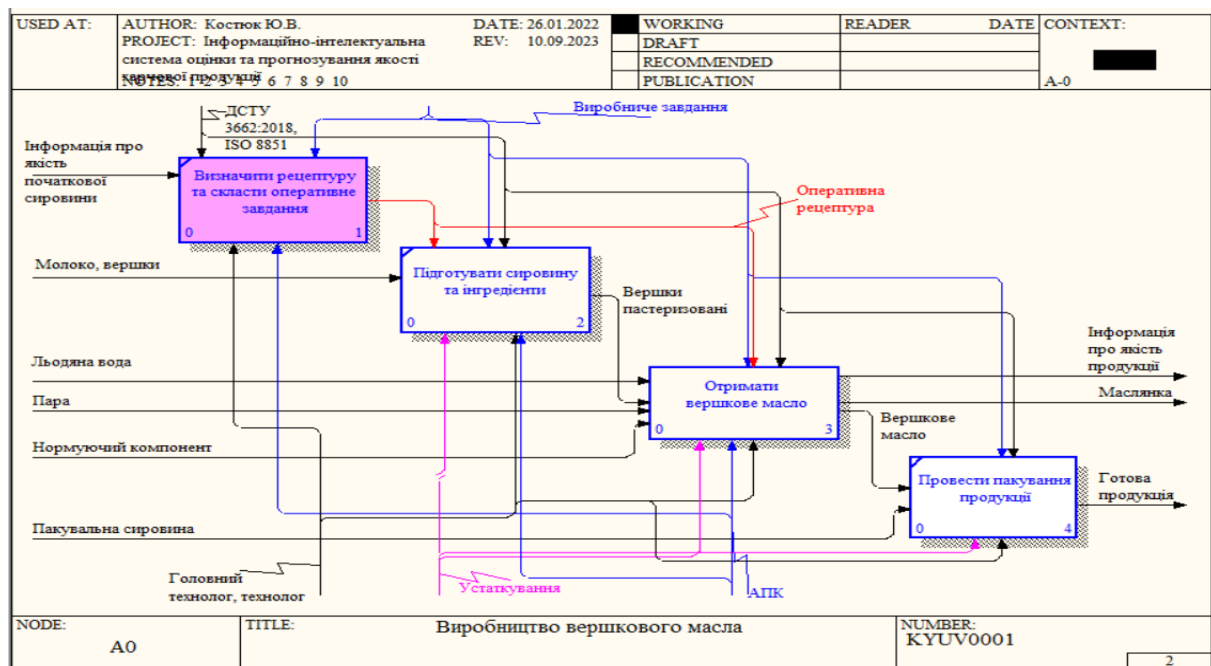


Рисунок 1.6. Декомпозиція верхнього рівня інформаційних потоків технологічної системи на прикладі «Виробництва вершкового масла», як складової ІС

Джерело: побудовано автором в середовищі ERWin (знімок з екрана)

На третьому етапі відбувається отримання вершкового масла із вершків методом безперервного збивання відповідно до ДСТУ 3662:2018 та ISO 8851,

керуючись виробничим завданням та оперативною рецептурою. Механізмами даного етапу є масловичотворювач, технолог або головний технолог та методи діагностики та прогнозування. Вихідну інформацію формують вершкове масло, яке є вхідним елементом для етапу пакування продукції, а також інформація про якість готової продукції та маслянка, яка утворюється під час збивання вершків у масло.

Четвертий етап описує процес пакування продукції із використанням пакувальних механізмів під контролем технологів виробництва. Вхідним параметром слугує власне вершкове масло та пакувальна сировина відповідно до масової частки жиру у маслі. Результатом такого етапу є готова продукція.

Проведемо декомпозицію етапу отримання вершкового масла (рис. 1.7) на три етапи, а саме: процес дозрівання вершків, процес збивання вершків та оцінку показників якості. Даний етап є дуже важливим, оскільки він залежить від багатьох чинників, які впливають на якість готової продукції, адже вершкове масло це високожирний молочний продукт.

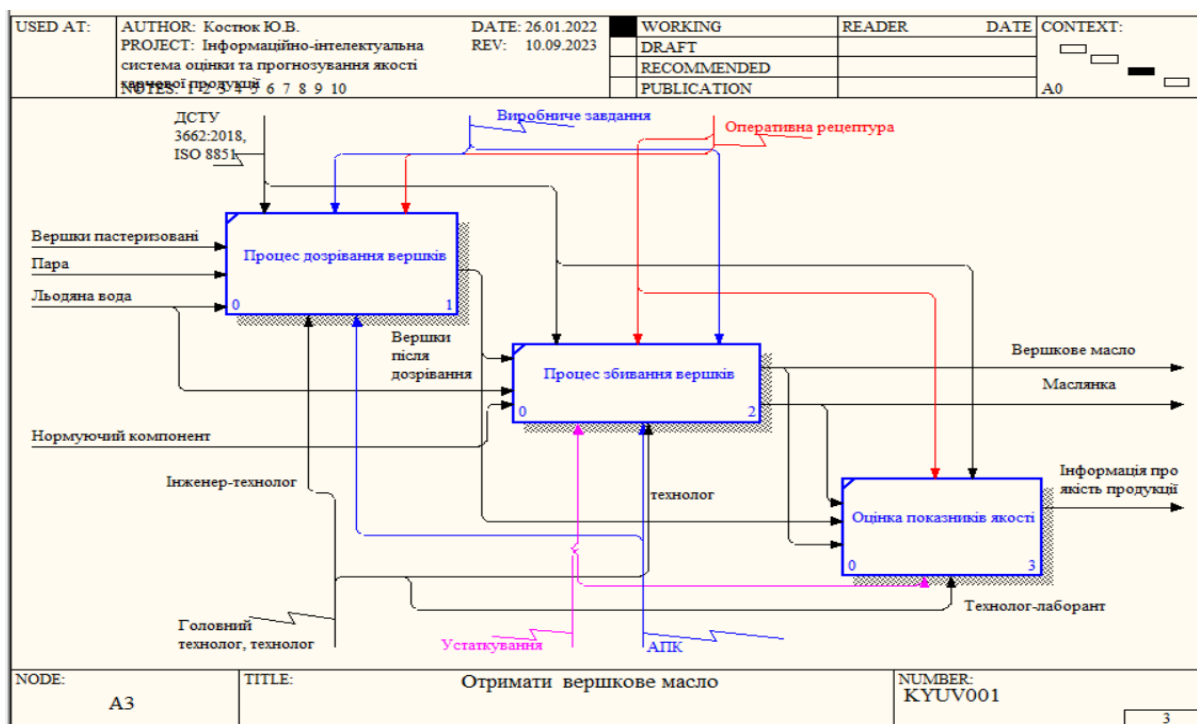


Рисунок 1.7. Декомпозиція операції «Отримати вершкове масло»

Джерело: побудовано автором в середовищі ERWin (знімок з екрана)

Процес дозрівання вершків проводиться для затвердіння молочного жиру і фізико-хімічних змін оболонки жирових кульок. Метою дозрівання є переведення рідкого жиру у твердий стан. На вміст вологи у кінцевому продукті на стадії дозрівання вершків у значній мірі впливає склад та фізико-хімічні властивості вершків, що надходять на збивання. Температуру збивання вершків встановлюють залежно від масової частки жиру у вершках, періоду року, режимів дозрівання вершків, конструкції масловиготовлювача.

Процес збивання вершків у масло – складний процес, який залежить від багатьох чинників. Основними з яких є: температура вершків, волога у маслі, частота обертання мішалки барабана збивального пристрою, температура збивання вершків, об'єм вершків, рівень маслянки у шнековій камері. Ступінь заповнення масловиготовлювача вершками впливає на тривалість збивання вершків. Оптимальною вважають ступінь заповнення 40 – 50 %. До найважливіших технологічними параметрами, що впливає на якість готового вершкового масла відноситься температура збивання. При зниженні температури подовжується тривалість збивання, що веде до вироблення масла з невиробленою вологою і засаленої консистенцією. Завищення температури збивання призводить до підвищення жирності і отримання масла з м'якою консистенцією. Тривалість збивання становила 45 – 60 хв. Скорочення тривалості збивання призводить до погіршення якості масляного зерна і значного відходу жиру з масляною. При збільшенні тривалості збивання масляне зерно виходить занадто тверде, пружне, воно погано обробляється, а отримане масло може мати грубу консистенцію.

На етапі оцінки показників якості технолог-лаборант із використанням спеціального устаткування згідно ДСТУ 4399:2005 та ISO 8851 визначає основні показники якості готового вершкового масла: органолептичні показники, температура, масова частка жиру, масова частка сухого знежиреного залишку, кислотність плазми та жирової фази масла тощо. Якісні

показники масла багато в чому характеризують його зовнішній вигляд (структура, колір, оформлення). Смак і запах, колір як показники якості вершкового масла практично зумовлюються, в першу чергу, якістю вихідної сировини. Багато в чому якість і властивості масла залежить від методів переробки вершків, початкової сировини, смакових і ароматичних добавок. В технологічному процесі виробництва вершкового масла основним параметром, який визначає якість вершкового масла є його масова частка вологи у готовому продукті. Якісні показники вершкового масла, в тому числі і масова частка вологи, залежать від фізико-хімічних параметрів початкової та проміжної сировини, що ускладнюють ведення самого процесу. На складність процесу впливає також перехідний процес масловиготовлювача, який пов'язаний із послідовним підключенням резервуарів із вершками після стадії дозрівання для забезпечення неперервності процесу.

Отже, під час проведення структурно-функціонального аналізу процесу виробництва вершкового масла з використанням середовища AllFusion Process Modeler 7 (BPwin) було виділено проблему стабілізації вмісту вологи у вершковому маслі в умовах змінного складу сировини по фізико-хімічним параметрам, вимагають оперативного керування і, відповідно, забезпечення заданого вмісту вологи в допустимих відхиленнях.

Для вирішення задачі удосконалення інформаційно-інтелектуальної системи щодо стабілізації вмісту вологи у маслі, необхідно розробити підсистему оперативного керування на основі методів діагностики та прогнозування можливих відхилень вмісту вологи у готовому продукті під час процесу збивання вершків у масло, яка дозволить зменшити час реагування на можливі причини виникнення відхилень під час процесу. Постійне вдосконалення систем підтримки прийняття рішень разом із причинно-наслідковими зв'язками утворюють логічну основу всієї діяльності. Тому, варто використати об'єктно-орієнтовану мову моделювання UML у вигляді

діаграми функцій користувача (Use Case diagram) для підсистеми діагностики та прогнозування. Основні елементи даної діаграми представлені на рис. 1.8.

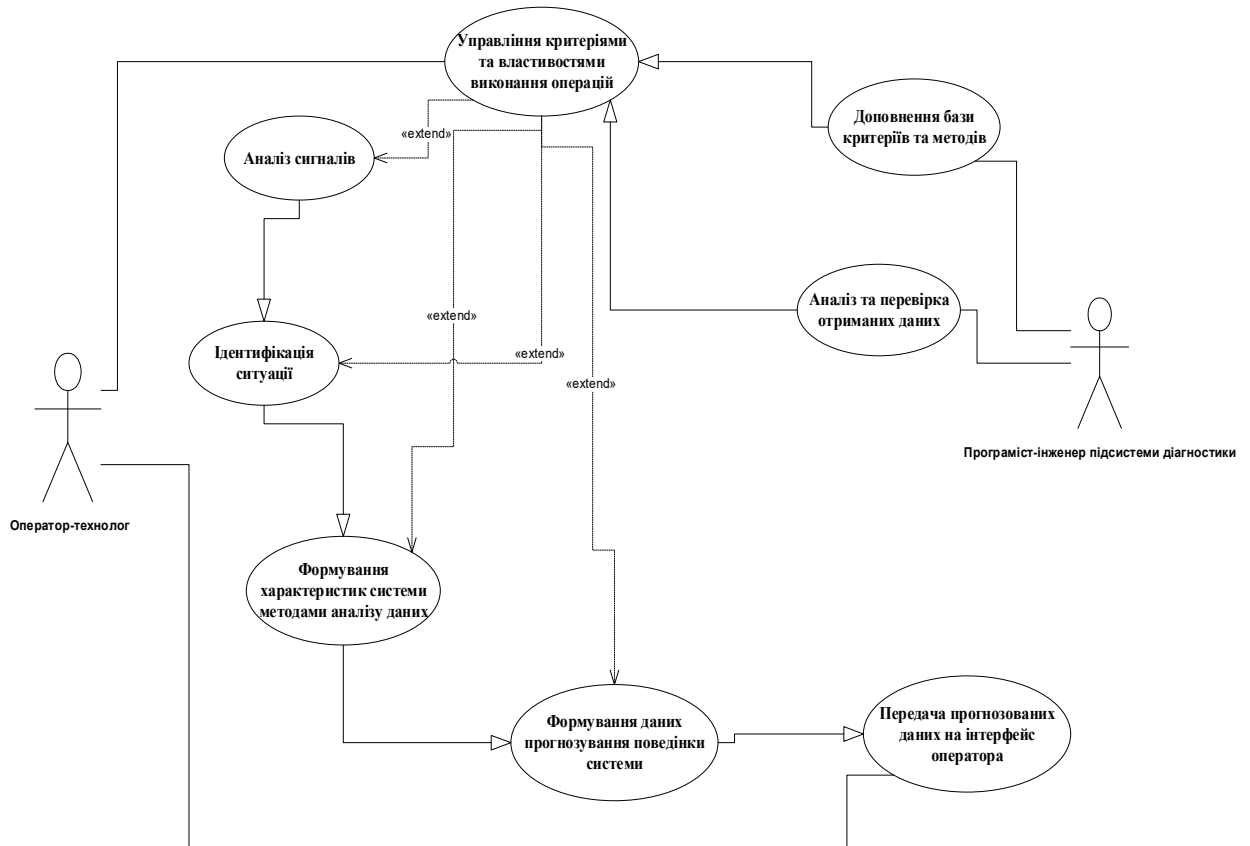


Рисунок 1.8. Діаграми функцій користувача для інформаційно-інтелектуальної системи оцінки якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором в середовищі UML (знімок з екрана)

Сам процес прийняття рішень складний та багатогранний, який містить послідовні етапи заходи. Процес прийняття рішень розпочинається з моменту отримання повноти інформації щодо проходження процесу. Вивчення та ідентифікація ситуації відбувається на основі вхідної інформації із застосуванням аналітичного мислення, аналогії, порівнянь, аналізу тощо.

Для обробки отриманої інформації застосовуються методи аналізу даних: статистичні, регресійний аналіз, логіко-математичні тощо. Результатом такого етапу виступають структуровані та проаналізовані дані, які

поєднуються із об'єктивними та суб'єктивними факторами, що дозволяють оператору-технологу чітко сформулювати характеристику та ступінь важливості проблеми, яка виникла, поставити мету та цілі, яких необхідно досягти при вирішенні даної проблеми.

При формуванні альтернативних рішень оператор-технолог в певній мірі керується невизначеністю ситуації. Тому, наступним етапом є прогнозування можливих сценаріїв розвитку ситуації із використанням інтелектуальних методів, а саме нейронної мережі, яка на основі експериментальних даних навчається за певним алгоритмом та тестується.

Після проведення прогнозування існує можливість розглянути можливі варіанти, які порівнюються із критеріями для цієї конкретної проблеми. Вибір оптимального рішення для конкретних умов із забезпечення ефективного керування відбувається на основі результатів порівняння можливих варіантів розвитку подій. Таким чином, для оператора-технолога процес прийняття рішень є досить складним і містить велику кількість етапів, які залежать від складності проблеми, що вирішується.

Наступним важливим етапом є впровадження рішення та моніторинг за його виконанням. Ефективність такого моніторингу не можливий без чіткого опису робіт, які повинні бути виконані усіма учасниками. Тут варто враховувати кваліфікацію виконавців та їх досвід. В кінцевому випадку, результати виконання керуючих дій повинні бути узагальнені незалежно від стану реалізації та перевірені на їх ефективність для подальшого прийняття та реалізації в аналогічних ситуаціях.

Для аналізу процесу та етапів виробництва харчової продукції, на прикладі вершкового масла, використано структурно-функціональне моделювання з подальшою декомпозицією процесу «AS-IS» у стандарті IDEF0. Контекстні діаграми дозволили описати інформаційні потоки у вигляді ресурсів, стандартів, технологічного регламенту, механізмів, які задіяні та

впливають на сам процес виробництва вершкового масла. Під час структурно-функціональне моделювання виділено проблему стабілізації вмісту вологи у вершковому маслі в умовах змінного складу сировини по фізико-хімічним параметрам. Тому виникає потреба у оперативному керуванні виробничим процесом для забезпечення заданого вмісту вологи в допустимих відхиленнях і, відповідно, забезпечення належної якості готового продукту. Розроблена діаграма користувача із використанням об'єктно-орієнтованої мови моделювання UML для інформаційно-інтелектуальної системи виробничого процесу збивання вершків у масло для контролю та прогнозування можливих відхилень вмісту вологи у маслі в залежності від виробничої ситуації, яка дозволить зменшити час реагування на можливі причини виникнення відхилень під час процесу.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Таким чином у першому розділі отримані такі основні результати та зроблено такі висновки.

- Проаналізувавши наукові дослідження і практичний досвід експертів у галузі концепції управління якістю харчової продукції та тенденцію до впровадження інтелектуальних методів оцінки та прогнозування якості харчової продукції, визначено авторське поняття системи управління якістю – це комплекс заходів, що поєднують у собі різноманітні характеристики та їх кількісні параметри управління якістю харчової продукції за рахунок інформаційно-інтелектуальної оцінки та прогнозування якості харчової продукції і вдосконалення процесу підвищення якості продукції. Вона включає в себе системний підхід до управління процесами виробництва, постачання та споживання харчової продукції, що дозволяє уникнути невідповідностей стандартам та нормативам, а також реагувати на можливі ризики та проблеми з якістю. Ця концепція допомагає забезпечити високу якість та безпеку продукції, відповідаючи сьогоденним вимогам споживачів та регулюючих органів.

- Проведено аналіз програмних засобів, які використовуються при створенні інформаційно-інтелектуальних систем. Ефективним рішенням щодо проектування таких систем оцінки та прогнозування якості харчової продукції обрано поєднання інформаційних та інтелектуальних технологій як потужного інструменту інтелектуального виробництва.

- Вивчено наявні комп'ютерні технології для статистичних методів управління якістю продукції, які розділяються на два основних напрямки. Перший напрямок пов'язаний з використанням загальних або спеціалізованих програмних продуктів для вирішення конкретних виробничих завдань за допомогою статистичних методів. Другий напрямок передбачає створення

комп'ютерної системи управління якістю, яка базується на уніфікованому електронному описі продукту на всіх етапах його життєвого циклу (за допомогою CALS–технологій). Ця система включає в себе базу даних, яка містить інформацію про методи статистичної діагностики, і забезпечує функціонування систем для збору, реєстрації, зберігання та обробки даних про якість продукції. Узагальнено підходи до управління якістю харчової продукції.

- З урахуванням специфіки галузі удосконалено контекстну модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості продукції, яка відрізняється від існуючих моделей використанням передових аналітичних методів, можливістю моніторингу та оновлення прогнозів в реальному часі, більшою ефективністю та відповідністю сучасним вимогам управління якістю харчової продукції та проведена декомпозиція інтелектуальної оцінки та прогнозування якості харчової продукції за стандартом IDEF0. За допомогою контекстних діаграм було здійснено опис інформаційних потоків у формі ресурсів, нормативно-правової бази, системи управління якістю харчової продукції, вхідних та вихідних даних.

- Використано діаграму користувача, створену з використанням об'єктно-орієнтованої мови моделювання UML для інформаційно-інтелектуальної системи, яка відстежує виробничий процес збивання вершків у масло. Система призначена для контролю та прогнозування можливих відхилень у рівні вологості масла в залежності від виробничої ситуації. Це допомагає зменшити час реагування на можливі відхилення під час процесу.

Основні результати розділу висвітлені у науково-дослідній роботі №0121U109155 «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції», (довідка від 23.03.2023 №458/24).

Основні результати розділу опубліковані в наукових працях автора:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

[1], [2], [3], [4], [6], [7], [8].

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24].

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

[36], [37], [38], [39].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Бас Ю. В. Механізм управління якістю продукції на підприємстві / Ю. В. Бас, С. С. Вишневецький // Наука й економіка. - 2015. - Вип. 1. - С. 56-61
2. Белко І. А. Управління якістю продукції в системі стратегічного управління підприємством / І. А. Белко // Вісник Одеського національного університету. Серія : Економіка. - 2016. - Т. 21, Вип. 2. - С. 69-73.
3. Аношин О.С. Побудова системи управління якістю в організації та забезпечення її ефективного функціонування / О.С.Аношин – зб. Тез доповідей «Інноваційні технології в менеджменті та публічному управлінні» – Тернопіль, ТНЕУ, 2016. – С. 15-18.
4. Becker, Jörg, Kugeler, Martin, Rosemann, Michael. Process Management: A Guide for the Design of Business Processes. 2003.
5. Aitken, Alexis, et al. “Handbook on improving quality by analysis of process variables. «Luxembourg: Publications Office of the European Union». - (2004). – pp. 156.
6. Белко І. А. Управління якістю продукції в системі стратегічного управління підприємством / І. А. Белко // Вісник Одеського національного університету. Серія : Економіка. - 2016. - Т. 21, Вип. 2. - С. 69-73.
7. Бойченко М. В. Сучасні підходи до управління якістю на підприємстві / М. В. Бойченко, М. І. Іванова, Н. В. Кудрявцева // Економічний простір. - 2014. - № 89. - С. 150-158.
8. Вакуленко А.В. Управління якістю. Київ: КНЕУ, 2006. – 167с.
9. Векслер Е.М., Рифа В.М., Василевич Л.Ф. Менеджмент якості. Київ: «ВД «Професіонал», 2008. – 320 с.
10. Грозний І. С. Методи та підходи до управління якістю розвитку промислових підприємств / І. С. Грозний // Вісник Одеського національного університету. Серія : Економіка. - 2015. - Т. 20, Вип. 3. - С. 75-79.

11. Сорока К.О. Теоретичні аспекти управління якістю продукції на підприємствах автомобілебудування /К.О. Сорока, Є.А. Бабенко // Проблеми і перспективи розвитку підприємництва. — 2013. — № 2. — С. 98—103.
12. Сімченко Н. О. Впровадження систем управління якістю на підприємствах України: проблеми та перспективи / Н. О. Сімченко, Г. А. Мохонько. // Економіка. Управління. Інновації. - 2012. - № 1.
13. Deming W. Edwards. Out of the crisis. / W. Edwards Deming. – Cambridge, MA: MIT Press. – 2018. – 448 pp.
14. Total Quality Management, 3rd edition by Besterfield, Dale H.; Besterfield-Michna, Carol; Besterfield, Glen H.; BesterfieldSacre, Mary; Published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.
15. Anderson David. Management information systems, new jersey: Prentice Hall, Inc., 2000.
16. Crosby P.V. Quality is free. – N.Y., 1979
17. Deming W.E. Quality, Productivity, and Competitive Position – Cambridge, 1982.
18. Попович Т.М. Управління якістю. Тернопіль, Крок, 2013. – 320с.
19. Господарський Кодекс України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua/>
20. Про безпечність та якість харчових продуктів. Закон України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua/>
21. Про захист прав споживачів. Закон України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua/>
22. Горачук В. В. ДСТУ ISO 9001:2009: інформаційна модель системи управління якістю / В. В. Горачук // Медична інформатика та інженерія. - 2016. - № 1. - С. 62-64
23. ISO 9000:2015. “Quality management system – Fundamentals and vocabulary” [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.iso.org>

24. ISO 9001:2016. “Quality management system – Requirements” [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.iso.org>.
25. Момот О.І. Менеджмент якості та елементи системи якості. Київ. Видавництво «Центр учбової літератури». 2007. – 368с.
26. Шаповал М.І. Менеджмент якості. Київ: Знання, 2007. – 471 с.
27. Безродна С. М. Управління якістю. Чернівці: ПБКФ «Технодрук», 2017. – 174 с.
28. Управління якістю продукції та послуг/ Білецький Е. В., Янушкевич Д. А., Шайхлісламов З. Р., Харків. торгов.-економ. інститут КНТЕУ- Х. : ХТЕІ, 2015 – 222 с.
29. Тарасова О.В. Сучасні концепції управління якістю продукції / О.В. Тарасова, О.В. Левицька. – Теоретичні та практичні аспекти менеджменту. Режим доступу: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/19494/05-Tarasova.pdf>
30. Remenyi, Dan, Onofrei George, English J. An Introduction to Statistics using Microsoft Excel. Edition: 2nd. Publisher: Academic Conferences Limited Editor: Academic Conferences Limited. - 2011. – pp. 219.
31. Zimmerman S. M. Statistical Quality Control using Excel / S. M. Zimmerman, M.L. Icenogle. – N.Y.:John Wiley and Sons, 199. – 346 p.
32. Ступницький В.В. Ефективність впроваджених CALS-технологій на машинобудівних підприємствах України (Електронний ресурс) / В.В. Ступницький // Електронний науковий архів Науково-технічної бібліотеки Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. С. 80-89. Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/>
33. Бреус Н. М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.13.06 / Бреус Наталія Миколаївна ; Нац. ун-т харч. технологій. - Київ, 2019. - 25 с.

34. Криворучко О.В., Цюцюра С.В. Основи експертних систем. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. – 141 с.
35. Федорчук Є.Н. Програмування систем штучного інтелекту. Експертні системи / Є.Н.Федорчук, Вид-во Львівської політехніки, 2012. - 168 с.
36. Баклан І.В. Експертні системи. Київ: НАУ, 2012. – 132с.
37. Методи та системи штучного інтелекту / укл. Д.В. Лубко, С.В. Шаров. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2019. – 264 с.
38. Глибовець М.М., Олецький О.В. Системи штучного інтелекту. - Київ: Вид-во «КМ Академія», 2002. 366 с.
39. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем. Київ: Видавничий дім «Слово», 2004. 352с.
40. Методи та системи штучного інтелекту / укл. Д.В. Лубко, С.В. Шаров. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2019. – 264 с.
41. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень. Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. 341 с.
42. Шаров С.В., Лубко Д.В., Осадчий В.В. Інтелектуальні інформаційні системи. Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. 144 с.
43. Іванченко Г.Ф. Системи штучного інтелекту. Київ: КНЕУ, 2011. – 382 с.
44. Смирнов С.О. Застосування нейронних мереж для задач прогнозування фінансових часових рядів / С.О. Смирнов, М.Є. Шалашенко // Економіка: Вісник Дніпропетровського університету, 2008. – 128 с.
45. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Інформаційна підсистема контролю якості продукції з використанням карт Шухарта. *Управління розвитком складних систем*. 2021. № 47. С. 190 – 195, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.47.190-195](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.190-195).

46. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Формування підсистеми підтримки прийняття рішень процесом виробництва вершкового масла // Specialized and multidisciplinary scientific researches: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Vol. 2), December 11, 2020. Amsterdam, The Netherland: European Scientific Platform, P.p. 125-126.

47. Bruce Silver. BPMN Method and Style: A levels-based methodology for BPM process modeling and improvement using BPMN 2.0. Cody-Cassidy. - 2009. –236 p.

48. Stephen A. White, Derek Miers. BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN. Future Strategies Inc., 2008. 226 p.

49. What is business process management (BPM). URL: <https://www.bizagi.com/en/blog/what-is-business-process-management-bpm> (дата звернення: 25.01.2022)

50. Демідов П.Г., М.І. Цюцюра. Технології розробки бази даних ERP-системи управління промисловим підприємством. *Управління розвитком складних систем*. 2017. № 30. С. 101 – 107.

51. Бреус Н.М. Інформаційна технологія моделювання рецептур морозива: дис. канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2019. 153 с.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

2.1 Сценарно-цільовий аналіз моделі інформаційно-інтелектуальної оцінки та прогнозування якості

В умовах сьогодення інтелектуалізація виробничих процесів, когнетивність інформаційних систем та єдиний інформаційний простір підприємства є невід’ємними складовими успіху будь-якого підприємства.

При цьому досить важливим завданням є поєднання існуючих інформаційних систем в єдиний інформаційний простір підприємства, що дозволить забезпечити їх сумісність на рівні даних із можливістю проводити аналіз даних із подальшим прийняттям управлінських рішень [1-2].

Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування (ІСОП) якості продукції є комплексним інструментом, призначеним для збору, аналізу, відстеження та оцінки параметрів та якості харчових продуктів. Ця система використовує сучасні технології, такі як штучний інтелект, інтернет речей (ІоТ), аналіз даних для покращення процесів оцінки та прогнозування якості продукції.

Моделювання такої системи можна виконати за допомогою різних методів та інструментів, залежно від складності та потреб системи. Для аналізу складних систем С.А. Юдицьким [2] був запропонований сценарно-цільовий підхід, що ґрунтується на методології формально-графічного опису та моделювання сценаріїв різного цільового призначення. Даний аналіз поєднує у собі апарати математичних, логічних та програмних методів та засобів. Сценарно-цільовий підхід застосовує декомпозицію системи, результатами якої можуть бути [2-4]:

- структура та склад цілей, а також причинно-наслідкові зв'язки між поставленими цілями;
- порядок та склад дій, що направлені на досягнення поставлених цілей;
- виділення основних показників, які характеризують об'єкт;
- відображення зв'язків між цілями, показниками та діями.

Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції може включати різні компоненти та модулі, які спільно працюють для досягнення своєї мети. Використання теорії графів дозволяє значно полегшити аналіз характеру інформаційних потоків, які відбуваються в середині системи. Орієнтовані графи дозволяють відобразити логіку послідовності поєднання компонентів та модулів в системі, показати напрямки потоків, тим самим ілюструючи зв'язки між її складовими. Проте важливо зазначити, що графи не враховують часові аспекти і не дозволяють визначити причинно-наслідкові зв'язки в системі або виявити причини виникнення конкретних ситуацій. Вони обмежені в оцінці того, що і в який спосіб відбувається в системі. [2-4].

Графова модель загальної структури ПСОП якості харчової продукції показана на рис. 2.1. Умовні позначення вершин графа приведені в таблиці 2.1. Вершинами такого графа є компоненти та модулі системи, а дугами – ланцюги переміщення потоків між ними. Ступінь деталізації зумовлюється ієрархічним рівнем системи та призначенням графа, що розробляється.

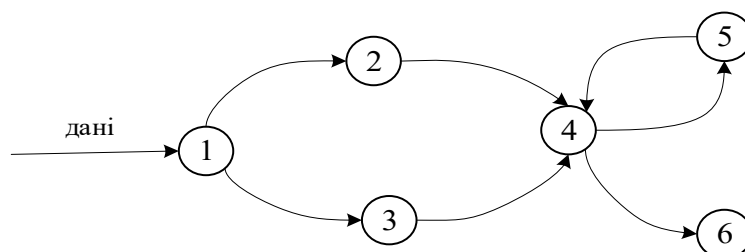


Рисунок 2.1. Графова модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки і прогнозування якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.1.

Відповідність вершин графа моделі ПОП якості харчової продукції

Вершина графа	Технологічна ланка
1	2
1	Система збору та аналізу даних
2	Прогнозування якості харчової продукції
3	Моніторинг та оцінка якості харчової продукції
4	Модуль інтерфейсу користувача
5	Система зберігання даних (база даних та база знань)
6	Оцінка та покращення виробничого процесу

Джерело: побудовано автором

На основі графа будується базовий програф (процесно-ресурсно-об'єктний граф). Для побудови його проводиться ретельний аналіз моделі ПОС якості: операції, які відбуваються; ресурси, які задіяні для проведення операції; цілі, які необхідно при цьому досягнути. Переходи, які показуються у прографі, несуть інформацію про факт передачі об'єкта від операції до операції, а події конкретизують об'єкт.

Для моделі ПОС якості харчової продукції базовий програф описується наступним чином та показаний на рис. 2.2:

$$B = \langle F, C, T, O, R, P, S, \Theta, \gamma, \delta, \varepsilon, \pi \rangle, \quad (2.1)$$

Де $F = \{f_1, \dots, f_5\}$, - множина операцій; $C = \{c_1, \dots, c_{12}\}$, - множина цілей; $T = \{t_1, \dots, t_9\}$, - множина переходів; $O = \{o_1, \dots, o_9\}$, - множина об'єктів; $R = \{r_1, \dots, r_8\}$, - множина ресурсів; $P = \{p_1, \dots, p_9\}$, - множина позицій зберігання об'єктів; $S \subseteq O \times T$ - множина подій; $\Theta = \{0, 1, \dots, h\}$, - часова шкала; $\gamma: P \times F \cup F \times P \rightarrow \{0, 1\}$, - функція інциденцій «операції-позиції»; $\delta: R \times F \cup F \times R \rightarrow \{0, 1\}$, - функція інциденцій «операції-ресурси»; $\varepsilon: P \rightarrow O$ - функція розміщення об'єктів за позиціями; $\pi: S \rightarrow 2^\Theta$ - функція часових міток позиції (2^Θ - множина всіх підмножин Θ).

Умовні позначення прографа наведені у таблицях 2.2-2.6.

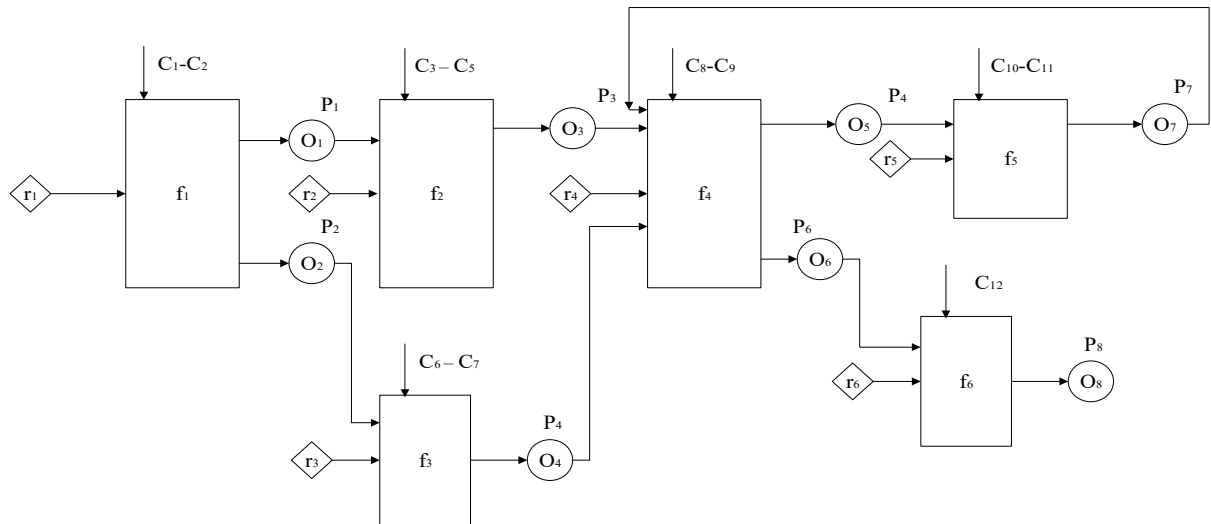


Рисунок 2.2. Базовий програф модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.2

Операції моделі ПСОП якості харчової продукції

Позначення	Зміст операції
1	2
f1	Система збору та аналізу даних
f2	Прогнозування якості харчової продукції
f3	Моніторинг та оцінка якості харчової продукції
f4	Модуль інтерфейсу користувача
f5	Система зберігання даних (база даних та база знань)
f6	Оцінка та покращення виробничого процесу

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.3

Цілі моделі ПСОП якості харчової продукції

Позначення	Зміст цілі
1	2
C1	Забезпечити збір та обробку даних
C2	Забезпечити аналіз потенційних проблем
C3	Перетворити та агрегати дані для аналізу
C4	Використати інтелектуальні методи для прогнозування
C5	Забезпечити прогнозування якості харчової продукції
C6	Забезпечити моніторинг параметрів, що впливають на якість продукції
C7	Забезпечити виявлення аномалій

Продовження табл. 2.3.

C ₈	Забезпечити аналіз та оцінку прогнозованих даних щодо якості продукції
C ₉	Прийняти необхідні рішення щодо покращення якості продукції
C ₁₀	Забезпечити наповнення бази даних та архівування даних
C ₁₁	Забезпечити конфіденційність інформації
C ₁₂	Проаналізувати ефективність реалізованих прийнятих рішень

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.4.

Ресурси моделі ПСОП якості харчової продукції

Позначення	Зміст ресурсу
1	2
r ₁	Дані різних джерел
r ₂	Інтелектуальні алгоритми
r ₃	Статистичні методи оцінки якості
r ₄	Апаратно-програмний комплекс
r ₅	Хмарні технології, програмне забезпечення баз даних
r ₆	Стандарти оцінки якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.5.

Об'єкти моделі ПСОП якості харчової продукції

Позначення	Зміст об'єкту
1	2
O ₁	Оброблені дані
O ₂	Проаналізовані дані
O ₃	Прогнозовані дані
O ₄	Відхилення від показників якості
O ₅	Дані для наповнення бази даних
O ₆	Рекомендації
O ₇	Архівовані дані
O ₈	Показники щодо оцінки якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.6.

Події моделі ПСОП якості харчової продукції

Позначення	Зміст події
S ₁	Передати O ₁ від f ₁ до f ₂ в момент часу t ₁
S ₆	Вилучити O ₆ з f ₄ в момент часу t ₆
S ₃ - S ₉	Описуються аналогічно

Джерело: побудовано автором

Отже, використання графових моделей допомагає візуалізувати архітектуру та функціональність інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції, а також полегшує розуміння та комунікацію між різними учасниками проєкту.

Наступним етапом сценарно-цільового аналізу є побудова А – та С – сценаріїв з метою більшої деталізації внутрішньої структури моделі ПСОП якості харчової продукції. Під сценарієм розуміється формалізований опис певної розробленої стандартної структури, послідовності взаємопов'язаних фактів, що характеризують модель в обраній предметній області.

Основу А-сценарію складають макропредставлення моделі ПОП якості харчової продукції та необхідних кроків задля досягнення поставлених цілей, а С-сценарій деталізує ці послідовності.

Сценарій при створенні моделі ПСОП формується на основі цілей, факторів впливу на структуру моделі, операцій та міжопераційних зв'язків. Варто розуміти, що операція сценарію є кроком сценарію та визначається по-різному для абстрактного (А) та структурного (С) сценаріїв. У першому випадку операція працює з неструктурованими об'єктами/моделями, не враховується внутрішня структура об'єкта, що перетворює вхідні об'єкти у вихідні. Спосіб внутрішнього перетворення не розкривається, тобто операція трактується як «чорний ящик».

С-сценарій виходить з того, що визначена внутрішня структура моделі, яка описана наборами властивостей-атрибутів. Операція С-сценарію являє собою блок, в якому розміщені складові моделі з однаковим набором атрибутів, трактується як клас, екземпляри якого – об'єкти „живуть в деякому просторі” [5-9].

На основі розроблених графів та прографів ПСОП якості харчової продукції для А-сценарію було визначено об'єктні потоки (табл. 2.7), цілі впливу (табл. 2.8), фактори впливу (табл. 2.9).

Таблиця 2.7.

Позначення об'єктних потоків даних моделі ПСОП якості харчової продукції

Позначення	Зміст
1	2
P1	Оброблені дані
P2	Проаналізовані дані
P3	Прогнозовані дані
P4	Відхилення від показників якості
P5	Дані для наповнення бази даних
P6	Рекомендації
P7	Архівовані дані
P8	Показники щодо оцінки якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.8.

Позначення цілей впливу на модель ПСОП якості харчової продукції

Позначення	Зміст цілі
1	2
C ₁	Покращити інформаційну складову оцінки якості харчової продукції
C ₂	Вибрати сучасні технології, які забезпечать функціональність ПСОП якості харчових продуктів
C ₃	Розробити нові функції для покращення оцінки та прогнозування якості харчових продуктів

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.9.

Позначення факторів впливу на модель ПСОП якості харчової продукції

Позначення	Зміст
1	2
Ф1	Стан існуючої інформаційної системи оцінки якості харчової продукції
Ф2	Визначення стратегії розвитку ПСОП, включаючи цілі та завдання
Ф3	Фінансовий капітал суб'єкта господарювання
Ф4	Тестування нових функцій та валідація їх ефективності та точності

Джерело: побудовано автором

Сформоване графічне представлення А-сценарію моделі ПСОП якості харчової продукції показано на рис. 2.3.

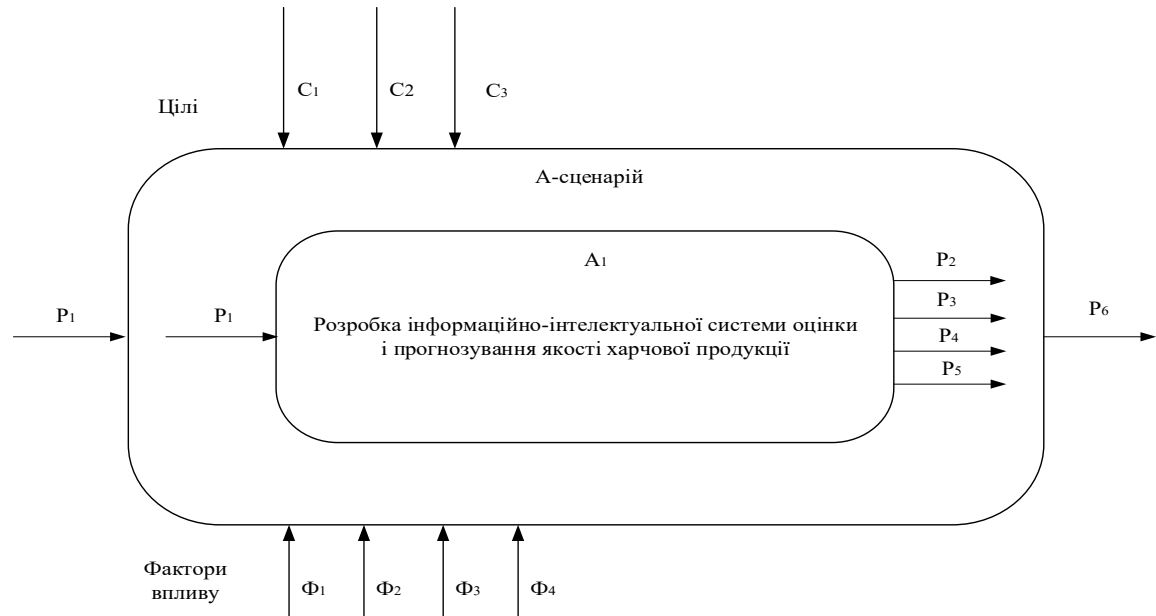


Рисунок 2.3. А-сценарій процесу розробки ПСОП якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором

Наступним етапом є побудова С-сценарію (рис. 2.4) на основі А-сценарію із виділенням атрибутів об'єкту (табл. 2.10) та описом станів його життєвого циклу (табл. 2.11).

Таблиця 2.10.

Атрибути об'єктів С-сценарію моделі ПСОП якості харчової продукції

Клас	Позначення атрибута	Зміст атрибута
1	2	3
2	a1.1	Потреби в покращенні оцінки якості
	a1.2	Вибір компонентів для ПСОП якості
	a1.3	Дані від сенсорів та IoT-пристроїв
	a1.4	Використання інтелектуальних та статистичних методів
	a1.5	Повідомлення про відхилення від стандартів якості
	a1.6	Апаратно-програмний комплекс

Джерело: побудовано автором

Таблиця 2.11

**Стани життєвого циклу об'єкту моделі ІСОП якості харчової
продукції**

Клас	Позначення атрибута	Зміст атрибута
1	2	3
A2	S1.1 S1.2 S1.3 S1.4 S1.5 S1.6 S1.7 S1.8 S1.9 S1.10 S1.11	Аналіз потреб та завдань щодо ІСОП якості Вибір системи та її компонентів Налаштування системи Встановлення сенсорів та ІоТ-пристроїв Автоматичний моніторинг та збію даних Аналіз та оцінка даних Автоматичне сповіщення про відхилення Формування звітів та аналітики Інтеграція з іншими системами Впровадження та навчання персоналу Моніторинг та підтримка компонентів системи

Джерело: побудовано автором

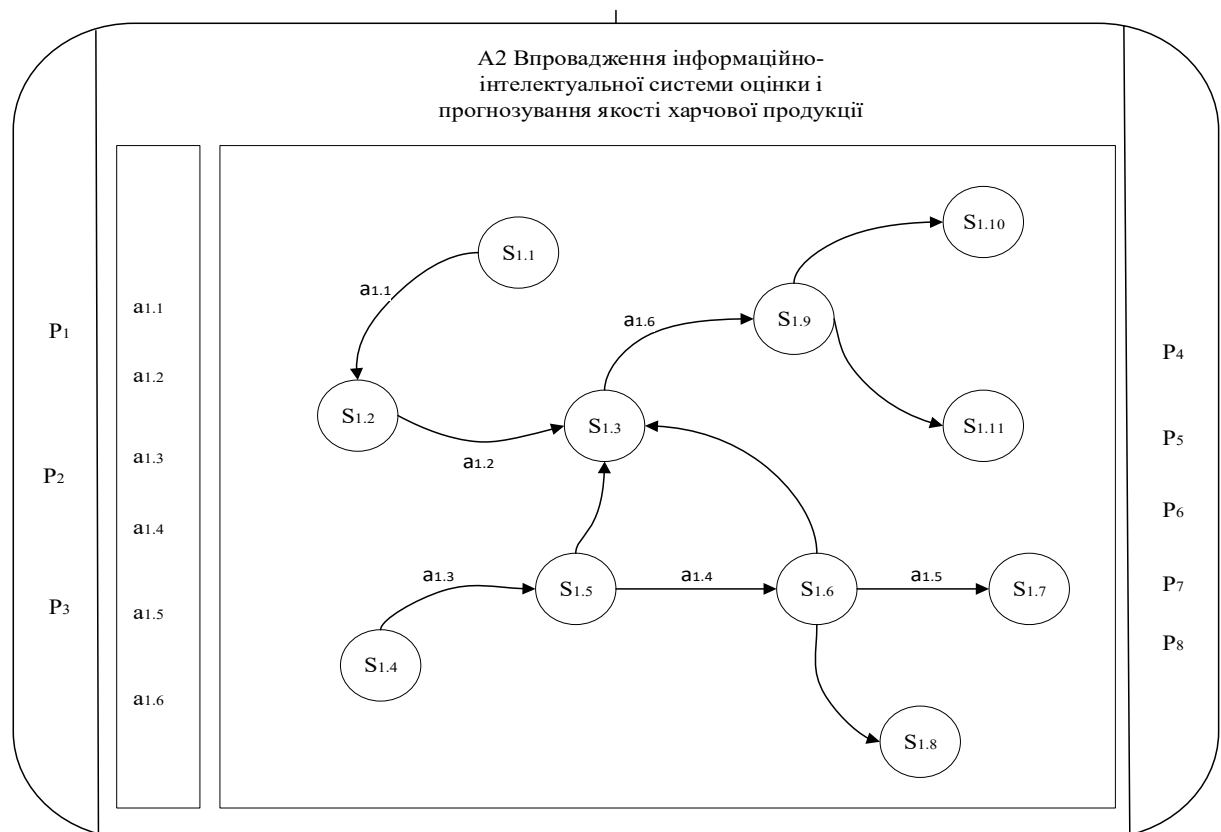


Рисунок 2.4. Фрагмент С-сценарію, клас A2 впровадження ІСОП якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором

Розроблений А-сценарій дозволяє провести узагальнений аналіз моделі розробки ПСОП якості харчової продукції, виділити та уточнити основні цілі, ресурси, фактори впливу. Розроблений С-сценарій дозволяє проаналізувати та оцінити потоки між компонентами моделі ІСОП якості, дозволяє досліджувати альтернативи та приймати рішення щодо оптимальних шляхів щодо створення структури системи та є важливим елементом для проведення подальшого моделювання.

Отже, представлено формалізовану модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції із застосуванням сценарно-цільового підходу. Побудовано графову модель ПСОП, встановлено чіткі взаємозв'язки між її компонентами. Графова модель розширена базовим прографом із виділеними ресурсами, які необхідно застосувати для кожного компонента за рахунок поставлених цілей. Побудовані А- та С-сценарії із виділеними атрибутами об'єкта, що дозволяють графічно формалізувати компоненти ПСОП якості харчової продукції. Результатом такого моделювання є доповнення аналітичної складової інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції тими компонентами, що дозволять підвищувати та спрощувати прийняття рішень у виявлених ситуаціях задля покращення якості харчової продукції.

2.2 Статистичні методи контролю якості продукції

Складність виробничих процесів зумовлена тим, що більшість продуктів є складними і неоднорідними багатокомпонентними сумішами (наприклад, молочна промисловість), які залежать від багатьох факторів, починаючи від самого складу сировини до фізико-хімічних властивостей і т.п. Все це призводить до коливань параметрів самого процесу і якості кінцевого

продукту. Тому, для вирішення проблем із автоматизацією контролю і прогнозування якості продукції із врахуванням технологічних параметрів самого процесу необхідне поєднання математичного, технічного і інформаційного апаратів.

Всі процеси харчової продукції носять змінний характер, що пов'язаний як із внутрішнім, так і зовнішнім впливами. Для підвищення ефективності проходження процесу можливе доповнення систем керування методами статистичної діагностики контролю якості продукції.

Статистичні методи [10-12] набувають широкого використання задля вирішення як інженерних, так і виробничих завдань, які можуть включати в себе наступне:

- збір та реєстрація даних процесу у зручному для аналізу вигляді;
- аналіз і оцінка якості харчової продукції за допомогою статистичної оцінки інформації про якісні показники;
- можливість планування та аналізу вибірових показників якості процесу на різних етапах виробництва харчової продукції;
- можливість використання процедур статистичного аналізу даних для покращення перебігу процесу;
- оцінка стабільності та точності процесів;
- можливості прогнозування та контроль якості харчової продукції.

Статистична діагностика [10-22] якості харчової продукції полягає у послідовному виявленні можливих порушень у розрізі моментів часу, в яких можливе виникнення відхилення. Це дозволить своєчасно відреагувати на відповідні зміни показників якості певними коригувальними впливами тоді, коли продукт ще відповідає вимогам, але статистичні показники свідчать про наявність певних впливів, які можуть бути відображенні за допомогою контрольних карт, наприклад контрольних карт Шухарта.

Контрольні карти Шухарта (ISO 8258-2001) є одним із графічних засобів, які використовуються у статистичних методах. Дані карти дають можливість оцінити статистичну керованість процесу, можливі причини варіативності процесу та невідповідності відхилення.

Контрольні карти Шухарта застосовуються для моніторингу та аналізу по окремих незалежним параметрам вибірок, які відповідають нормальному закону розподілу, адже відхилення від нормальності призводить до значних помилок при керуванні процесом. Варто пам'ятати те, що час, який витрачається на нанесення певної точки на контрольну карту, а також для аналізу та прийняття рішень про стан процесу, повинен бути значно менший за час, протягом якого процес суттєво зміниться.

На основі побудованих контрольних карт можна здійснити наступний аналіз:

- оцінити якість зміни величини задля внесення певних коригувальних дій при необхідності;
- отримати сигнал про те, що в процесі відбуваються деякі зміни;
- оцінити міру якості продукції за певні періоди;
- визначити кількість подібних випадків, що відбувалися у минулому та їх основні причини, які могли їх викликати.

Найбільшою перевагою даних карт є те, що вони можуть бути використані для оцінок моніторингу та діагностування складних систем, в тому числі таких, в яких моделі об'єктів керування є наближеними.

Для побудови карт Шухарта оцінки якості харчової продукції на прикладі виробництва вершкового масла, використовуються дані вхідних технологічних параметрів процесу та визначені лабораторно дані вологості готової продукції відповідно до партії із інтервалом у 1 хвилину із Гайсинського молокозаводу. Дані об'єднують у підгрупи та визначають: середнє арифметичне \bar{X} , розмах R та вибіркоче стандартне відхилення σ .

Карта відображається у вигляді графіка, що має центральну лінію (CL), яка відповідає еталонному значенню характеристики. Оцінка процесу на статичну керованість відбувається на основі середнього арифметичного даних вибірки. Також, на карті Шухарта відображаються дві статичні контрольні границі відносно центральної осі: верхня (UCL) та нижня (LCL). Контрольні границі на карті наносяться відповідно до відстані 3σ від центральної осі. Всі ці показники розраховуються відповідно до формул, які наведені нижче:

$$\mu = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (2.2)$$

де μ - середнє значення вибірки; X_i - i -те виміряне вибіркоче значення;
 \bar{X} - середнє арифметичне всіх значень; n - об'єм вибірки.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (2.3)$$

$$LCL = \mu - 3\sigma, \quad (2.4)$$

$$UCL = \mu + 3\sigma \quad (2.5)$$

$$R_i = |X_i - X_{i-l}|, \quad (2.6)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \quad (2.7)$$

де LCL – нижня контрольна межа; UCL – верхня контрольна межа; R_i – значення розмаху підгрупи; \bar{R} – середнє значення величини R_i .

Процес вважається статистично керованим, коли 99,7 % значень знаходяться у межах $\pm 3\sigma$. Вихід точок за межі свідчить про виникнення певних обставин та сигналом для застосування визначених дій. Для підвищення статичної керованості процесу на карти наносять границі $\pm 2\sigma$, які є попереджувальними про можливість виникнення ситуації, при якій процес виходить із стану керованості.

Для оцінки якості харчової продукції, що встановлюється технологічним регламентом відповідно до виду масла, на одному листі будуються контрольні карти Шухарта середнього (\bar{X}) та розмахів (R). \bar{X} – карта слугує для

відображення стабільності процесу із нанесенням середнього процесу та виявляє небажані варіації, або ж умови при яких процес виходить із стану статичної керованості. R – слугує для виявлення небажаних варіацій у самій підгрупі вибірки та виступає індикатором мінливості процесу. При виході значень за межі на R – карті, це свідчить про наявність у системі певних причинно-наслідкових зв'язків.

Контрольні карти Шухарта (ISO 8258-2001) мають 8 критеріїв особливих причин, при виявленні яких необхідно ввести коригуючі дії у процес інтелектуальної оцінки виробництва харчової продукції.

Аналізуючи контрольна карти для змінної S_z частоти обертів мішалки збивального пристрою та початкова температура збивання вершків t_p при вологості 20 % (рис. 2.5) викиди на R – картах при відсутності їх на X – картах свідчить про появу відхилень та необхідності внесення коригувальних дій.

Інтерпретація контрольних карт для змінної t_p початкової температури збивання вершків (рис. 2.6): викиди на R – картах при відсутності їх на X – картах свідчить про появу відхилень та необхідності внесення коригувальних дій.

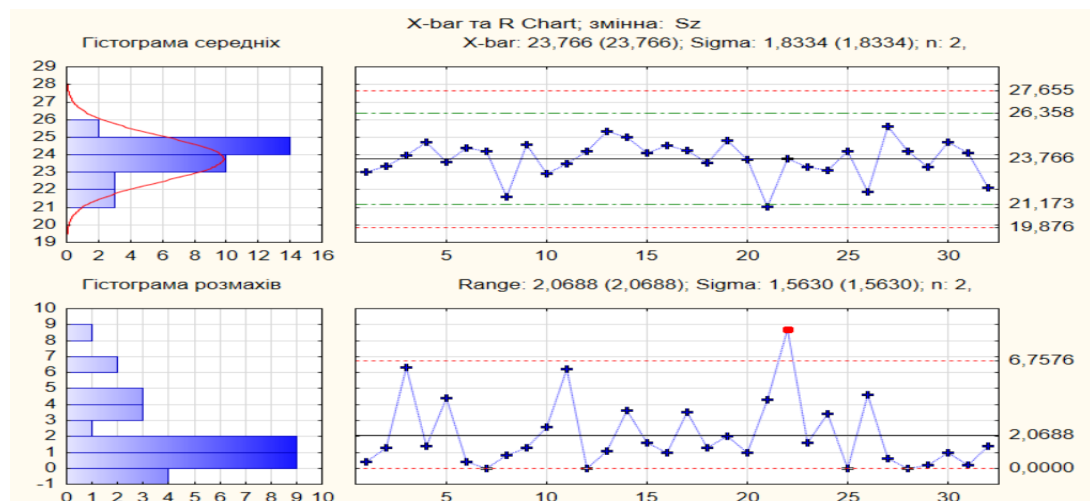


Рисунок 2.5. Контрольні карти Шухарта оцінки якості за змінною S_z частоти обертів мішалки збивального пристрою при вологості 20 %

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica (знімок з екрану)

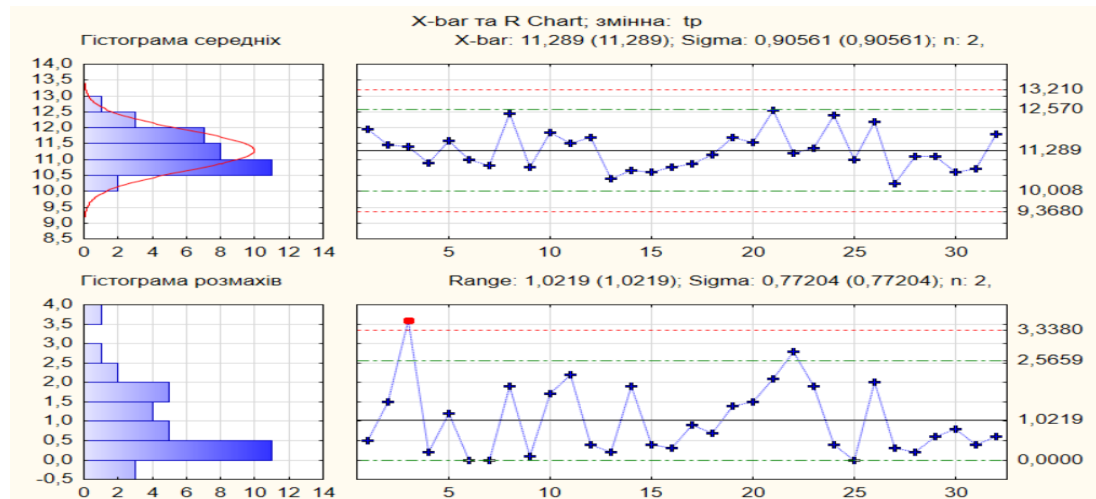


Рисунок 2.6. Контрольні карти Шухарта оцінки якості за змінною t_p початкової температури збивання вершків

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica (знімок з екрану)

Інтерпретація контрольних карт для змінної F_{nk} витрати нормалізуючого компонента (рис. 2.7): на X – карті та R – карті при нормальному розподілі значень присутні викиди за контрольні межі процесу, що слугує сигналом про погіршення ситуації в процесі та необхідності внесення коригувальних дій для стабілізації процесу.

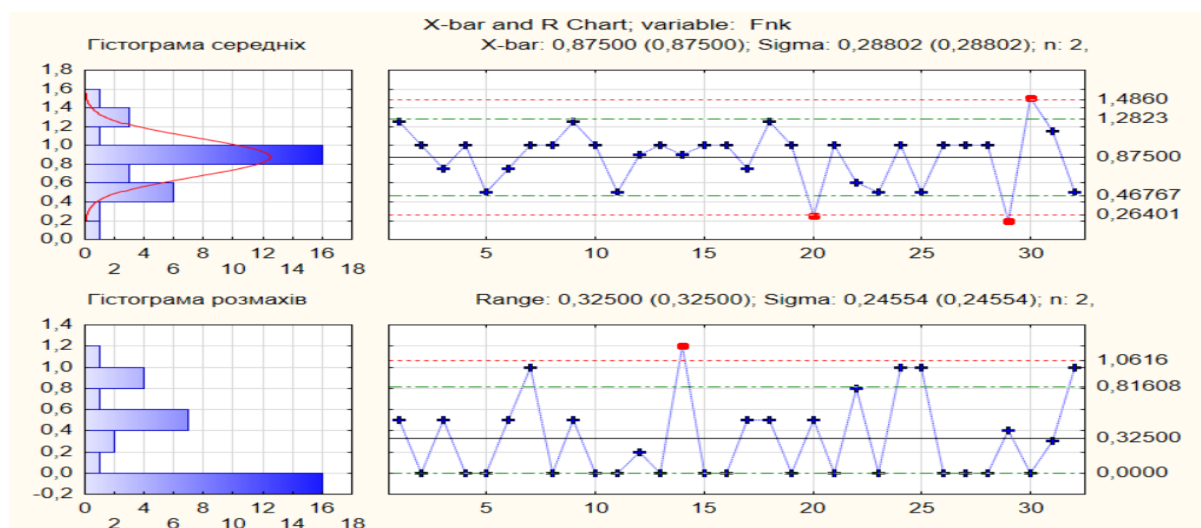


Рисунок 2.7. Контрольні карти Шухарта оцінки якості за змінною F_{nk} витрати нормалізуючого компонента

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica (знімок з екрану)

Після побудови та аналізу контрольної карти Шухарта для партії вершкового масла вмістом вологості 20 % (рис. 2.8) на X – карті та R – карті при нормальному розподілі значень відсутні викиди за контрольні межі та свідчить про статично керований процес і необхідності у введенні коригувальних дій немає. Отже, можна стверджувати, що процес при виробництві селянського вершкового масла вологістю 20 % та масовою часткою жиру 78 % відповідає технологічним вимогам.

Аналізуючи контрольні карти партії для масла вершкового екстра вологістю 16 % (рис. 2.9) на R – карті з'явився викид за контрольні межі раніше ніж на X – карті при нормальному розподілі значень на X – карті, що слугує сигналом появи відхилення та необхідності у введенні коригувальних дій.

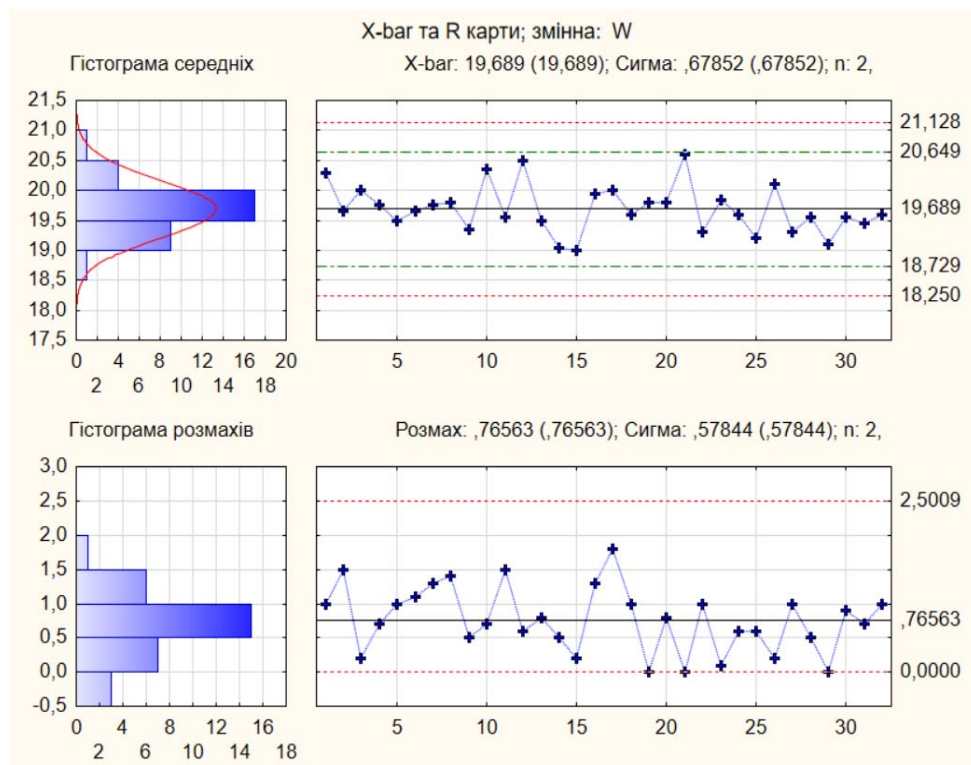


Рисунок 2.8. Контрольні карти Шухарта оцінки якості за вмістом вологи 20 %

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica (знімок з екрану)

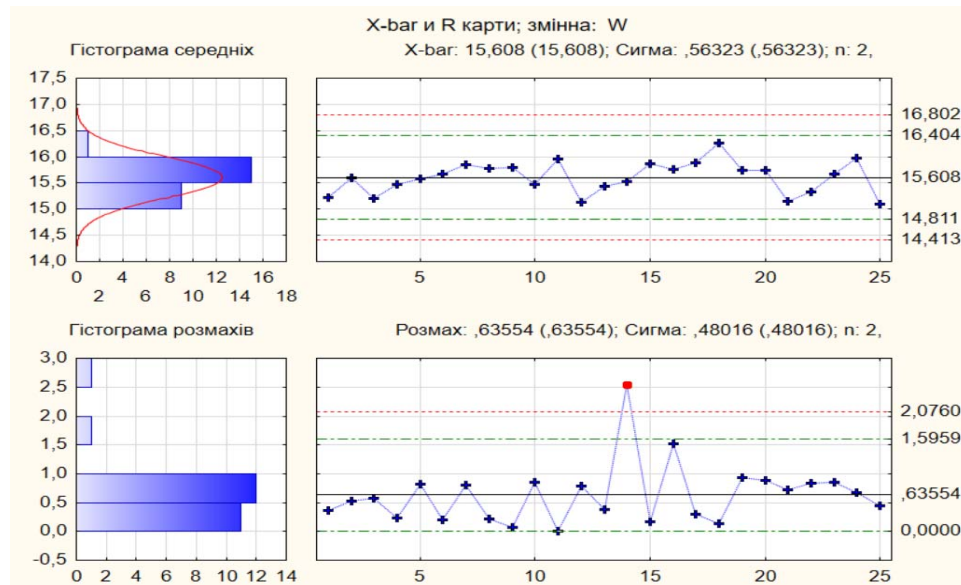


Рисунок 2.9. Контрольні карти Шухарта оцінки якості за вмістом вологи 16 %

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica (знімок з екрану)

На рис. 2.10-2.11 представлено карти Шухарта оцінки якості за вмістом вологи 25 %. Як видно із рис. 2.10, на X – карті та R – карті при нормальному розподілі значень відсутні викиди за контрольні межі, що свідчить про статично керований процес.

На контрольній X – карті (рис. 2.11) спостерігається викид за контрольну верхню межу за нормального розподілу на R – карті, що свідчить про необхідність застосування коригувальних дій.

Контрольні карти Шухарта оцінки якості за вмістом вологи 16 % та 25 % для решти параметрів представлено у Додатку А та Додатку Б.

Існує можливість у побудові контрольних карт для окремих спостережень під час проходження процесу. Дані карти застосовують в силу незручності або неможливості аналізу вибірок із ряду спостережень. В таких випадках доречно застосовувати контрольні карти наступних типів: CUSUM, MA, і EWMA (контрольні карти для накопичених сум і ковзних середніх).

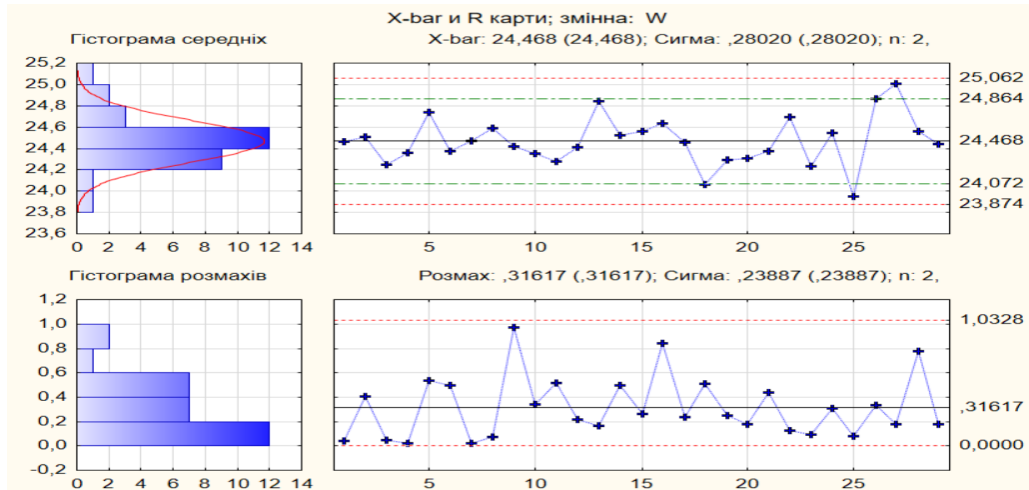


Рисунок 2.10. Контрольні карти Шухарта оцінки якості за вмістом вологи 25 %

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica (знімок з екрану)

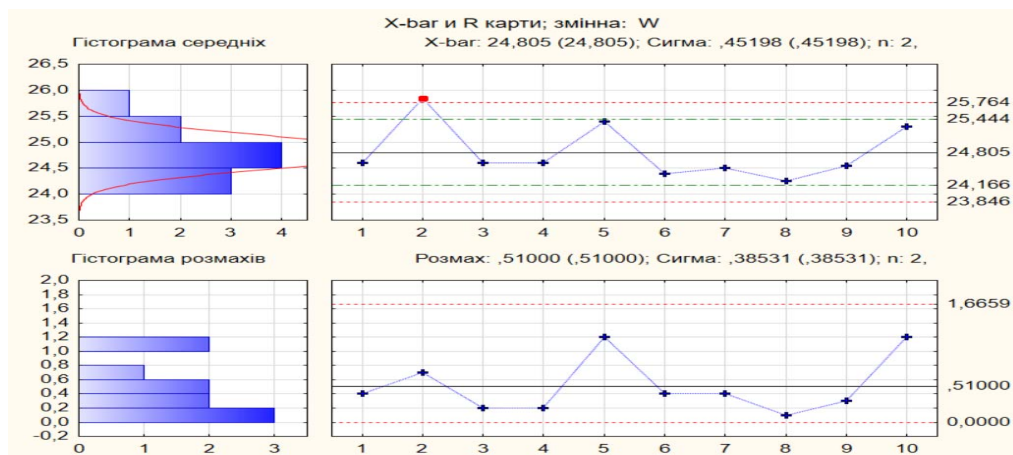


Рисунок 2.11. Контрольні карти Шухарта оцінки якості за вмістом вологи 25 %

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica (знімок з екрану)

Задля вивчення поведінки малих трендів послідовних вибірових середніх використовуються спеціальні контрольні карти ковзного середнього (МА – карта). Ковзне середнє дозволяє спостерігати довгострокову тенденцію в динаміці показника. Різкі зміни згладжуються і залишається загальний напрямок зсуву.

Проаналізуємо побудовані карти (рис. 2.12): на X – карті та R – карті при відсутні викиди за контрольні межі UCL та LCL; MA – карта свідчить про стабільність процесу.

При оцінці контрольних карт Шухарта слід пам'ятати про існуючі ризики, що бувають першого і другого роду. Ризик першого роду – α -ризик – «ризик помилкової тривоги» дорівнює ймовірності визнати процес розлагодженим, коли він не є таким, а ризик другого роду – β -ризик – «ризик пропуску сигналу» дорівнює ймовірності прийняття рішення про правильно працюючий процес, в той час, як центр його налагодження змістився.

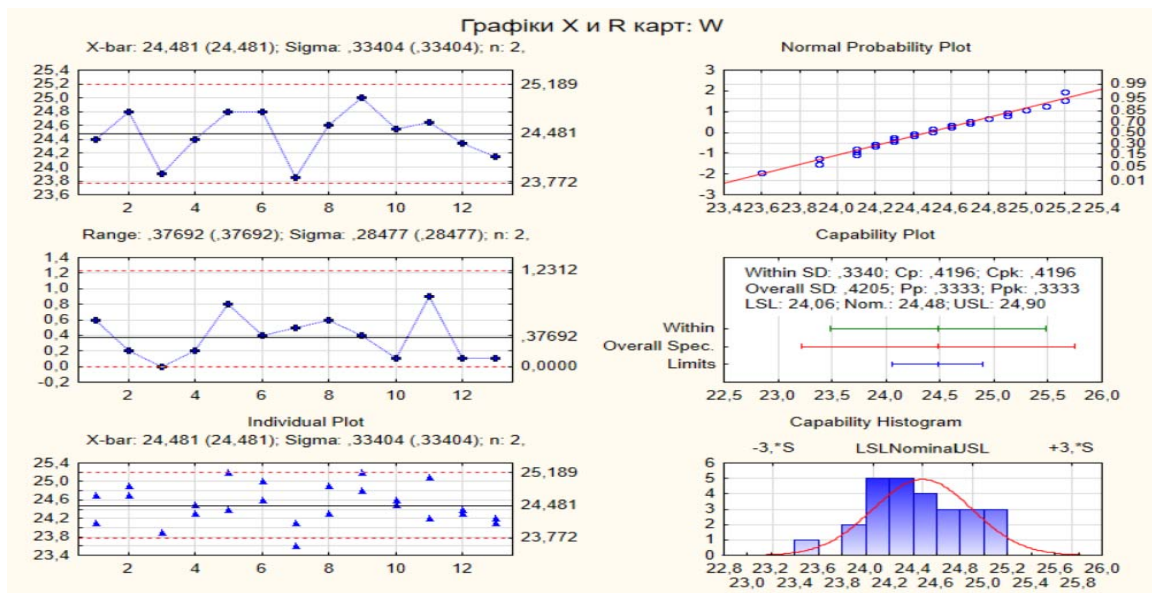


Рисунок 2.12. Контрольні карти ковзного середнього оцінки якості за вмістом вологи 25 %

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica (знімок з екрану)

Слід також враховувати можливість допуску двох помилок. Перша помилка пов'язана з поясненням відхилення, яке виникає, як не випадкового, при тому, що воно є результатом дії багатьох випадкових збурень, а друга помилка – інтерпретація відхилення, як результату дії випадкових факторів, хоча в дійсності існує якась не випадкова причина. В контрольних картах Шухарта допущення цих помилок зведено до мінімуму через застосування

UCL та LCL, які дорівнюють 3σ . Для впорядкування можливих причин виникнення відхилень під час процесу варто застосувати діаграму К. Ісікаві [9]. Діаграма Ісікаві – це графічний спосіб дослідження найбільш впливових причинно-наслідкових взаємозв'язків між відповідними факторами й наслідками. За допомогою діаграми визначаються головні фактори, які впливають на оцінку якості харчової продукції. Основні фактори недостатньої якості харчової продукції показано на рис. 2.13.

Загалом, можна стверджувати, що факторами, які визначають порушення показника якості продукції ϵ : порушення в роботі обладнання, неоптимізований процес, неякісна сировинна база, порушення збоку персоналу, відсутність оперативного контролю процесу.

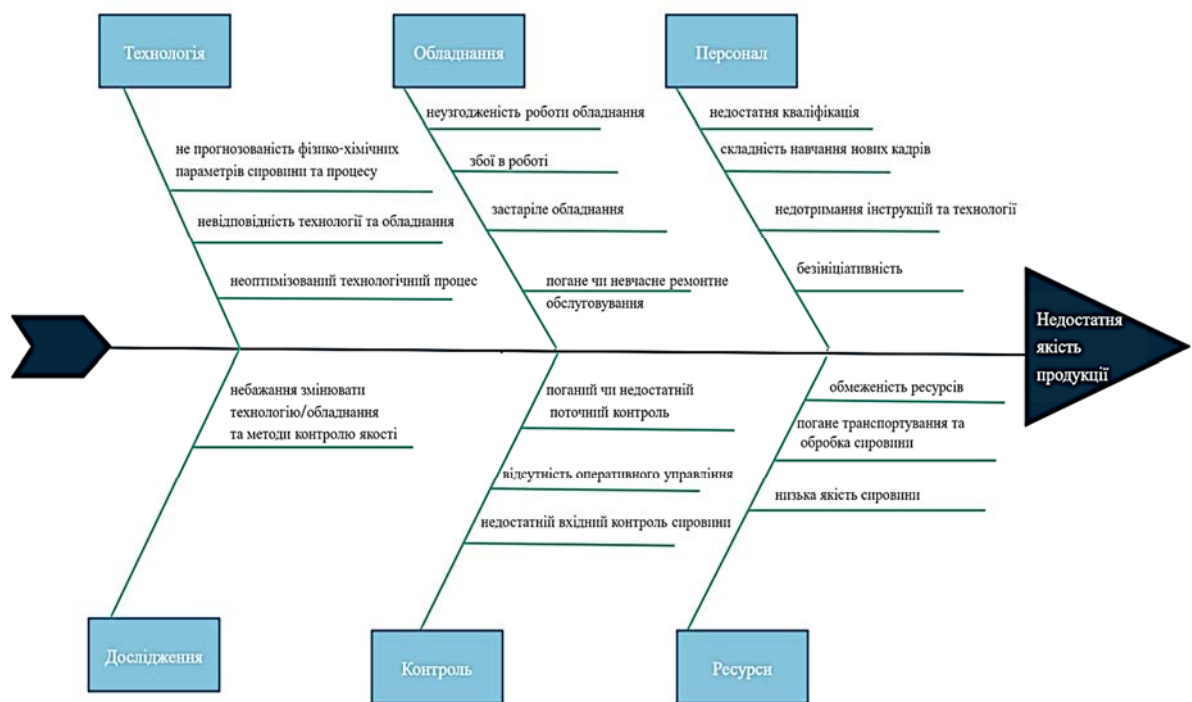


Рисунок 2.13. Систематизація причин відхилень якості продукції за допомогою інтелектуальної оцінки на основі діаграми К. Ісікаві.

Джерело: побудовано автором (знімок з екрану)

Застосування інтелектуальної оцінки якості, побудованої на базі А- та С-сценаріїв, спрямоване на систематизацію потенційних причин відхилень, що

можуть виникнути під час процесу. Ця методика ґрунтується на використанні діаграми К. Ісікаві, яка в свою чергу допомагає покращити процес контролю, управління і коригування технологічних аспектів виробництва харчової продукції. Зазначені заходи сприяють підвищенню загальної якості харчової продукції та зменшенню кількості відхилень в процесі її виробництва.

Відповідно, доцільним є доповнення інформаційно-інтелектуальних систем оцінки якості продукції методами статистичного контролю на основі одномірних карт Шухарта, котрі використовуються для попередження відхилень у технологічному процесі на ранніх стадіях. Варто пам'ятати, що контрольні карти Шухарта лише вказують на появу розузгодження процесу та не вказують на точне місце її виникнення, проте дозволяють підвищити контрольованість самого процесу та зменшити появу дефектів продукції.

2.3 Моделювання інформаційно-інтелектуальної системи прогнозування якості харчової продукції

На даний час технологіям інтелектуального керування у всьому світі приділяється досить велика увага, інтерес яких пов'язаний із рядом причин. Традиційні технології не можуть повністю забезпечити необхідну якість керування, адже не враховують всіх можливих невизначеностей, котрі впливають на сам об'єкт керування. Поширені алгоритми адаптивного керування, у деяких випадках, є досить складними у реалізації та не завжди дають бажаний результат. Розвиток інтелектуальних технологій дозволяє створювати нове покоління систем керування, що характеризуються більшою точністю та функціональністю.

Виходячи із розвитку інтелектуальних технологій можна виділити основні чотири напрямки інтелектуальних систем керування:

- технологія експертних систем, орієнтована на обробку знань з явною формою представлення у вигляді продукційних правил, семантичних мереж, предикатів і фреймових структур;
- технологія нечіткої логіки, орієнтована на обробку логіко-лінгвістичних моделей представлення знань за допомогою продукційних правил і розмитих множин;
- технологія нейромережних структур з неявною формою представлення знань, прихованих в архітектурі мережі, параметрах нейронів і зв'язків;
- технологія асоціативної пам'яті, орієнтована на обробку знань з неявною формою представлення у вигляді гіперповерхні в багатовимірному просторі ознак.

Штучні нейронні мережі є результатом багатьох досліджень, що успішно застосовувались у надзвичайно великому діапазоні різних проблемних областях [23-30]. Інтелектуальні технології, такі як нечітке керування, нейронні мережі та генетичні алгоритми почали успішно застосовувати для хімічних та біологічних процесів для діагностики, прийняття рішень та розв'язання задач на основі аналізу даних. Для харчових виробництв впровадження припадає на зокрема і молочну промисловість [32-39].

Якість харчової продукції більшості технологічних процесів неможливо виміряти за допомогою автоматичних приладів чи то датчиків, оскільки вона залежить від ряду взаємопов'язаних факторів, які оцінити в режимі реального часу досить складно.

З точки зору аналізу та синтезу систем автоматизованого керування, процес, на прикладі вершкового масла, є складним об'єктом керування та характеризується багатомірністю, багатозв'язністю та нестаціонарністю. В такому процесі основним параметром, що відображає якість готової продукції відносно початкової сировини та енергозатрат є вміст вологи в готовому

продукті [13]. Існуючі способи стабілізації вмісту вологи у маслі зводяться до оперативного керування, які отримуються на основі лабораторних досліджень та не дозволяють своєчасно реагувати на поточну ситуацію, що призводить до збільшення отримання продукції неналежної якості.

Враховуючи вище сказане про необхідність адаптації інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції відповідно до кожного продукту в рамках даного дисертаційного дослідження, адаптуємо дану систему під якість вершкового масла. Оскільки прямий моніторинг якості надзвичайно складний, тому виникає потреба у представленні якісної змінної вмісту вологи у вершковому маслі, тобто ключовим показником інтелектуальної оцінки, в даному випадку, постає вміст вологи у вершковому маслі.

Відповідно до проведеного аналізу процесу виробництва вершкового масла для стадій процесів дозрівання та збивання основними параметрами, які впливають на якість масла є: жирність вершків, йодне число, температура та тривалість дозрівання вершків, кислотність вершків, початкова температура збивання вершків, об'єм дозрілих вершків до масловиготовлювача, частота обертів мішалки збивального пристрою, рівень маслянки, витрата нормалізуючого компонента.

Для керованості вмісту вологи вершкового масла обрано ті параметри, які можна змінювати у межах технологічного регламенту задля забезпечення максимальної якості готового продукту. Такими параметрами виступають: жирність вершків F_v , температура дозрівання вершків t_d , початкова температура збивання вершків t_p , частота обертів мішалки збивального пристрою S_z та витрата нормалізуючого компонента F_{nk} . Представимо залежність вмісту вологи у вершковому маслі W відповідно до технологічних параметрів у вигляді структурної моделі процесу (2.8):

$$W = f_{NN}(F_v, t_d, t_p, S_z, F_{nk}) \quad (2.8)$$

Основні характеристики технологічних змінних для вмісту вологи у маслі 16 %, 20 % та 25 % представлені у табл. 2.12-2.14. Тривалість вибірки становить близько 3 діб із інтервалом у 30 с.

Таблиця 2.12.

Основні характеристики змінних за вмістом вмісту вологи 16 %

Variable	Mean	Median	[Min Max]	Variance	Std. Dev.	Coef. Var
1	2	3	4	5	6	7
F_v	41.01	41.20	[32.20 43.20]	1.24	1.12	2.72
t_d	5.32	5.40	[4.20 6.50]	0.38	0.62	11.65
t_p	9.69	9.40	[8.20 11.60]	0.64	0.80	8.27
S_z	21.36	21.70	[17.00 25.30]	3.04	1.74	8.16
F_{nk}	0.71	0.80	[0.00 1.80]	0.16	0.40	57.11
W	15.75	15.80	[15.10 16.30]	0.13	0.35	2.26

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica

Таблиця 2.13.

Основні характеристики змінних за вмістом вологи 20 %

Variab le	Mean	Median	[Min Max]	Vari- ance	Std. Dev.	Coef. Var
F_v	41.12	41.20	[37.50 43.80]	1.49	1.22	2.98
t_d	5.32	5.50	[4.00 6.80]	0.45	0.67	12.61
t_p	11.29	11.00	[9.60 13.60]	0.83	0.91	8.06
S_z	23.77	24.20	[18.90 21.80]	3.25	1.80	7.58
F_{nk}	0.88	1.00	[0.00 1.50]	0.15	0.39	44.92
W	19.68	19.80	[18.80 20.90]	0.36	0.60	3.04

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica

Таблиця 2.14.

Основні характеристики змінних за вмістом вологи 25 %

Variable	Mean	Median	[Min Max]	Vari-ance	Std. Dev.	Coef. Var
1	2	3	4	5	6	7
F_v	42.30	42.50	[40.10 45.10]	1.46	1.21	2.85
t_d	5.69	5.90	[4.40 6.90]	0.54	0.73	12.88
t_p	11.77	11.40	[10.00 13.80]	0.85	0.92	7.81
S_z	26.53	27.00	[22.20 29.90]	3.31	1.82	6.86
F_{nk}	1.21	1.30	[0.60 2.00]	0.14	0.37	30.61
W	24.48	24.50	[23.60 25.20]	0.17	0.41	1.68

Джерело: побудовано автором в середовищі Statistica

Розробка інформаційно-інтелектуальної системи прогнозування на основі моделювання є важливим етапом, що значно зменшує час на її розробку та допомагає попередньо зорієнтуватися в її ефективності. Для опису такої системи використовується об'єктно-орієнтований підхід змішаної методології моделювання SysML на основі діаграм функцій користувача, яка представлена на рис. 2.14. На даній діаграмі у якості об'єктів виступають власне *Оператор* та *Інформаційно-інтелектуальної системи прогнозування (ІСП)*. Обмін інформацією між об'єктами здійснюється за допомогою повідомлень, тому керуючою дією для *Оператора* виступає контроль якості сировини за рахунок контролю технологічних параметрів процесу виробництва вершкового масла із залученням дашборду інформаційної панелі. Відповідно до технологічних вимог стану *Оператор* надсилає повідомлення до *ІСП* про задання технологічних параметрів процесу із зворотнім повідомленням про відкриття інтерфейсу користувача. Відповідно до заданих параметрів процесу *ІСП* обробляє дані, прогнозує вміст вологи у маслі та надсилає повідомлення про дію до *Оператора*, а саме отримати рекомендації. *Оператор* на основі

отриманої інформації від нейронної мережі проводить аналіз прогнозованого процесу та налаштовує показники процесу.

Для створення нейро-нечіткої мережі прогнозування вмісту вологи у вершковому маслі застосовується пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB на основі адаптивної системи виводу ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System).

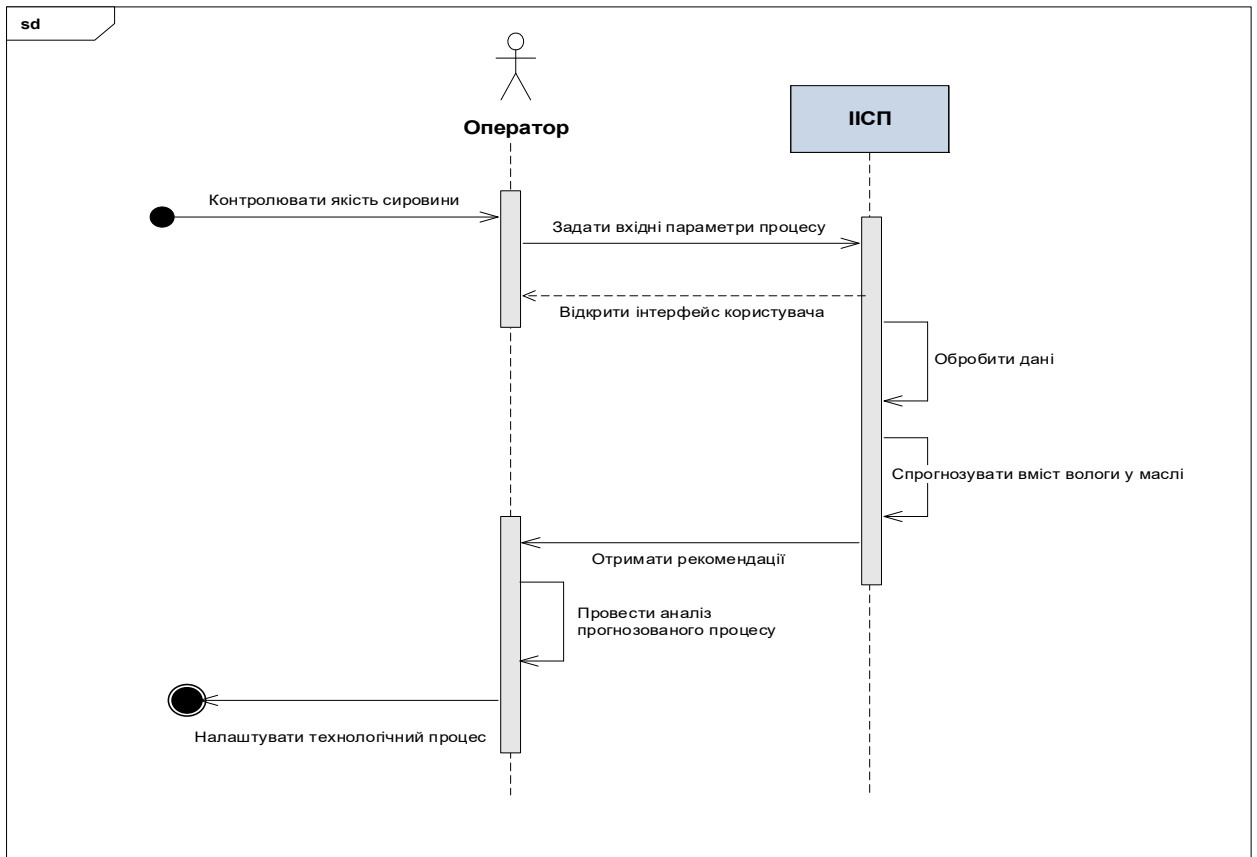


Рисунок 2.14. **Діаграма поведінки користувача ІСП (інформаційно-інтелектуальна система прогнозування)**

Джерело: побудовано автором (знімок з екрану)

З одного боку, гібридна мережа ANFIS – це нейронна мережа з одним виходом і кількома входами, яка є нечіткою лінгвістичною змінною. У цьому випадку терміни вхідних лінгвістичних змінних описуються критеріями функції належності системи MATLAB, а терміни вихідних змінних

представлені лінійними або постійними функціями належності. З іншого боку, гібридна мережа ANFIS – це система нечіткого виведення FIS типу Сугено нульового або першого порядку, де кожне правило нечіткого добутку має вагу 1.

Редактор ANFIS дозволяє автоматично синтезувати з експериментальних даних нейро-нечіткі мережі чи завантажувати конкретну модель адаптивної системи нейро-нечіткого виводу, виконувати її навчання, візуалізувати її структуру, змінювати і налагоджувати її параметри, а також використовувати налагоджену мережу для одержання результатів нечіткого виводу. При цьому функції належності синтезованих систем налагоджено (навчені) так, щоб мінімізувати відхилення між результатами нечіткого моделювання й експериментальних даних.

Нечіткий логічний висновок за алгоритмом Сугено (Тагакі-Сугено) використовує нечітку базу знань, яка подібна базі знань Мамдані за виключенням заключень правил d_j , що задається лінійною функцією від входів:

$$d_j = b_{j,0} + \sum_{i=1,n} b_{j,i} \cdot x_i \quad (2.9)$$

де x_i – вхідні змінні; d_j – вихідні змінні; $b_{j,i}$ – деякі числа.

Якщо $\mu_{jp}(x_i)$ – функція належності входу x_i нечіткому терму

$a_{i,jp} = \int_{\underline{x}_i}^{\bar{x}_i} \mu_{jp}(x_i)/x_i$, $x_i \in [\underline{x}_i, \bar{x}_i]$, то нечітка база знань має вигляд:

$$Y_{p=1}^{kj} (I_{i=1}^n x_i = a_{i,jp} \text{ з вагою } w_{jp}) \rightarrow y = b_{j,0} + b_{j,1} \cdot x_1 + b_{j,2} \cdot x_2 + \dots + b_{j,n} \cdot x_n, \quad j = \overline{1, m}. \quad (2.10)$$

Правила у базі знань Сугено слугують перемикачами із одного лінійного закону «вхід-вихід» на інший. Так як межі підоблатей розмиті, це дає можливість одночасного виконання декількох лінійних законів, але із різним степенями. Степінь приналежності вхідного вектору $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ до значень $d_j = b_{j,0} + \sum_{i=1,n} b_{j,i} \cdot x_i$ розраховується наступним чином:

$$\mu_{dj}(X^*) = \bigvee_{p=\overline{1,k_j}} w_{jp} \cdot \bigwedge_{i=\overline{1,n}} [\mu_{jp}(x_i^*)], \quad j = \overline{1,m}, \quad (2.11)$$

де \bigvee (\bigwedge) – операція із s-норми (t-норми), тобто з множини реалізацій логічної операції АБО (ТА). В нечіткому логічному висновку Сугено зазвичай використовується ймовірнісне АБО як s-норма та добуток як t-норма.

Вхідному вектору X^* відповідає наступна нечітка множина \tilde{y} :

$$\tilde{y} = \frac{\mu_{d1}(X^*)}{d_1} + \frac{\mu_{d2}(X^*)}{d_2} + \dots + \frac{\mu_{dm}(X^*)}{d_m} \quad (2.12)$$

З огляду на наведене вище можна стверджувати, що нечітка множина задана на основі множини чітких чисел, а кінцеве значення для виходу y визначається як суперпозиція лінійних залежностей, що виконується в даній точці X^* n – вимірного факторного простору, шляхом дефазифікації нечіткої множини \tilde{y} знаходячи зважене середнє:

$$y = \frac{\sum_{j=1,m} \mu_{dj}(X^*) \cdot d_j}{\sum_{j=1,m} \mu_{dj}(X^*)} \quad (2.13)$$

або зважену суму:

$$y = \sum_{j=1,m} \mu_{dj}(X^*) \quad (2.14)$$

Інтелектуальна система прогнозування якості продукції на основі нейро-нечіткої мережі виступає багатофункціональною та динамічно системою, як спрямована на вирішення проблем контролю, планування та управління. Архітектура такої системи показана на рис. 2.15 у вигляді діаграми діяльності та описує послідовність дій у кожному шарі нейро-нечіткої мережі.

Система нейро-нечіткої мережі має три шари: вхідний, прихований і вихідний. Вхідний шар отримує дані про якість продукції і виробничий процес, які обробляються у прихованих шарах за допомогою нейронів з вагами і активаційними функціями. Вихідний шар формує прогнози для якості продукції, і можливо використовується зворотний зв'язок для коригування параметрів моделі під час навчання і оптимізації.

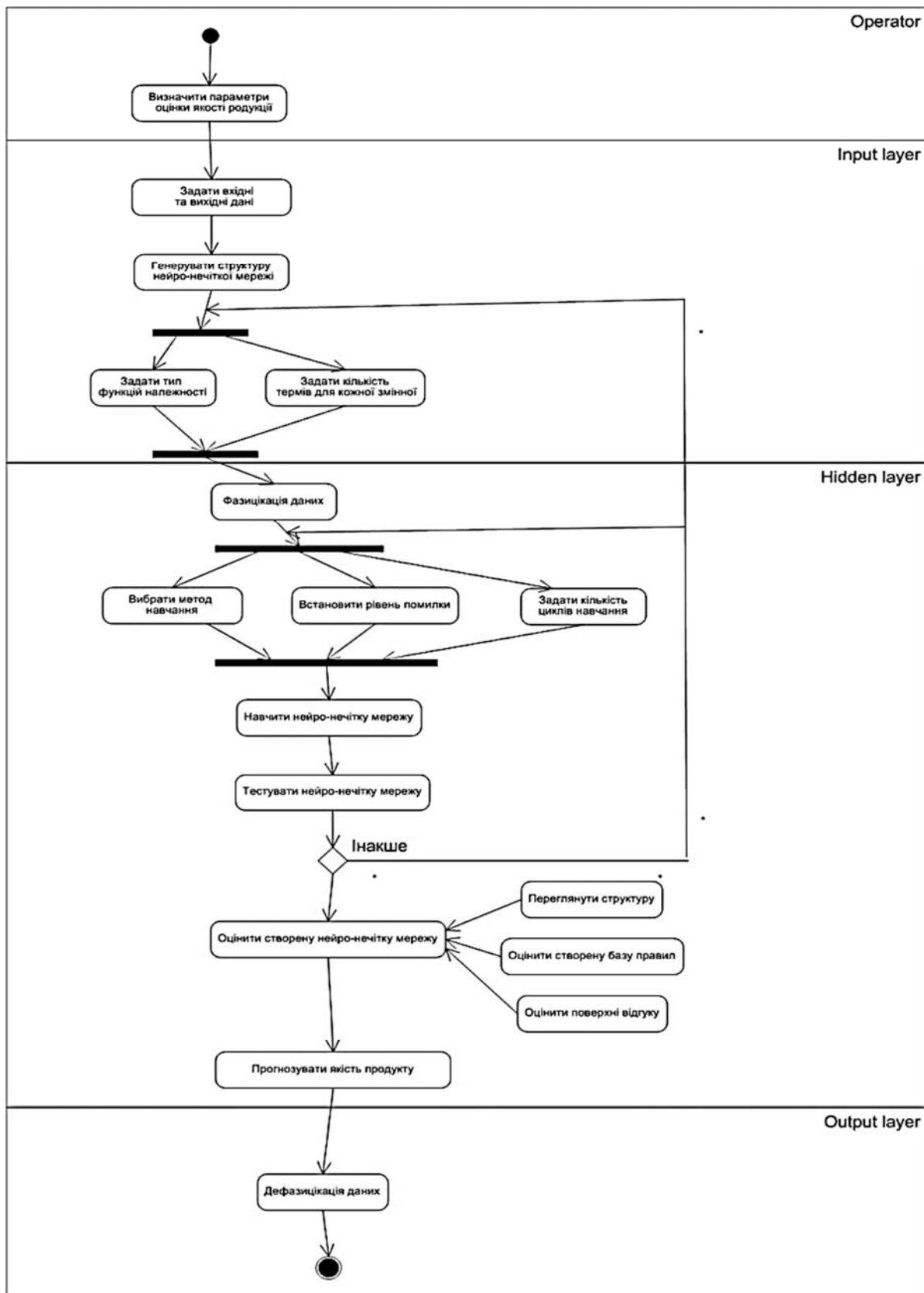


Рисунок 2.15. UML діаграма діяльності нейронної мережі

Джерело: побудовано автором (знімок з екрану)

Відповідно до структурної моделі (2.8) на основі статичних вибірок, що сформовані із експериментальних даних процесу згенерована структура та параметрична схема ANFIS-мережі (рис. 2.16 – 2.17) оцінки якості харчової продукції за вмістом вологи 16 %, має п'ять входів та один вихід. Кожна змінна розділена на три лінгвістичні терми у вигляді трикутної функції належності

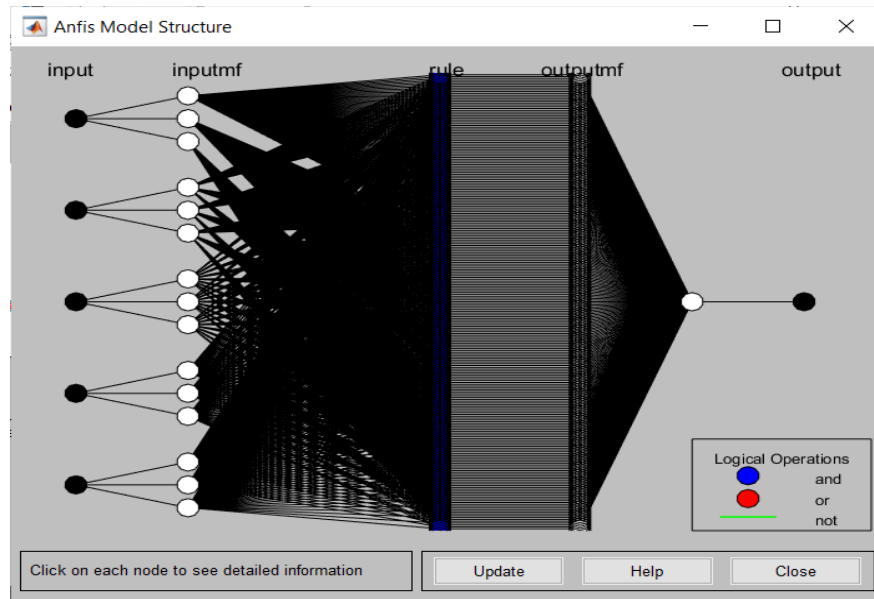


Рисунок 2.16. Структура ANFIS-мережі оцінки якості харчової продукції за вмістом вологи 16 %

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

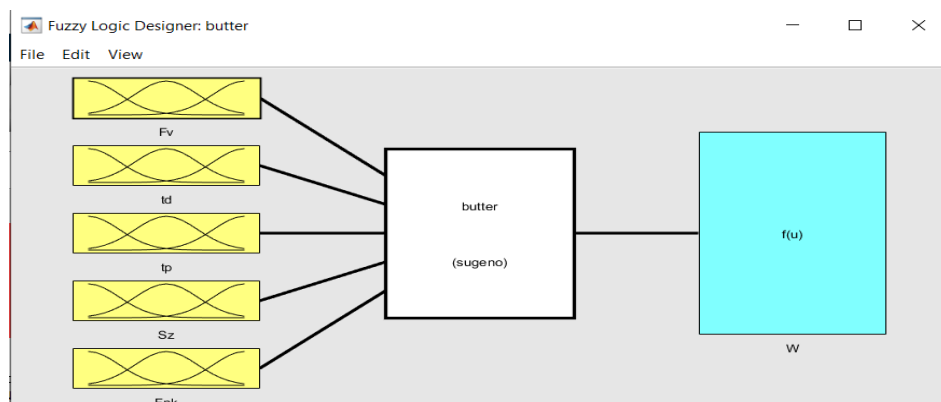


Рисунок 2.17. Параметрична схема оцінки якості харчової продукції за вмістом вологи від вхідних параметрів

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

Для ANFIS-мережі оцінки якості харчової продукції за вмістом вологи 16 % функції належностей вхідних параметрів представлені на рис. 2.18 – 2.22. В архітектурі ANFIS-мережі сформовано п'ять рівнів: перший рівень є вхідним рівнем, що включає вхідні змінні шляхом застосування функції належності; другий рівень – це дія з'єднання «І» всередині пов'язаного попередньо визначеного правила. У цьому шарі дві належності, отримані за допомогою нечіткості, множаться так, що нечіткі правила будуть запропоновані на виході; третій рівень розраховує виходи в нормованому значенні функції належності.

Будь-який вузол є фіксованим або неадаптивним; на четвертому рівні будь-який вузол є вузлом, що відповідає одному виходу. На цьому рівні виконується дефазифікація, і на п'ятому рівні є лише один вузол, який може бути адаптивним або фіксованим. Цей рівень обчислює вихідне середнє значення всіх правил

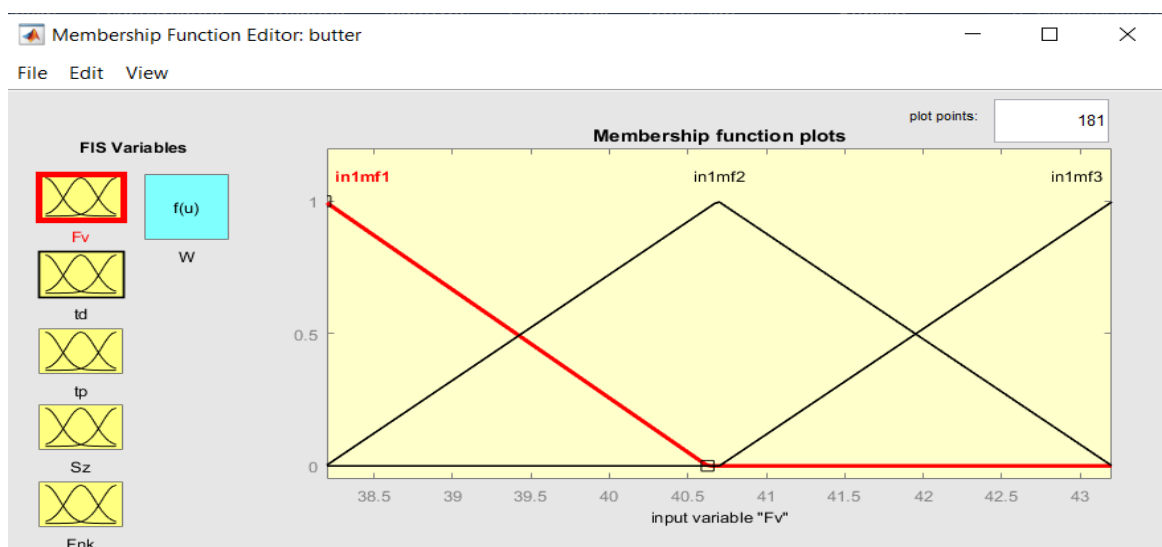


Рисунок 2.18. Функції належності оцінки якості харчової продукції за змінною F_v , жирності вершків

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

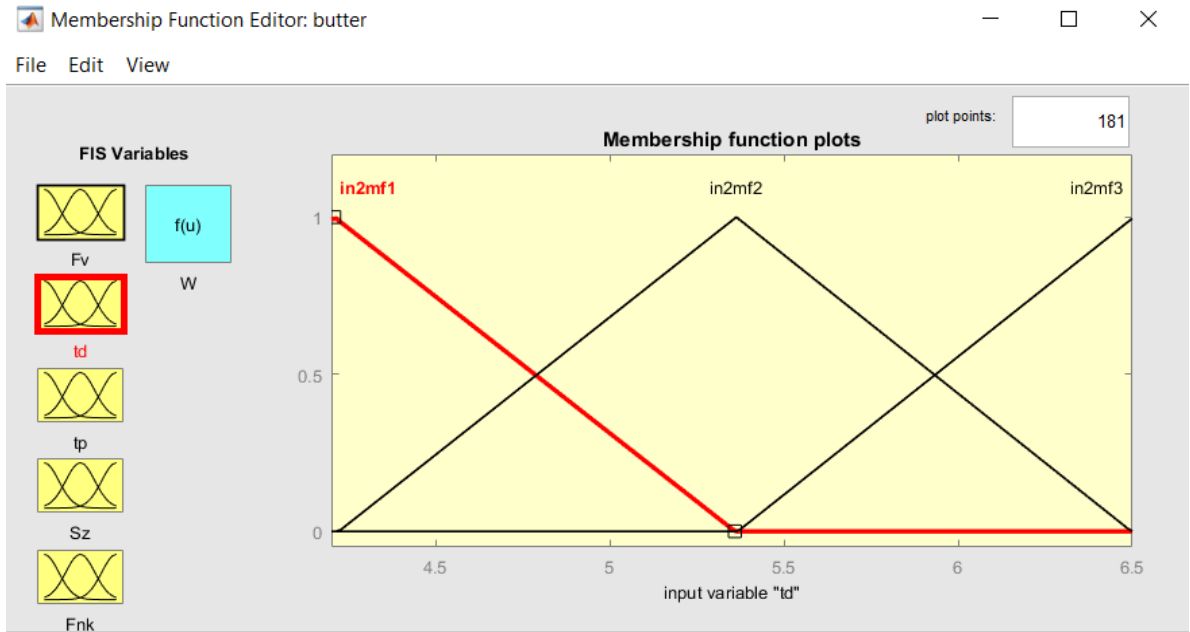


Рисунок 2.19. Функції належності оцінки якості харчової продукції за змінною t_d температура дозрівання вершків

Джерело побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

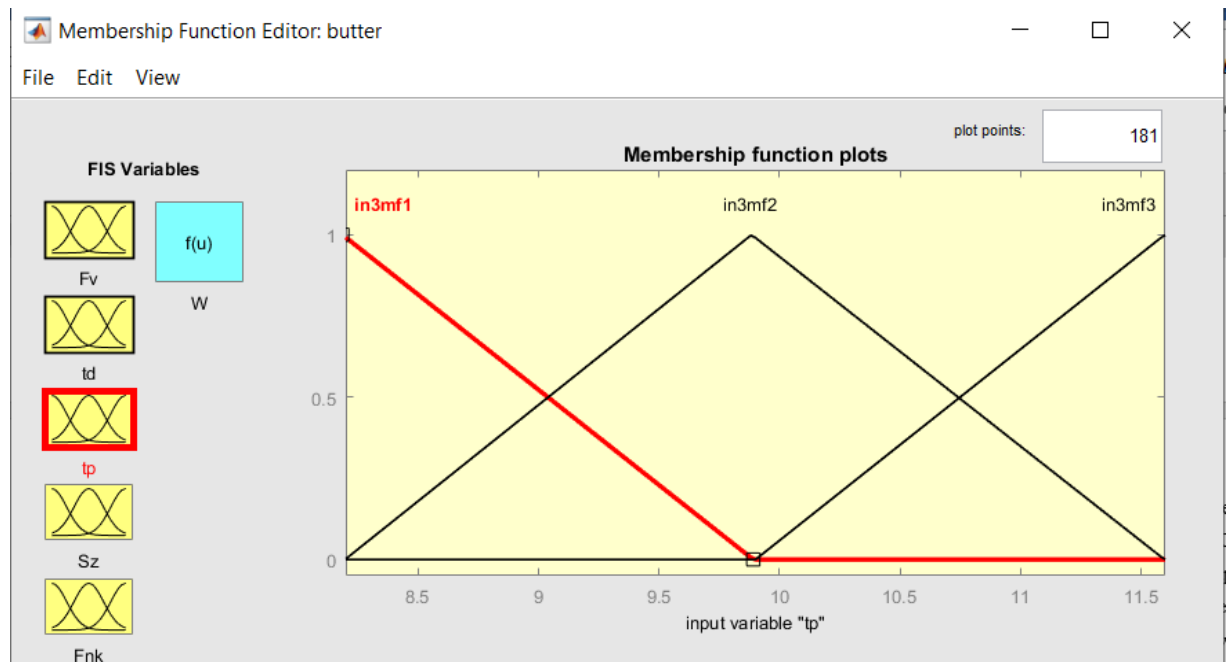


Рисунок 2.20. Функції належності оцінки якості харчової продукції за змінної t_p початкова температура збивання вершків

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

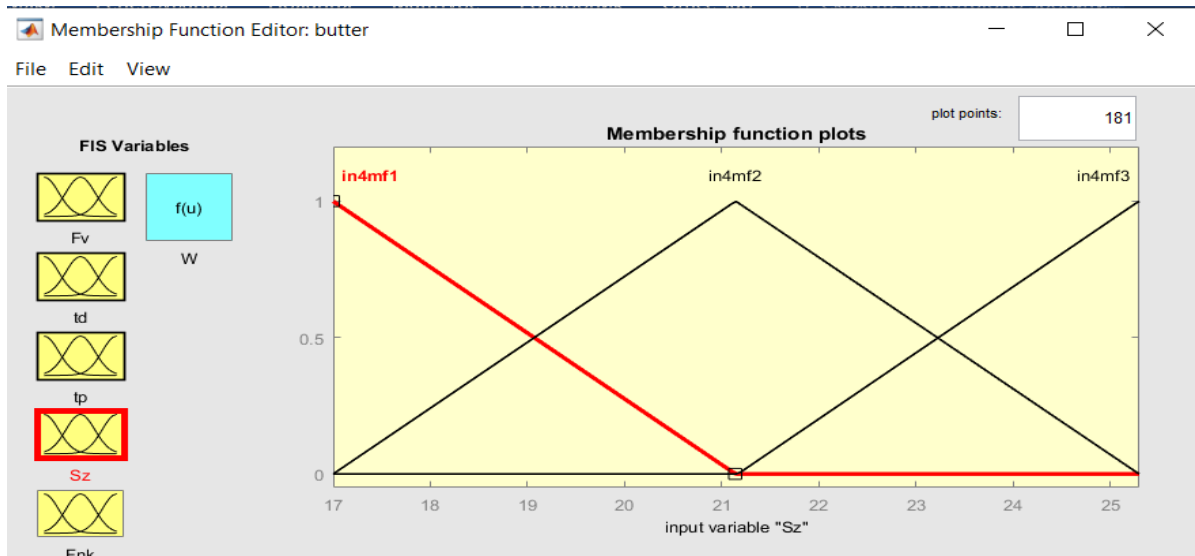


Рисунок 2.21. Функції належності оцінки якості харчової продукції за змінної S_z частота обертів мішалки збивального пристрою
Джерело побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

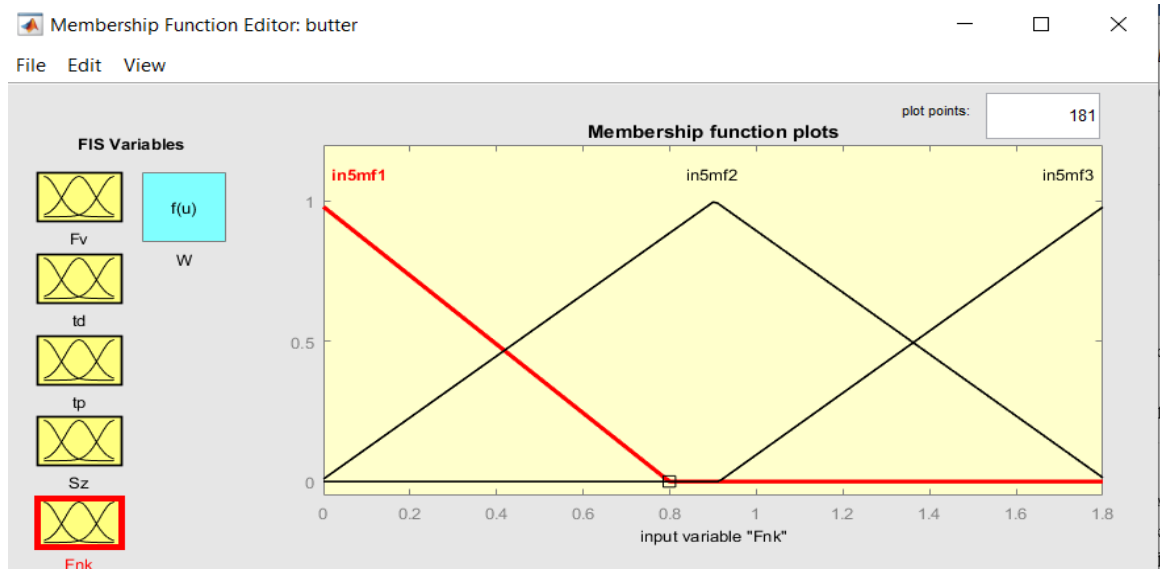


Рисунок 2.22. Функції належності оцінки якості харчової продукції за змінної F_{nk} витрата нормалізуючого компонента
Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

Нечітке правило з порядковим номером r має наступний вигляд:

$$R_1: \text{IF } x_1 = a_{1,r} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n = a_{n,r} \text{ THEN } y = b_{0,r} + b_{1,r}x_1 + \dots + b_{q,r}x_n \quad (2.15)$$

де r – порядковий номер правила, $r = \overline{1, m}$; $a_{n,r}$ – нечіткий терм із функцією належності $\mu_r(x_i)$, що використовується для лінгвістичної оцінки змінної x_i в r -му правилі $r = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, n}$; $b_{q,r}$ – дійсні числа у висновку r -го правила $r = \overline{1, m}$, $q = \overline{0, n}$.

Шари ANFIS-мережі мають наступні значення:

Перший шар. Входи мережі x_1, x_2, \dots, x_n з'єднані із сформованими термами у вигляді трикутної функції належності та формують вузол першого шару, кількість яких відповідає сумі утворених терм-множин. Ступінь належності значення вхідної змінної відповідає певному нечіткому терму та є виходом вузла.

$$\mu_r(x_i) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (2.16)$$

де a, b, c – параметри налаштування функцій належності.

Другий шар. В другому шарі загальна кількість вузлів m відповідає кількості нечітких правил. Кожен вузол другого шару зв'язаний з відповідними йому вузлами першого шару, що зв'язані за антецедентами певного нечіткого правила, та приймає від 1 до n вхідних сигналів. Ступінь виконання правила розраховується як добуток вхідних сигналів, що і є виходом вузлів τ_r , $r = \overline{1, m}$.

Третій шар. У вузлах третього шару, кожен з яких відповідає певному одному вузлу другого шару, розраховують відносний ступінь виконання нечіткого правила за формулою:

$$r_r^* = \frac{\tau_r}{\sum_{j=\overline{1, m}} \tau_j} \quad (2.17)$$

Четвертий шар. В четвертому шарі кількість вузлів така ж як в другому та третьому і дорівнює m . Кожен вузол четвертого шару зв'язаний з

відповідним вузлом попереднього шару та з усіма входами. Виходом четвертого вузла є розрахований внесок окремого нечіткого правила у вихід мережі.

$$y_r = \tau_r^*(b_{0,r} + b_{1,r}x_1 + \dots + b_{q,r}x_n) \quad (2.18)$$

П'ятий шар. Складається з одного вузла, який підсумовує внески усіх правил:

$$y = y_1 + \dots + y_r + \dots + y_m \quad (2.19)$$

Результатом навчання на основі експериментальних даних та структури ANFIS-мережі оцінки якості харчової продукції є сформовані 243 нечіткі правила (рис. 2.23) та поверхні відгуків, які показані на рис. 2.24 – 2.25 та у Додатку В, Додатку Г. Нечіткі правила містять ряди правил *IF-THEN*. Поверхня відгуку відображається у вигляді трьохвимірного графіку, який дозволяє досліджувати зв'язок між вихідним параметром та будь-якими двома вхідними параметрами відповідно до сформованих правил.

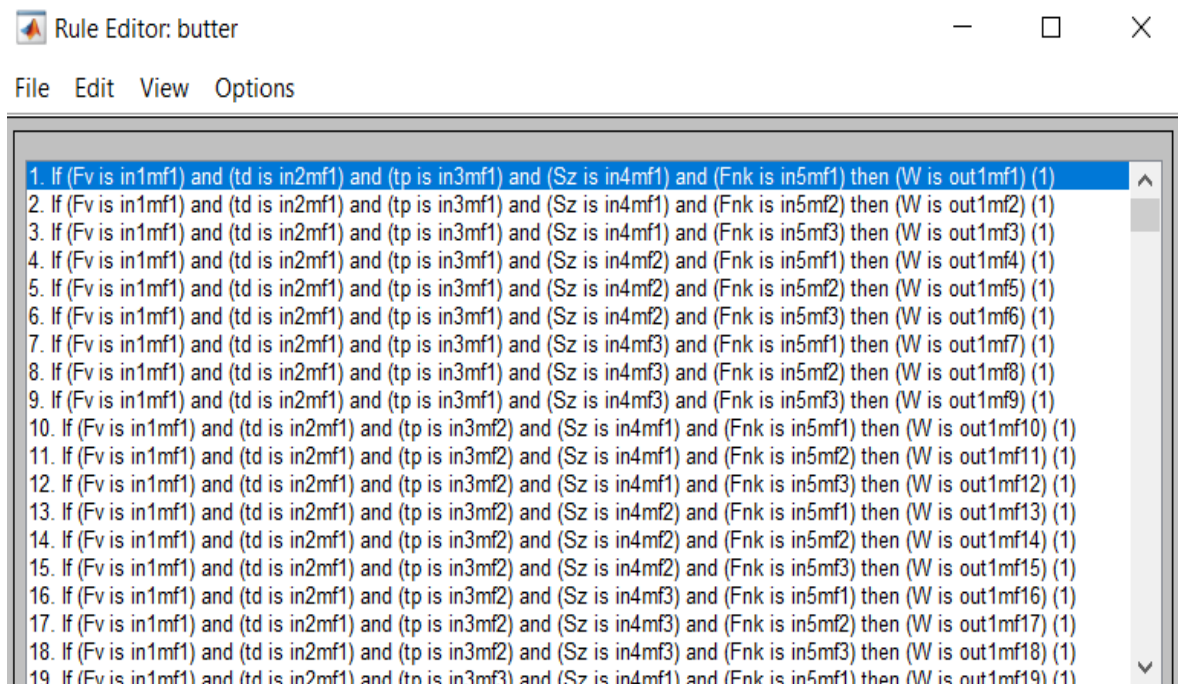


Рисунок 2.23. База нечітких правил оцінки показників якості вологості у маслі

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

Проаналізуємо рис. 2.24. Він має нестандартну поверхню і оптимальні параметри оцінки показників якості за вмістом вологи у маслі знаходяться в середніх діапазонах. Якщо розглядати рис. 2.25, поверхня відгуку для зміни показників якості вмісту вологи у маслі вказує на те, що із збільшенням початкової температури збивання та частоти обертів мішалки збивального пристрою збільшується вихідний параметр.

Аналіз адекватності побудованої ANFIS-мережі оцінки якості харчової продукції для прогнозування вмісту вологи у вершковому маслі проводиться за допомогою перегляду правил відповідної системи нечіткого виведення (рис. 2.26). Червоний показчик застосовується для встановлення певних значень вхідних параметрів процесу та отримувати відповідне залежне значення якісної вихідної величини.

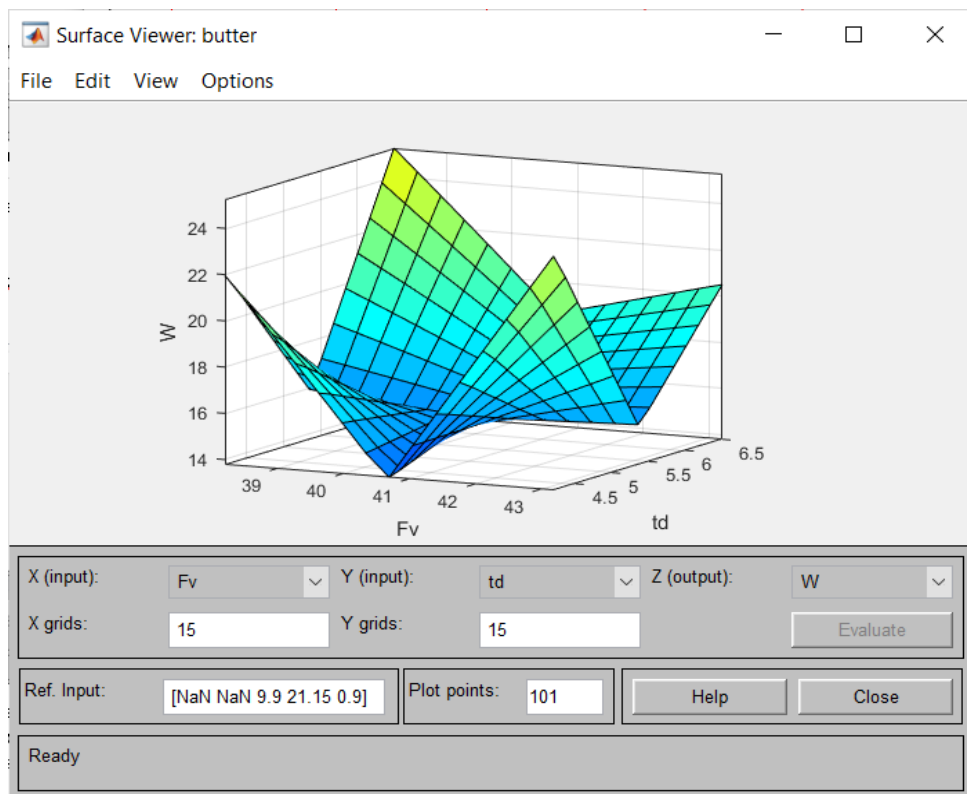


Рисунок 2.24. Графік залежності показників якості вмісту вологи у маслі від жирності вершків та температури дозрівання

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

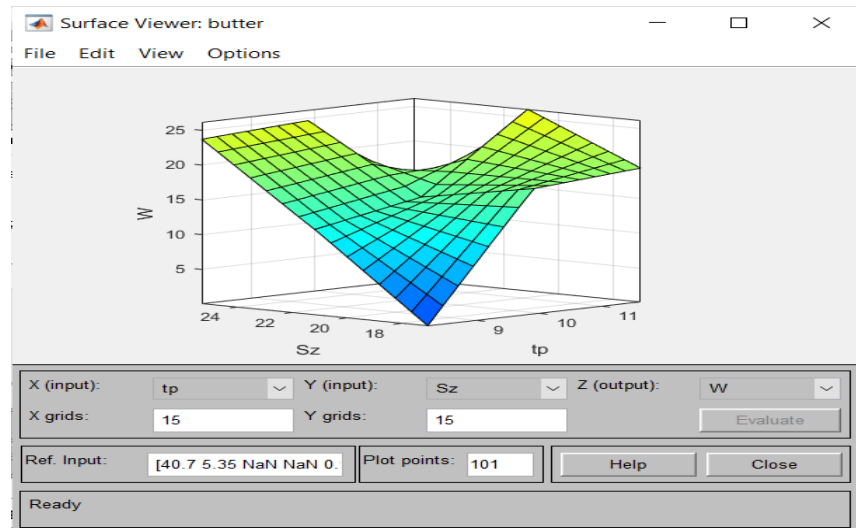


Рисунок 2.25. Графік залежності показників якостівмісту вологи від початкової температури збивання та частота обертів мішалки збивального пристрою

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

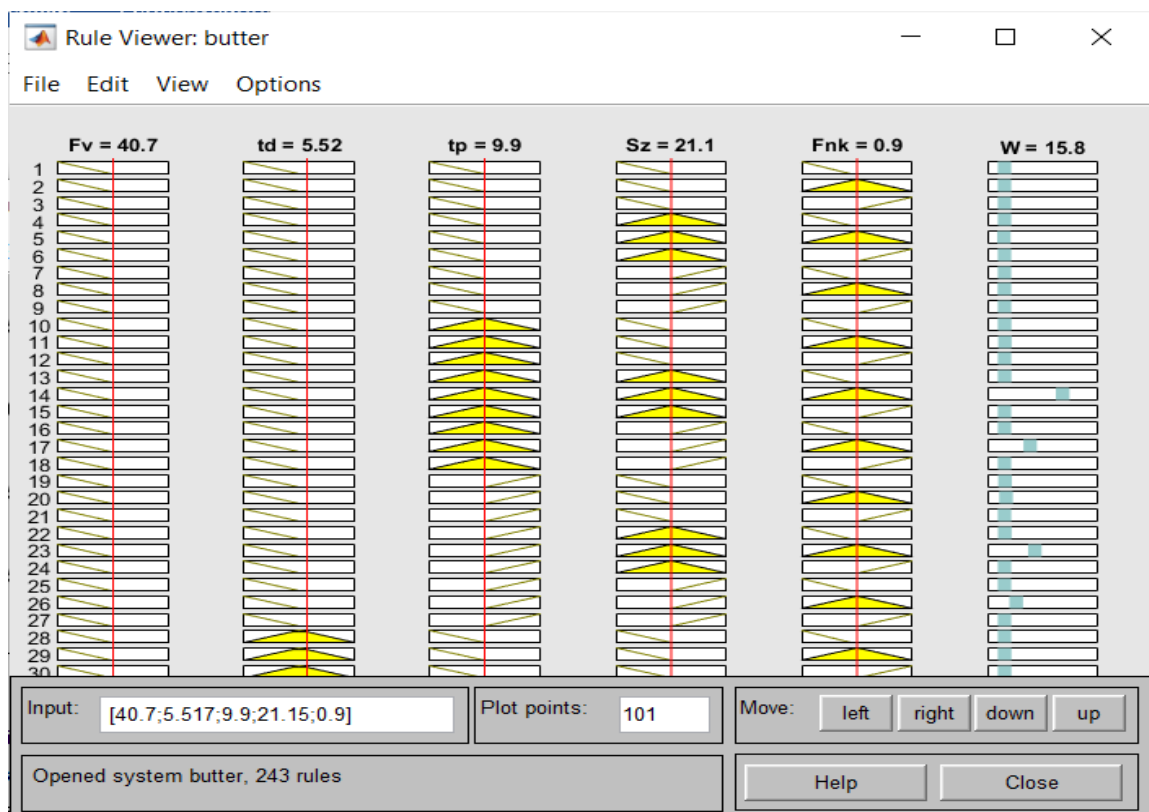


Рисунок 2.26. Графічний інтерфейс оцінки якості харчової продукції системи нечіткого виведення за вмістом вологи 16 %

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

З рис. 2.26 при жирності вершків F_v 40.7 %, температурі дозрівання вершків t_d 5.5⁰С, початковій температурі збивання t_p 10⁰С, частоті обертів мішалки збивального пристрою S_z 21.1 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 0.9 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 15.8 %.

З рис. 2.26 при жирності вершків F_v 42 %, температурі дозрівання вершків t_d 5.5⁰С, початковій температурі збивання t_p 9.5⁰С, частоті обертів мішалки збивального пристрою S_z 21.1 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 1 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 15.8 %.

З рис. 2.26 при жирності вершків F_v 41 %, температурі дозрівання вершків t_d 5.5⁰С, початковій температурі збивання t_p 9.5⁰С, частоті обертів мішалки збивального пристрою S_z 21.5 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 0.9 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 15.6 %.

Аналогічно отримуються структури нечіткого виведення для оцінки якості харчової продукції вершкового масла з вмістом вологи 20 % та 25%, які показані на рис. 2.27-2.28.

З рис. 2.27 при жирності вершків F_v 40.6 %, температурі дозрівання вершків t_d 5.5⁰С, початковій температурі збивання t_p 11.7⁰С, частоті обертів мішалки збивального пристрою S_z 23.3 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 0.75 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 19.9 %.

З рис. 2.27 при жирності вершків F_v 41.6 %, температурі дозрівання вершків t_d 6.5⁰С, початковій температурі збивання t_p 10.5⁰С, частоті обертів мішалки збивального пристрою S_z 24.5 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 0.5 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 20 %.

З рис. 2.27 при жирності вершків F_v 42.5 %, температурі дозрівання вершків t_d 6.5⁰С, початковій температурі збивання t_p 11⁰С, частоті обертів мішалки збивального пристрою S_z 26.5 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 0.4 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 20 %.

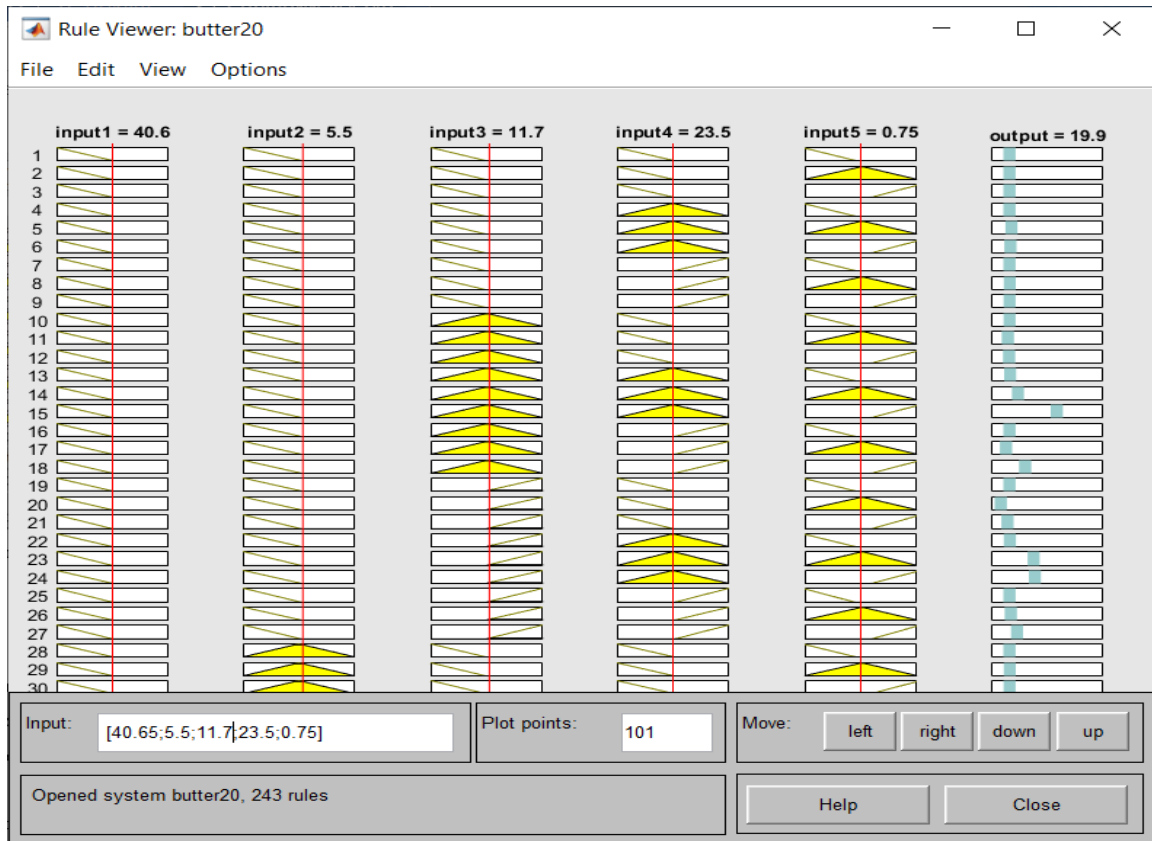


Рисунок 2.27 Графічний інтерфейс оцінки якості харчової продукції системи нечіткого виведення за вмістом вологи 20 %

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

З рис. 2.28 при жирності вершків F_v 42.6 %, температурі дозрівання вершків t_d 6 °С, початковій температурі збивання t_p 12.5 °С, частоті обертів мішалки збивального пристрою S_z 26.1 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 0.8 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 24.3 %.

З рис. 2.28 при жирності вершків F_v 43.4 %, температурі дозрівання вершків t_d 5.5 °С, початковій температурі збивання t_p 11.6 °С, частоті обертів мішалки збивального пристрою S_z 26.1 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 0.8 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 24.5 %.

З рис. 2.28 при жирності вершків F_v 44 %, температурі дозрівання вершків t_d 5.5 °С, початковій температурі збивання t_p 12 °С, частоті обертів

мішалки збивального пристрою S_z 28 об/хв, витраті нормуючого компоненту F_{nk} 1 % вміст вологи у вершковому маслі становитиме 25.1 %.

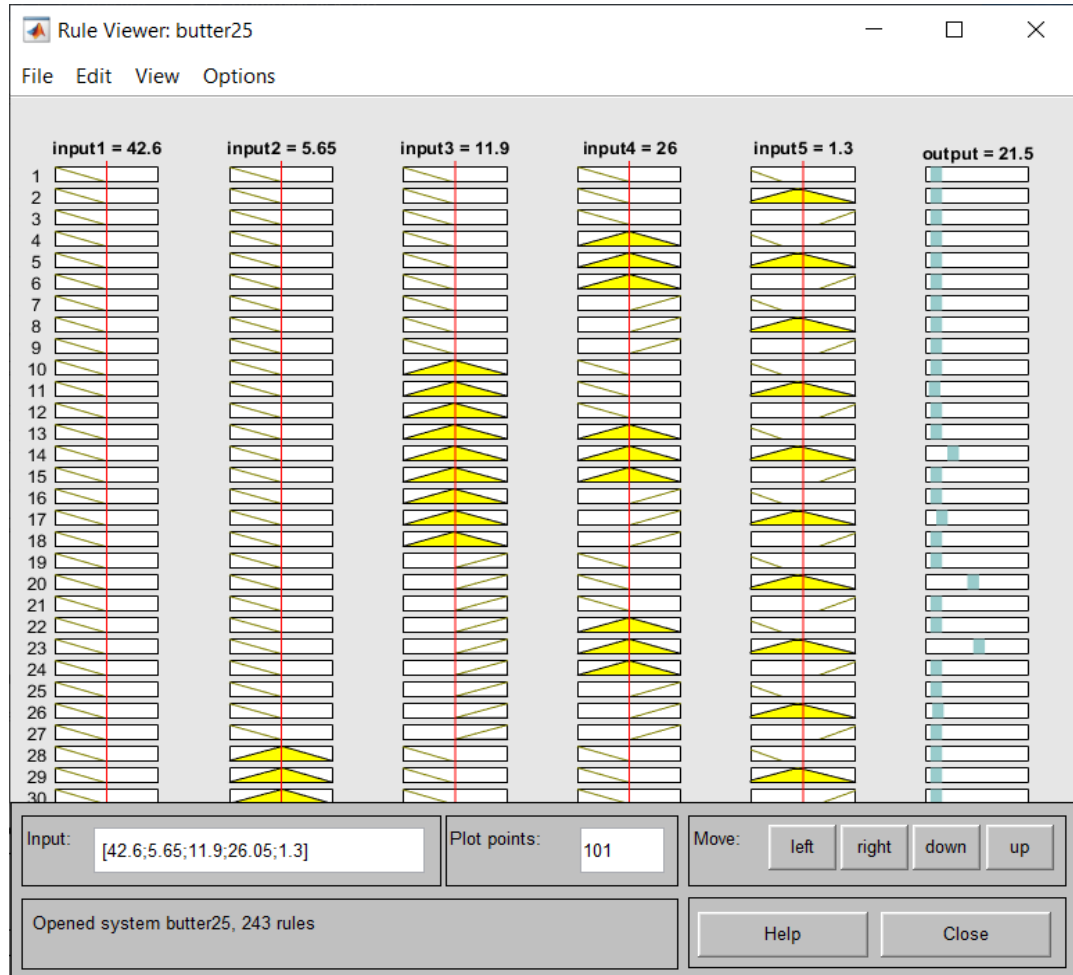


Рисунок 2.28. Графічний інтерфейс оцінки якості харчової продукції системи нечіткого виведення за вмістом вологи 25 %

Джерело: побудовано автором в середовищі MATLAB (знімок з екрану)

Підсумкові результати такого моделювання відображені у таблиці 2.15, де наведені похибки навчання та тестування, а також коефіцієнт кореляції ANFIS-мереж оцінки якості харчової продукції.

Відповідно до результатів моделювання оцінки якості харчової продукції, коефіцієнт кореляції наближається до значення 1, що свідчить про

високі результати наближення розроблених ANFIS-мереж до реального процесу (табл. 2.15).

Таблиця 2.15.

Результат моделювання ANFIS-мереж оцінки якості харчової продукції за вмістом вологи

№ п/п	Вміст вологи, W %	Похибка навчання, %	Похибка тестування, %	Коефіцієнт кореляції, R ²	Ефективність, %
1	16	0,008	0,007	0,99	1,8
2	20	0,106	0,114	0,99	1,5
3	25	0,003	1,98	0,98	1,3

Джерело: побудовано автором

Отже, сучасна гостра конкуренція вимагає від виробників продукцію високої якості із нижчими затратами та вищою продуктивністю. Нейро-нечіткі мережі, як інтелектуальний інструмент для вирішення цієї проблеми, показав гарні перспективи при прогнозуванні оцінки якості харчової продукції на основі сигналів від датчиків, які формують сховище даних та генерації керуючих дій, які формують сховище знань у вигляді продукційних правил. Розроблені ANFIS-мережі для різного вмісту вологи у маслі дозволяють ідентифікувати залежності між вхідними параметрами процесу та прогнозувати якість харчової продукції у часі.

Ефективність використання інтелектуальної системи прогнозування якості харчової продукції, на прикладі вершкового масла, апробовано на Гайсинському молокозаводі в режимі реального часу та дозволило підвищити якість кінцевого продукту на 1,5%.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Таким чином у другому розділі отримані такі основні результати та зроблено такі висновки.

- Вперше застосовано сценарно-цільовий підхід функціонування виробничого процесу виготовлення харчової продукції.
- Створені А- та С-сценарії, в яких відзначені характеристики об'єкта, що дозволило графічно узагальнити потенційні сценарії розвитку процесу. Побудовано графову модель процесу, встановлені чіткі зв'язки між технологічними апаратами. Графова модель розширена базовим прографом, в якому виокремлені ресурси, необхідні для виконання конкретної операції, що виконується з урахуванням встановлених цілей.
- Встановлено, що контрольні карти Шухарта виступають у ролі вхідної інформації для інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції. У зв'язку з цим, застосовано метод контрольних карт Шухарта для аналізу окремих незалежних технічних параметрів. Результат цього аналізу дозволяє виявити момент виходу процесу з-під статистично керованого. Контрольні карти можуть бути використані для моніторингу та діагностики складних систем, включаючи ті, в яких моделі керованих об'єктів є апроксимованими.
- Визначено, що застосування інтелектуальної оцінки якості, яка базується на А- та С-сценаріях, дозволяє систематизувати можливі причини відхилень під час процесу на основі діаграми К. Ісікаві.
- За допомогою об'єктно-орієнтованого підходу змішаної методології моделювання SysML на основі діаграм функцій користувача побудована модель інформаційно-інтелектуальної системи прогнозування якості харчової продукції.

- Розроблено нейро-нечітку мережу для прогнозування вмісту вологи у вершковому маслі, використовуючи пакет Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB. Ця мережа базується на адаптивній системі виводу ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). Згідно із структурною моделлю, сформовано структуру та параметричну схему ANFIS-мережі для вмісту вологи у маслі, що складається з п'яти входів та одного виходу. Кожна змінна розбита на три лінгвістичні терми у формі трикутної функції належності. Результати моделювання свідчать, що коефіцієнт кореляції для розроблених нейро-нечітких мереж наближається до значення 1, що підтверджує високу точність відповідності розроблених ANFIS-мереж реальному технологічному процесу.
- Спроектвані в роботі ANFIS-мережі для різного вмісту вологи у маслі дозволяють ідентифікувати залежності між вхідними параметрами процесу та прогнозувати зміну вихідної величини у часі.

Основні результати розділу висвітлені у науково-дослідній роботі №0121U109155 «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції», (довідка від 23.03.2023 №458/24).

Основні результати розділу опубліковані в наукових працях автора:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

[1], [2], [3], [4], [6], [7], [8].

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [18], [20], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35].

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

[36], [37], [38], [39].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Криворучко О., Ю. Костюк Ю. В., Самойленко Ю.О., Савчук О.В. Дослідження інформаційно-технологічної моделі виробничого процесу. *ГРААЛЬ НАУКИ*. 2021. Вип. 2-3. С. 324- 328.
2. Власенко Л.О., Савченко Т.В., Довженко Є.В. Особливості проведення системного аналізу технологічного комплексу молокозаводу на основі ситуаційно-сценарного підходу. *Вісник інженерної академії України*. 2014. № 1. С. 259-264.
3. Власенко Л. О., Місюра М. Д., Ладанюк А. П., Кишенько В. Д. Автоматизоване керування технологічним комплексом виробництва пива на основі сценарно-цільового підходу. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету*. 2013. Вип. 26. С. 147-155.
4. Заєць Н.А., А.В. Роговик, Л.О. Власенко. Сценарно-цільовий аналіз електротехнічного комплексу харчових виробництв. *«Енергетика і автоматика»*. 20019. № 2. С. 58-73.
5. Rolland C., Grosz G., Kla R. Experience with goal-scenario coupling in requirements engineering. *Proceedings of IEEE International Symposium «Requirements Engineering »*. 1999. P. 74–81.
6. Kaindl H. A design process based on a model combining scenarios with goals and functions. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans. - IEEE Transactions*. 2000. - P. 537–551.
7. Park J.-L., Jin H.-S., Kim K.-H., Kim J.J. A Study on Real-Time Progress Management System Modeling Using Goal and Scenario Based Requirements Engineering. *Computer Sciences and Convergence Information Technology*. Seoul, 2009. - P. 262

8. Zumbach J., Reimann P. Assessment of a goal-based scenario approach: A hypermedia comparison. *Internet-based teaching and learning*. 1999. № 98. P. 449 - 454.
9. M. Kano , S. Hasebe, I. Hashimoto, H. Ohno. Evolution of multivariate statistical process control: application of independent component analysis and external analysis. (*Computers & Chemical Engineering*, vo. 28 (2004), pp. 1157-1166.
10. Materiały szkoleniowe firmy DNV – Six Sigma Solutions 2007
11. I. Wosik, M. Zdanek. System Six Sigma – studium przypadku, tom 2, Opole 2010, s. 669 – 678 (red.: Ryszard Knosala).
12. R.K. Biswas, M.Sh. Masud, E. Kabir. Shewhart Control Chart for Individual Measurement: An Application in a Weaving Mill. *Australasian Journal of Business, Social Science and Information Technology*, Volum 2, April 2016, pp. 89-100.
13. О.В. Криворучко, Ю.В. Костюк, Ю.О. Самойленко. Концептуальна модель інформаційної системи управління якістю вершкового масла. *ГРААЛЬ НАУКИ*, вип. 1, Лютий 2021, с. 255-258.
14. I. Paprocka. A. Dzięgiel. The statistical control of the measuring process capability of vertical displacement of the head restraint - The first part: Theory. Режим доступу: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-48002193-d6fc-45f4-ac89-5fbf8f8ccd9e>
15. Лідія Власенко. «Автоматизоване управління підсистемами технологічного комплексу цукрового заводу з використанням методів діагностики і прогнозування» (дис. канд. техн. наук, Національний університет харчових технологій 2010)- 234 с.
16. Rampersad, H.K. Total Quality Management: An Executive Guide to Continuous Improvement. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 2001, 190 p.

17. Emilija Kisic, Vera Petrovic, Miroslav Jakovljevic, and Zeljko Djurovic (2013). Fault detection in electric power systems based on control charts. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 10(1):73-90.
18. Jensen, W. A., Jones-Farmer, L. A., Champ, C. W., & Woodall, W. H. (2006). Effects of parameter estimation on control chart properties: a literature review. *Journal of Quality Technology*, 38(4), 349.-364.
19. Kan, B., & Yazici, B. (2005). The Individuals Control Chart in Case of Non-Normality. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 5(2), 28.
20. Majumdar, A., Sarkar, B., & Majumdar, P. K. (2005). Determination of quality value of cotton fibre using hybrid AHP-TOPSIS method of multi-criteria decision-making. *Journal of the Textile Institute*, 96(5), 303-309.
21. Montgomery, D. C. (2007). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & Sons. Wheeler, D. J., Chambers. D. S., (1992). *Process control*
22. Mottaleb, K. A., & Sonobe, T. (2011). An inquiry into the rapid growth of the garment industry in Bangladesh. *Economic Development and Cultural Change*, 60 (1), 67-89.
23. N. Zaiets, L. Vlasenko, N. Lutska, and V. Shtepa, "Resource efficiency forecasting neural network model for the sugar plant diffusion Station," *Conference on Automation*, Springer, Cham, pp. 151–161, April 2022. (*references*)
24. N. M. Lutska, N. A. Zaiets, L. O. Vlasenko, V. M. Shtepa, O. V. Savchuk, "Forecasting the Efficiency of the Control System of the Technological Object on the Basis of Neural Networks," *IEEE 20th International Conference on Modern Electrical and Energy Systems*, September 2021.
25. S. Boccaletti, G. Bianconi, R. Criado, C.I. del Genio, J. Gómez-Gardeñes, M. Romance, I. Sendiña-Nadal, Z. Wang, and M. Zanin, "The structure and dynamics of multilayer networks", *Phys. Rep.*, vol. 544, no. 1, 2014, pp. 1–122.
26. I. Korobiichuk, D. Shevchuk, I. Prokhorenko, N. Tymoshenko, Y. Smityuh, and R. Boyko, "Synthesis of an Intelligent UAV Control System Based on

Fuzzy Logic in External Disturbance Conditions”, *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems*, vol. 14, no. 3, 2020, pp. 3-9.

27. A. Oliinyk, S. Skrupsky, S. Subbotin, and I. Korobiichuk, “Parallel method of production rules extraction based on computational intelligence”, *Autom. Control Comput. Sci*, vol. 51, no. 4, 2017, pp. 215–223.

28. S. Agatonovic-Kustrin, and R. Beresford, “Basic concepts of artificial neural network (ANN) modeling and its application in pharmaceutical research”, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 22, 2000, pp. 717–727.

29. M. Fellner, A. Delgado, and T. Becker, “Functional nodes in dynamic neural networks for bioprocess modeling”, *Bioprocess and Biosystem Engineering*, vol. 25, 2003, pp. 263–270.

30. N. Walia, Harsukhpreet Singh, and Anurag Sharma, “ANFIS: Adaptive neuro-fuzzy inference system – A survey”, *International journal of computer applications*, vol. 123, no. 13, 2015, pp. 32-38.

31. Hanai, T., N. Iwata, T. Furuhashi, H. Honda, and T. Kobayashi, “Proposal of reliability index in search for reliable solutions of reverse calculation based on fuzzy neural network modeling”, *J. Chem. Eng. Japan*, vol. 37, 2004, pp. 523-530.

32. Horiuchi, J., T. Shimada, H. Funahashi, K. Tada, M. Kobayashi, and T. Kanno, “Artificial neural network model with a culture database for prediction of acidification step in cheese production”, *J. Food Eng.*, vol. 63, 2004, pp. 459-465.

33. A. Cabrera, and J.M. Prieto, “Application of artificial neural networks to the prediction of the antioxidant activity of essential oils in two experimental in vitro models”, *Food Chem.*, vol. 118, 2010, pp. 141–146.

34. C. Martinez, “Artificial neural network in response of mass transfer parameters predictions (moisture loss and solid gain) during osmotic dehydration of fruits”, *Acta Agronómica*, vol. 65, no. 4, 2016, pp. 318-325.

35. S. A. Jimenez-Marquez, J. Thibault, and C. Lacroix, "Prediction of moisture in cheese of commercial production using neural networks", *International Dairy Journal*, vol. 15, 2005, pp. 1156–1174.
36. J. Paquet, C. Lacroix, and J. Thibault, "Modeling of pH and acidity for industrial cheese production", *Journal of Dairy Science*, vol. 83, 2000, pp. 2393–2409.
37. H. Funahashi, and J. Horiuchi, "Characteristics of the churning process in continuous butter manufacturing and modeling using an artificial neural network", *International Dairy Journal*, vol. 18, 2008, pp. 323-328.
38. H. Funahashi, J. Horiuchi, and Y. Nakamura, "Predicting Manipulated Variables to Control Water Content in Continuous Butter Manufacture by an Artificial Neural Network", *Milchwissenschaft*, vol. 63, 2008, pp. 41-44.
39. T. Sakairi, E. Palachi, C. Cohen, Y. Hatsutori, J. Shimizu, and H. Miyashita, "Designing a control system using SysML and Simulink", *2012 Proceedings of SICE Annual Conference (SICE)*, 2012, pp. 2011-2017. (*references*).

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ У ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС

3.1 Моделювання структури інформаційно-інтелектуальної системи на базі діаграм UML

Розв'язання задач покращення якості продукції вимагає застосування сучасних та перспективних підходів. Це зумовлюється рядом специфічних характеристик технологічних процесів, таких як: змін умов роботи обладнання, властивостей сировини, рецептур тощо. Саме тому, забезпечення якості харчової продукції вимагає прийняття оперативних рішень, які направлені не тільки на підтримання необхідного технологічного режиму, а й на забезпечення координації, діагностики та прогнозування процесу.

Інформатизація стала загальною тенденцією розвитку сучасності, яка направлена на трансформацію та покращення якості продукції. Досвід використання управлінських інформаційних систем показав важливість забезпечення підтримкою багатьох ланок виробництва, оскільки персонал може стикатися із рядом нештатних ситуацій, а прийняття рішень у більшості випадків приймається на основі досвіду, кваліфікації, інформованості. В таких випадках інформаційно-інтелектуальні системи полегшують особі, що приймає рішення моделювати і аналізувати ситуацію та обирати найефективніше рішення.

В процесі керування та прийняття рішень можливе використання різних концепцій взаємодії людини та інформаційно-інтелектуальної системи (ІС), які відрізняються один від одного ступенем інтелектуалізації системи, оскільки остаточне рішення завжди приймає оператор-технолог (диспетчер).

Адже неправильне рішення може призвести до непоправних змін на об'єкті керування, які можуть бути пов'язані із виходом з ладу обладнання, можливої аварії або погіршення якості продукції.

Інформаційно-інтелектуальна система для оцінки та прогнозування якості харчової продукції, як показано на рис. 1.3, інтегрує передові технології та автоматизацію для підвищення точності та ефективності цих процесів. Вона спирається на збір, обробку даних, зберігання знань і системи підтримки прийняття рішень для надання цінної інформації та підтримки прийняття обґрунтованих рішень у харчовому виробництві. Передові технології засновані на сценарно-цільовому підході та на А- та С-сценаріях оцінки якості (рис. 3.1).

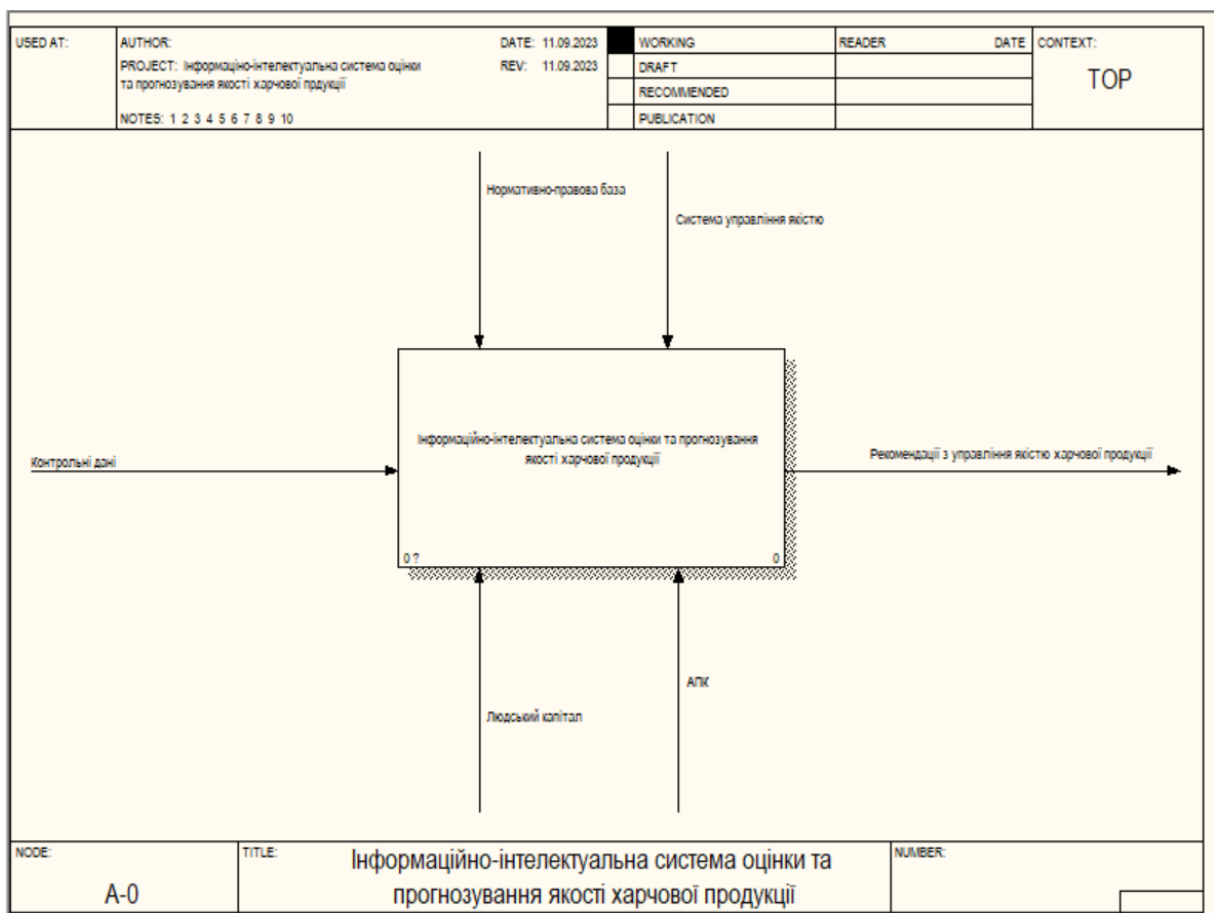


Рисунок 3.1. Контекстна модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором ERWin (знімок з екрана)

Проведемо декомпозицію складових інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції (рис. 3.2). Дана система складається з таких блоків: система збору та обробки даних, система зберігання даних (база знань), система підтримки прийняття рішень для прогнозування якості харчової продукції, система прийняття рішень для оцінки якості харчової продукції.

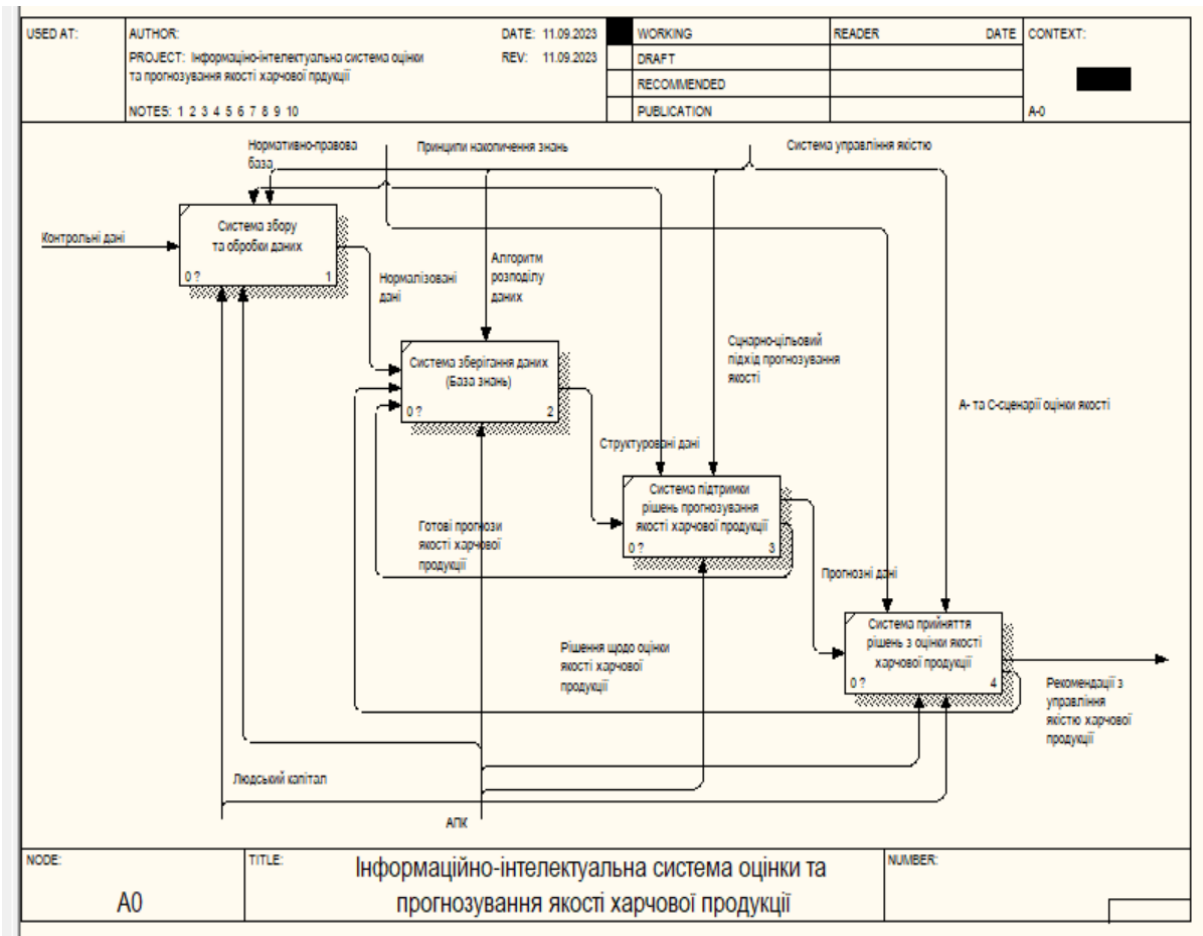


Рисунок 3.2. Декомпозиція другого рівня інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором ERWin (знімок з екрана)

Система збору та обробки даних є найважливішим компонентом інтелектуальної інформаційної системи. Вона передбачає автоматизований збір, агрегування та обробку даних, пов'язаних з якістю харчових продуктів.

Ця система може включати різні датчики, пристрої Інтернету речей та джерела даних для безперервного збору таких даних, як температура, вологість, специфікації інгредієнтів та параметри виробничого процесу. Зібрані дані обробляються за допомогою передових алгоритмів і методів для очищення, перетворення та підготовки їх до аналізу і прогнозування. Ця система гарантує, що високоякісні дані в режимі реального часу доступні для подальшого аналізу.

Система зберігання даних (база знань), яку часто називають базою знань, слугує централізованим сховищем для зберігання історичних та актуальних даних, пов'язаних з якістю харчових продуктів. Вона не тільки зберігає необроблені дані, але й підтримує історичні записи, стандарти якості, знання експертів та результати минулих оцінок. Ця база знань необхідна для навчання моделей машинного навчання, проведення аналізу історичних тенденцій та забезпечення контексту для систем прийняття рішень. Вона гарантує, що цінна інформація є легкодоступною для прогнозування та оцінювання.

Система підтримки прийняття рішень для прогнозування якості харчової продукції є невід'ємною частиною інтелектуальної інформаційної системи. Вона використовує моделі машинного навчання, прогнозу аналітику та статистичні алгоритми для автоматизації прогнозування якості харчових продуктів. Ця система аналізує історичні дані з бази знань, дані в режимі реального часу з системи збору даних та відповідні зовнішні фактори (наприклад, ринкові тенденції, сезонність) для створення точних прогнозів якості. Вона надає дієві ідеї та прогнози, які можуть допомогти у плануванні виробництва, управлінні ланцюгами поставок та контролі якості харчової продукції. Система прийняття рішень для оцінки якості харчової продукції призначена для автоматизації оцінки якості харчових продуктів. Вона поєднує аналіз на основі даних з попередньо визначеними стандартами якості та експертними знаннями для оцінки якості харчових продуктів. Ця система

може використовувати такі методи, як машинний зір, сенсорний аналіз та статистичне управління процесом для оцінки таких факторів, як смак, зовнішній вигляд, текстура та безпечність. Вона генерує звіти та сповіщення на основі результатів оцінки, сприяючи своєчасному прийняттю рішень щодо випуску, відбраковування або подальшої переробки харчової продукції.

Таким чином, інтелектуальна інформаційна система для оцінки та прогнозування якості харчових продуктів, як показано на вашій контекстній діаграмі, інтегрує передові технології та автоматизацію для підвищення точності та ефективності цих процесів. Вона спирається на збір, обробку даних, зберігання знань і системи підтримки прийняття рішень для надання цінної інформації та підтримки прийняття обґрунтованих рішень у харчовій промисловості.

Процес прийняття рішень можна представити за допомогою діаграми діяльності (рис. 3.3), що розроблена з використанням об'єктно-орієнтованої мови моделювання UML [1-9, 41]. Він складається із наступних етапів: аналіз ситуації; формулювання цілей і завдань; формування множини рішень; аналіз рішень; формування керуючих дій. Процес ухвалення рішень має ієрархічну послідовність, а перехід до наступного етапу можливий лише при виконанні попереднього.

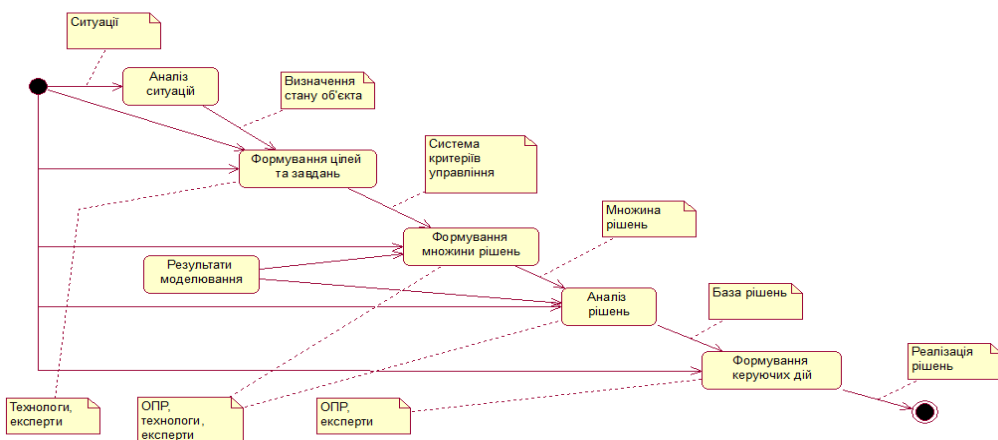


Рисунок 3.3. Діаграма діяльності ухвалення рішень процесом

Джерело: побудовано автором в середовищі UML (знімок з екрану)

Побудова ІС складними технологічним процесами, такими як виробництво вершкового масла, повинна забезпечувати допомогу оператору-технологу в наступних ситуаціях: аналізі та оцінці ситуацій, що складаються при проходженні процесу; виборі критерії керування та оцінці їх пріоритетів; формуванні множини можливих варіантів рішень ситуації та їх оцінка; моделюванні та прогнозуванні можливих наслідків рішень відповідно до прийнятих рішень; збору даних відповідно до прийнятих рішень та оцінці отриманих результатів.

Важливою складовою ІС є база даних, яка накопичує у собі дані технологічних параметрів проходження процесу та можливих нештатних ситуацій, що виникають на підприємстві. В режимі реального часу операторам в певних нештатних ситуаціях досить важко спрогнозувати можливий розвиток ситуації, тому інформаційно-інтелектуальна система формування та прогнозування з використанням штучного інтелекту стає ефективним знаряддям для забезпечення належної якості готового продукту.

Наведена у розділі 2 характеристика процесу виробництва харчової продукції, на прикладі вершкового масла методом збивання, свідчить про наявність невизначеностей різної природи та багатофакторності ризиків. Диспетчерське управління процесом має змінний характер і його складність залежить від самого об'єкта управління та інформаційно-обчислювальних систем, що впливає на прийняття рішень. Саме тому, ІС повинна забезпечувати постійний моніторинг процесу в режимі реального часу з метою попередження та/або недопущення нештатних ситуацій за рахунок прогнозування їхнього розвитку впродовж визначеного режиму функціонування.

До основних задач, які ставляться перед інформаційно-інтелектуальною системою можна віднести наступне:

- зменшення браку продукції при наявних ресурсах;

- прийняття рішень в умовах невизначеності;
- координація та моніторинг процесу виробництва вершкового масла методом збивання;
- зменшення простоїв виробництва.

Отже, розроблювана інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції повинна бути інтегрована в підсистему автоматизованого управління процесом для забезпечення належного функціонування в режимі реального часу, мати зв'язок із системою автоматизації нижнього рівня та системами верхнього рівня диспетчеризації, та базою даних.

На сьогоднішній день немає універсального стандарту при проєктуванні інформаційно-інтелектуальних систем, який би описував повністю як технічну сторону, так і програмно-інформаційну. Традиційним стандартом при проєктуванні автоматизованих систем є ГОСТ 34.601-90 та ГОСТ 34.201-89. При проєктуванні інформаційних систем керуються стандартами IEEE Std 1076-2008, ISO/IEC/IEEE 15288:2015, ISO/IEC/IEEE 12207:2017, ISO/IEC/IEEE 16326:2019 SEI (2021), OMG (2021). Сучасні інформаційні системи на основі інтелектуального аналізу даних використовують стандарти CWM, CRISP, PMML [1]. В свою чергу, проєктування систем, яке є основним із напрямків у процесі системної інженерії, розглядає багатокomпонентні підсистеми на ранніх етапах їх створення. Важливу увагу приділяють моделям системи, що проєктується.

Залежність від програмного забезпечення вимагає надійності інформаційно-інтелектуальної системи. Тому, важливу роль відіграють вимоги до інформаційно-інтелектуальної системи процесом виробництва харчової продукції на прикладі вершкового масла. Створення сучасних інформаційних систем керування якістю продукції являється однією із актуальних задач сьогодення. Пріоритетними напрямками впровадження

таких систем є процеси покращення прийняття рішень під час моніторингу процесу та його прогнозування в умовах багатофакторності та невизначеності. Традиційні методи не можуть в повній мірі забезпечити вирішення поставлених задач, тому варто застосовувати нові сучасні перспективні підходи на основі інтелектуальних технологій обробки, прогнозування та візуалізації технологічної інформації. ПС містять апаратну, програмну та інформаційні складові. Постійний розвиток систем автоматизації та інформаційно-комунікаційних технологій зумовило тенденцію до зростання складності програмного забезпечення, що використовується у системах підтримки прийняття рішень, його обсягу та інтеграції. Поступово, моделювання займає одне із основних місць у різних галузях для опису таких систем на перших етапах їх створення. SysML є діалектом UML 2 для моделювання широкого кола систем, які можуть включати апаратне та програмне забезпечення, як мова системної інженерії для аналізу, конкретизації, проектування складних систем з метою підвищення їх якості.

Основою розробки інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування (ІСОП) якості продукції є вимоги, що висуваються до майбутньої системи, яка пов'язана із формуванням, моніторингом та прогнозуванням процесу. Для цього у SysML визначена діаграма вимог (requirement diagram), яка формує загальні вимоги до системи і показана на рис. 3.4. Основною вимогою виступає власне розробка інформаційно-інтелектуальної системи формування та прогнозування якості процесу збивання вершків у масло, яка б забезпечувала підтримку прийняття рішень в ході процесу, попередження та уникнення критичних ситуацій, прогнозування поведінки процесу.

Основна вимога містить дві декомпозиції: це власне методи оцінки, моніторингу та прогнозування процесу. Впровадження методів моніторингу поведінки процесу повинно забезпечувати моніторинг технологічних

параметрів в режимі реального часу, відображення виходу параметрів за контрольні межі.

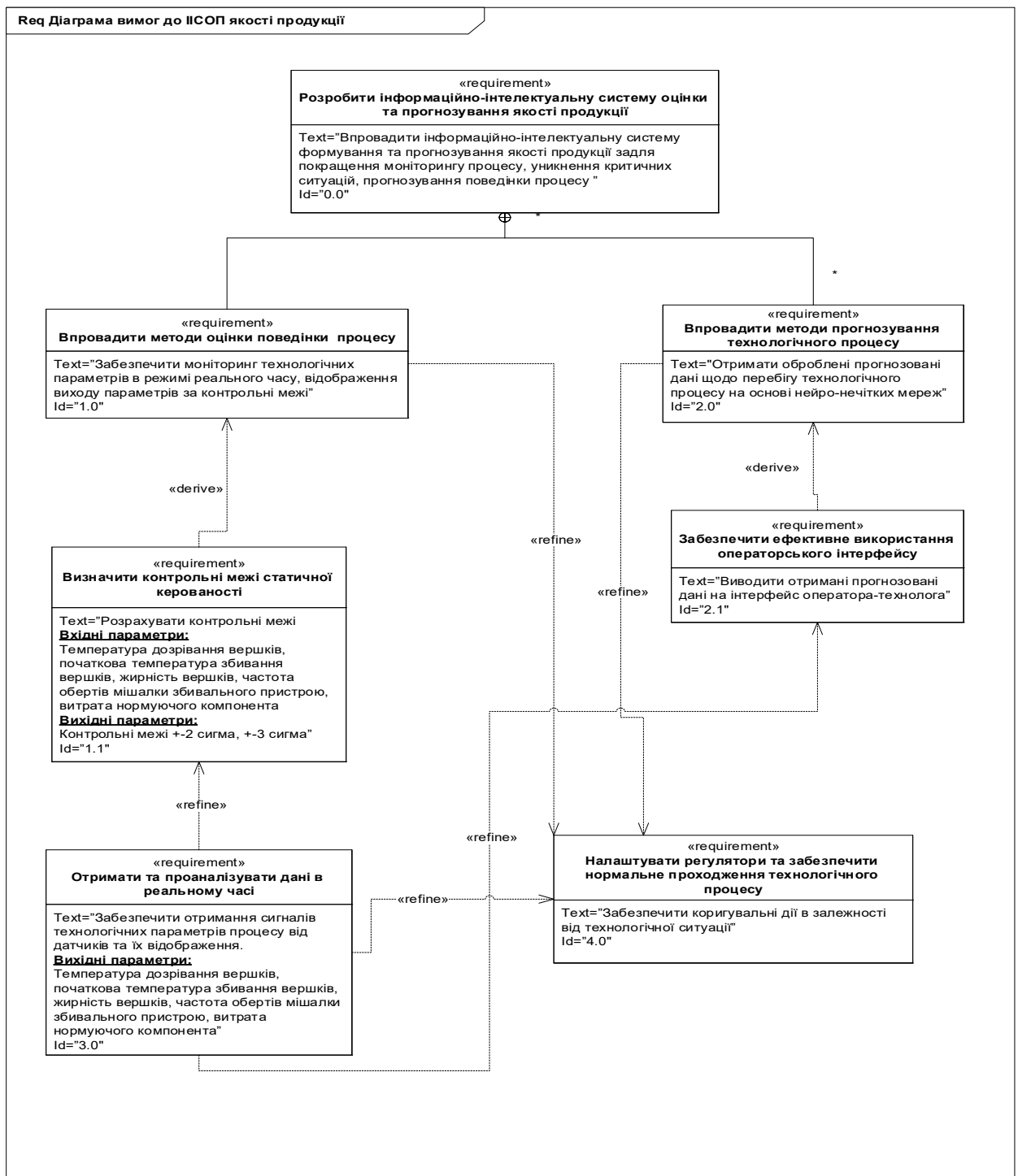


Рисунок 3.4. Діаграма вимог до ІСОП (інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування) якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором в середовищі UML (знімок з екрану)

Це все уточняється за допомогою зв'язку «derive» розрахунком контрольних меж карт Шухарта на відстані $\pm 2\sigma$ та $\pm 3\sigma$ відповідних технологічних параметрів процесу збивання вершків у масло, що сповіщають оператора-технолога про можливі нештатні ситуації. Дана вимога уточняється за допомогою зв'язку «refine» щодо забезпечення отримання сигналів технологічних параметрів процесу від датчиків та їх відображення. Впровадження методів прогнозування процесу націлено на забезпечення отримання оброблених прогнозованих даних про можливий перебіг процесу на основі нейро-нечітких мереж. Дана вимога уточняється зв'язком «derive» забезпеченням ефективного використання операторського інтерфейсу.

Крім того, вимоги мають додаткове уточнення через зв'язок «refine» щодо налаштування регуляторів та забезпечення нормального проходження процесу, внесення коригувальних дій в залежності від технологічної ситуації.

Діаграма послідовності (sequence diagram) є популярним рішенням для динамічного моделювання. Діаграма описує задіяні етапи та послідовність повідомлень, яким вони обмінюються, необхідні для їх виконання. Вона використана для відображення етапів створення та впровадження ІСОП якості продукції, що організовані у часовій послідовності та має дві осі (рис. 3.5): вертикальна представляє час, а горизонтальна – об'єкти: *Проект ІСОП, Налаштування системи та регуляторів, Розробка ІСОП, Запуск ІСОП, Робочий цикл ІСОП*. Взаємодія між об'єктами здійснюється через повідомлення (message), які містять інформацію про виконуючу дію. Кожне повідомлення представляється у вигляді суцільної лінії зі стрілкою на кінці, яка проводиться від лінії життя одного об'єкта до лінії життя іншого.

Так надходить сигнал від етапу *Проект ІСОП* до *Розробка ІСОП* про обробку даних, які будуть задіяні в інформаційній системі. У зворотному напрямку надходить повідомлення про визначення експериментальних даних, на основі яких буде будуватися, перевірятися та тестуватися система

підтримки прийняття рішень. Також, на етапі *Розробка ІСОП* надходить повідомлення від етапу *Налаштування системи та регуляторів* про вибір технологічного регламенту, адже вершкове масло має різний вміст вологи і відповідний йому регламент. Аналогічно відбувається обмін повідомленнями з іншими об'єктами діаграми послідовності.

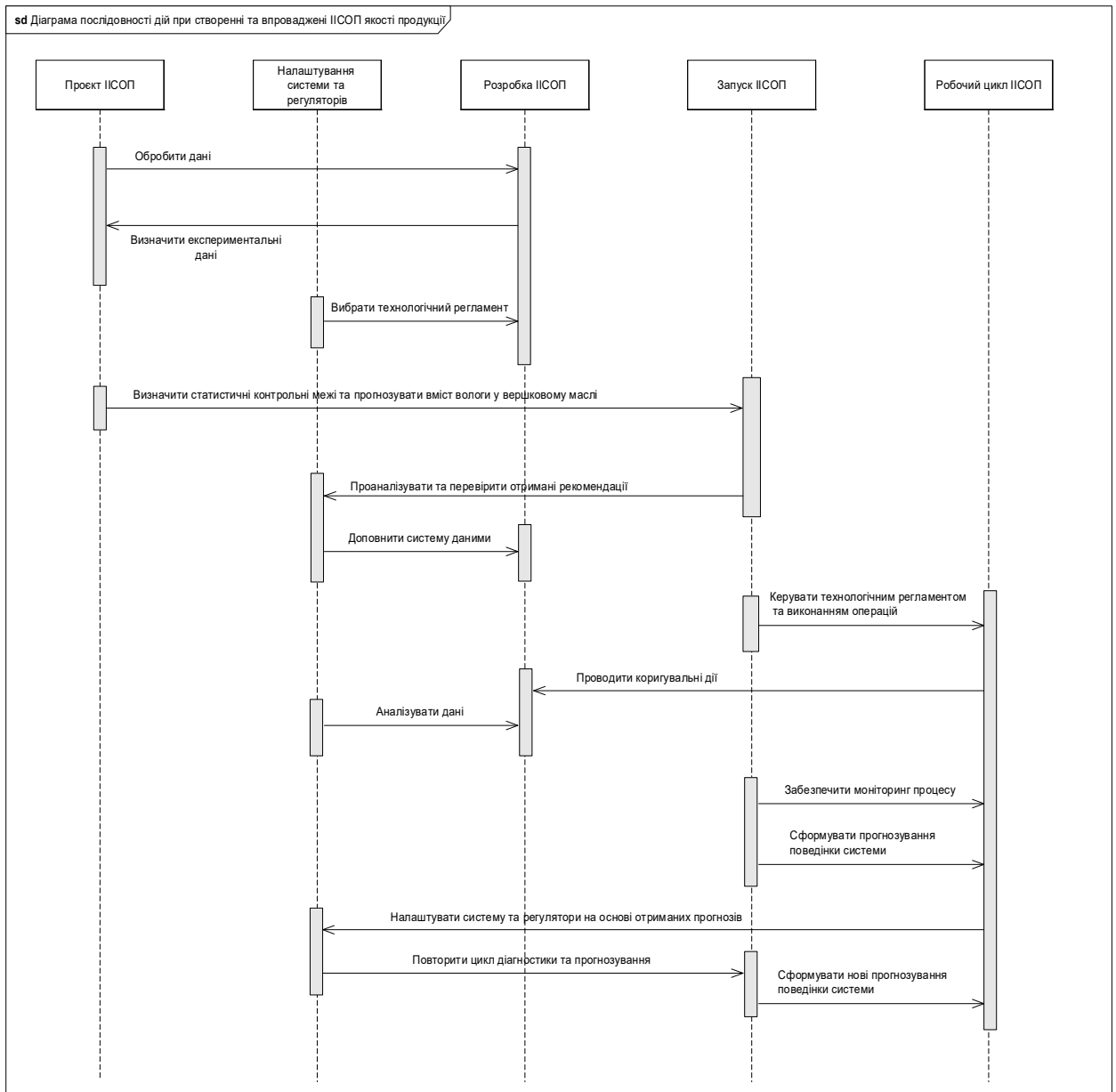


Рисунок 3.5. Діаграма послідовності дій при створенні та впровадженні ІСППР (інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень)

Джерело: побудовано автором в середовищі UML (знімок з екрану)

Наступним не менш важливим етапом при створенні ІСОП якості харчової продукції є відображення послідовності дій, які виникають між системами різних рівнів виробничого підприємства, так як сигнали керуючих дій надходять на регулюючі органи та виконавчі механізми. Для діаграми послідовності функціонування ІСОП якості харчової продукції, яка представлена на рис. 3.6, об'єктами є РО, ВМ, Датчики, ПЛК (промисловий логічний контролер), Оператор, ІСОП якості продукції. Вся інформація про хід процесу, власне процесу збивання вершків у масло, отримується за допомогою Датчиків, які передають інформацію до ПЛК.

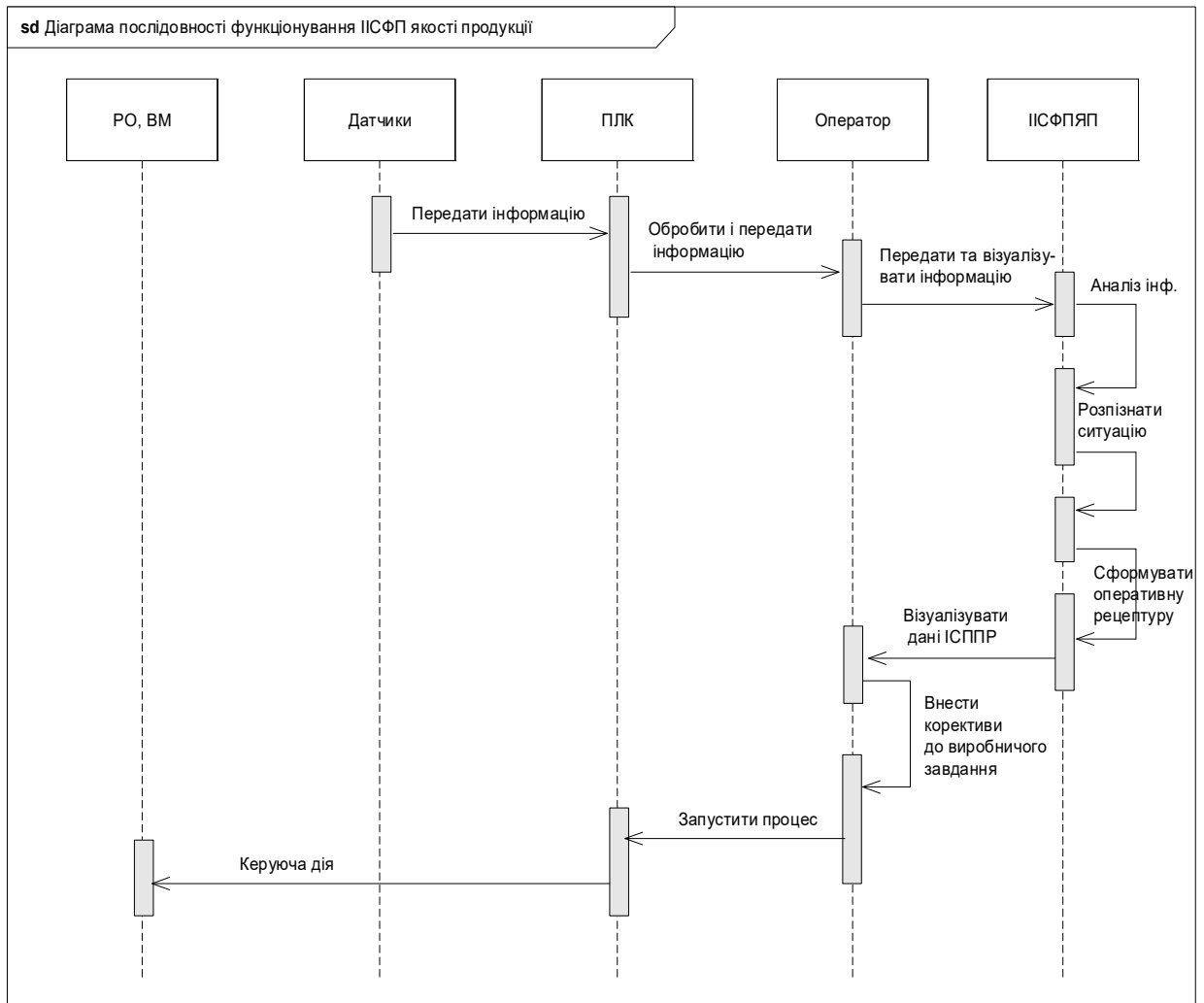


Рисунок 3.6. Діаграма послідовності функціонування ІСОП якості харчової продукції

Джерело: побудовано автором в середовищі UML (знімок з екрану)

У свою чергу від об'єкта *ПЛК* до *Оператора* надходить повідомлення про обробку та передачу інформації. Надалі об'єкт *ПСОП якості продукції* отримує повідомлення про передачу та візуалізацію інформації від *Оператора*.

Об'єкт *ПСОП якості харчової продукції* отримує повідомлення на виконання таких дій як: аналіз інформації, розпізнавання ситуації, формування оперативної рецептури. Аналогічно відбувається обмін повідомленнями між іншими об'єктами системи.

Отже, вище наведені діаграми дозволяють представити складний процес створення інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції та її взаємодію із різними складовими частинами та етапами.

Як було висвітлено, існує проблема щодо сучасних стандартів при проєктуванні інформаційно-інтелектуальних систем якості продукції. Проте, було показано доцільність використання методології системної інженерії SysML на основі стандартних діаграм. Розроблена діаграма вимог демонструє взаємозв'язки та взаємовпливи до загальних та уточнюючих вимог при проєктуванні інформаційно-інтелектуальних систем якості продукції, а саме процесу збивання вершків у масло неперервним методом. Діаграми послідовностей використовуються головним чином для того, щоб показати взаємодію між різними об'єктами в послідовному порядку передачі інформації, в якому відбувається ця взаємодія. Розроблені діаграми дозволяють полегшити інтегрування інформаційно-інтелектуальних систем якості продукції в інформаційний простір управління суб'єкта господарювання для забезпечення належного функціонування в режимі реального часу, мати зв'язок із інформаційними системами нижнього та верхнього рівнів диспетчеризації, та базою даних.

3.2 Вибір інструментарію інформаційно-інтелектуальної системи якості харчової продукції

Останнім часом спостерігається тенденція використання хмарних технологій в ІТ-послугах там, де необхідно віддалятися від локальних комп'ютерів і переходити до великих центрів обробки даних. Перевагою хмари є надання не лише послуг зберігання даних, а й обслуговування програмного забезпечення та надання віддаленого доступу до даних користувачам через доступні інфраструктури, такі як веб-браузери.

Важливою умовою сьогодення є ефективне управління власними витратами суб'єкта господарювання. Автоматизація процесів та запровадження інформаційно-інтелектуальних технологій становить значну частку у структурі сучасної компанії на основі впровадження хмарних технологій.

В рамках запропонованих рішень, необхідно розробити програмне забезпечення для ПСОП якості харчової продукції. Компоненти системи реалізуються із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення зі стандартним інтерфейсним обміном.

Реалізація ПСОП якості харчової продукції базується на сучасному підході Industrial Internet of Things (IIoT), яка поєднує у собі Internet, цифрові двійники, різноманітні шлюзи та мережні пристрої, включає автоматизовані системи керування із сучасними технологіями на основі Industry 4.0. Такі системи дозволяють відслідковувати процеси, збирати, обмінювати та аналізувати дані і використовувати всю отриману інформацію для постійного коригування процесу. Industry 4.0 описує середовище, де машини та обладнання здатні вдосконалювати процеси завдяки інформатизації та самооптимізації [11-39].

Для забезпечення передачі даних від датчиків в Internet – простір застосовуються маршрутизатори-шлюзи та опорні інтернет-протоколи, які забезпечують ефективність обміну даними. Роль маршрутизатора особливо важлива в аспектах безпеки, управління та напрямку даних. Граничні маршрутизатори (Edge routers) керують і контролюють стан своїх відповідних mesh-мереж, а також балансують і підтримують якість даних. Конфіденційність і безпека даних дуже важливі. Маршрутизатори відіграють вагомую роль у створенні віртуальних приватних мереж, віртуальних локальних мереж і програмно-визначених глобальних мереж. Вони можуть містити тисячі вузлів, які обслуговуються одним граничним маршрутизатором, і в певному сенсі маршрутизатор діє як розширення хмари (edge device).

В якості середовища використовується Node-RED з відкритим кодом на основі JavaScript та Node.js, що створює «поток даних» від датчиків до хмари за рахунок з'єднання апаратного та програмного забезпечення. Також, дане середовище забезпечує легку компіляцію логіки обробки даних і передачі оброблених даних до систем вищого рівня (SQL-сервер, система керування підприємством, центральний збір даних, хмарна служба). Node-RED складається з 3 основних елементів: панелі вузлів, панелі потоку, панелі інформації та панелі налагодження. Завдяки своїй гнучкості та створенню додатків за короткий час він чудово підходить для створення прототипів. Платформа Node-RED може надавати суб'єктам господарювання можливість створювати та тестувати нові прототипи, вбудовані в існуючі технології або поєднувати їх між собою [39-40].

На сьогоднішній час найбільш поширений протокол, що використовується на різних суб'єктах господарювання є ModBus TCP/IP, який працює у мережі Ethernet. Редактор Node-RED містить достатню кількість бібліотек для їх спільної роботи, які дозволяють взаємодіяти з хмарними додатками та сервісами.

Важливим етапом є створення структури ІСППР із використанням сучасних засобів у парі із хмарними технологіями. Базуючись на наведеній вище теоретичній основі, було розроблено архітектуру ІСППР з використанням Node-RED (рис. 3.7).

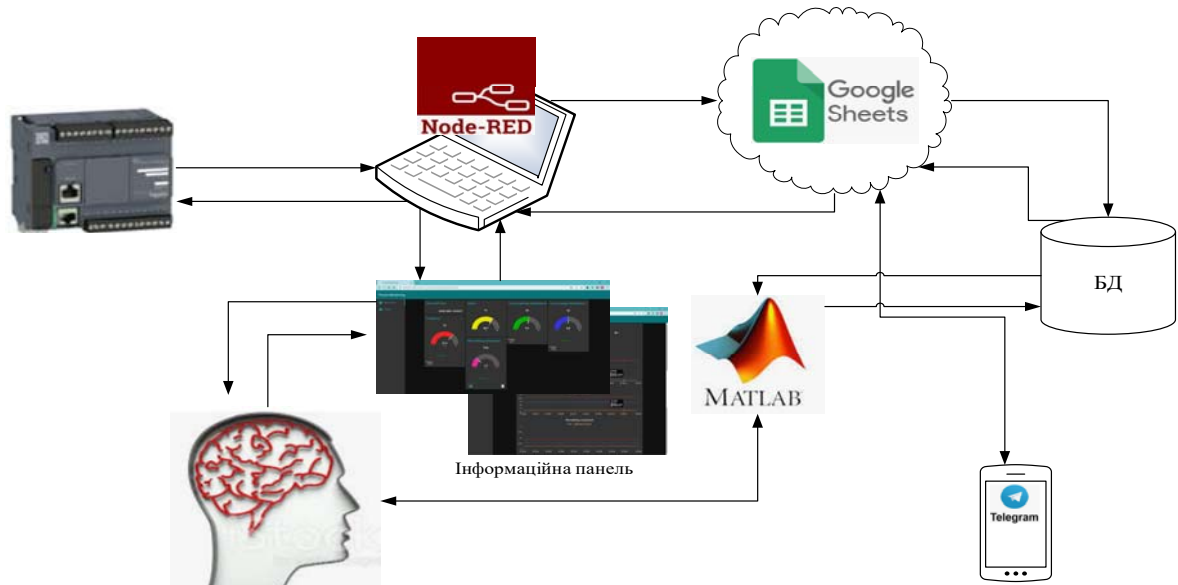


Рисунок 3.7. Узагальнена архітектура ІСППР якості харчової продукції
Джерело: побудовано автором в середовищі Visio (знімок з екрану)

У середовищі Node-RED було створено потоки, для забезпечення збору даних із суб'єкту господарювання по відповідним нам параметрам процесу по протоколу ModBus TCP/IP на основі бібліотеки *node-red-contrib-modbustcp*, фрагмент яких показано на рис. 3.8. Безпосереднє зчитування відбувається за допомогою елементу *modbustcp*, де вказується IP-адреса контролера та параметри зчитування регістрів.

Наступним етапом для реалізації даної архітектури було створення сервісного акаунту Google для суб'єкта господарювання – *milkcompanynew@gmail.com* із подальшими налаштуваннями для доступу до Google Cloud та генерацією унікального API Key типу JSON, який забезпечує автентифікацію запитів, що пов'язані із проектом та захищає від несанкціонованого доступу. В даному акаунті відбувається підключення до

Google Sheet API (рис. 3.9) із наданням доступу до електронної книги на внесення даних.

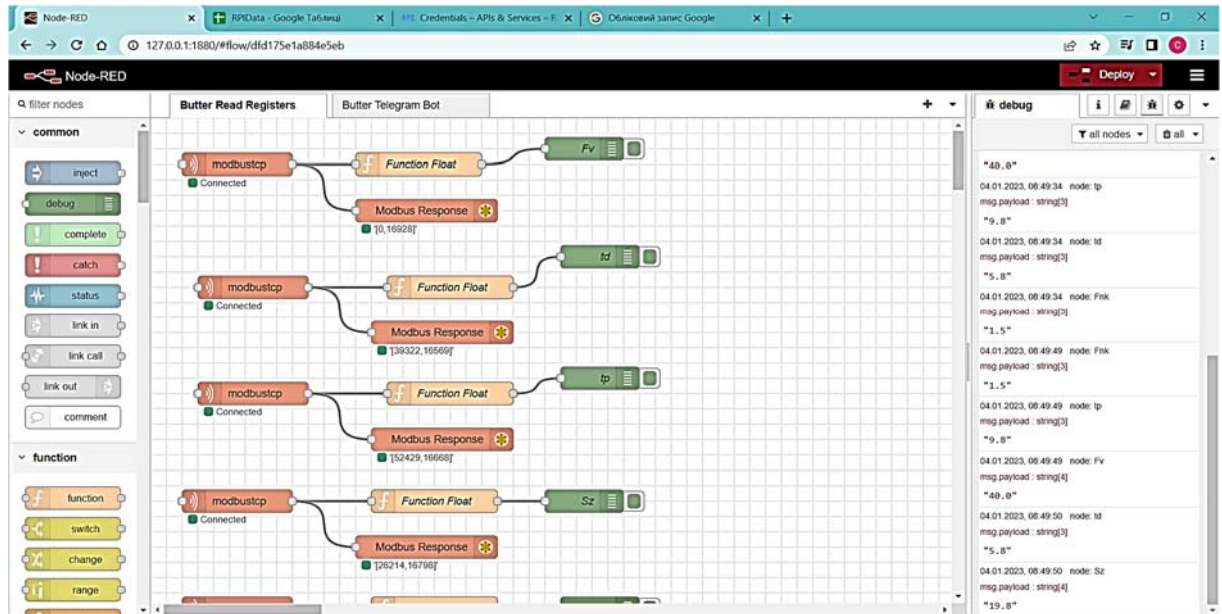


Рисунок 3.8. Фрагмент програми для зчитування даних процесу в середовищі Node-RED

Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

Service account details

Name: RPL_SERVER_BUTTER

Description: доступ до бази даних

Email: rpl-ser-butterm@rp

Unique ID: 1045875222582

Keys

Service account keys could pose a security risk if compromised. We recommend you avoid downloading service account keys about the best way to authenticate service accounts on Google Cloud [here](#).

Add a new key pair or upload a public key certificate from an existing key pair.

Block service account key creation using [organization policies](#).
[Learn more about setting organization policies for service accounts](#)

ADD KEY

Type	Status	Key	Key creation date	Key expiration date
	Active	6b00995ec2f361c0005688f82592c7930785ec27	Oct 27, 2022	Jan 1, 10000

Рисунок 3.9. Фрагмент параметрів сервісного акаунту суб'єкта господарювання

Джерело: створено автором (знімок з екрану)

Для забезпечення збору даних у хмарне середовище Google Sheet до основного потоку підключаються елементи GSheet-Update та GSheet-Append в середовищі Node-RED на основі бібліотеки *node-red-contrib-google-sheets*, які забезпечують оновлення та додавання нових значень процесу у відповідні аркуші таблиці. Кожний елемент має у своїх налаштуваннях ідентифікатор таблиці та діапазон клітинок аркуша, куди і звідки відбувається запис або зчитування даних. Так, на рис. 3.10 показано фрагмент потоку для збору даних процесу. Google Sheet має назву RPIData, а відповідні значення жирності вершків та температури дозрівання записуються у аркуші F_v та t_d записуються із відповідним часовим інтервалом. Програмний код на мові JSON наведено у Додатку Д. Telegram-боти є поширеними messenger, які використовуються для отримання будь-якої інформації для різних цілей в режимі реального часу. Для підвищення моніторингу процесу якості було обрано Telegram, оскільки він ефективний для всіх видів бізнесу, має високу конфіденційність та забезпечує оперативну передачу інформації, а також може взаємодіяти з масивами баз даних та взаємодіяти з хмарними сервісами.

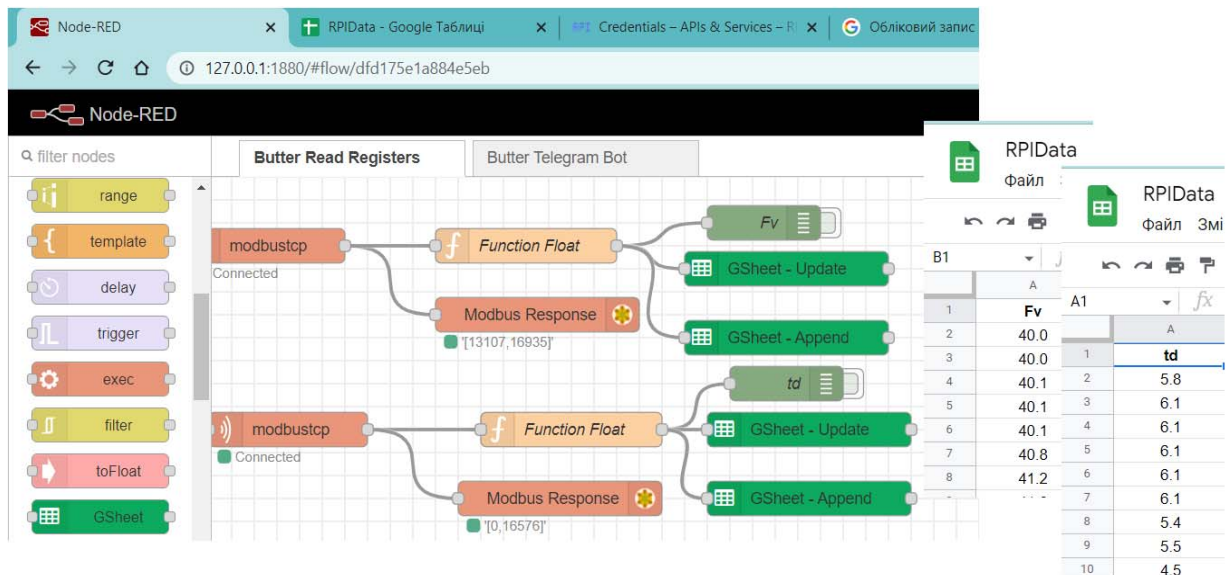


Рисунок 3.10. Фрагмент програми підключення до хмарного сервісу Google Sheet

Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

Для створення нового бота застосовується спілкування із Telegram bot @BotFather (рис. 3.11), де вказуються власне назва бота **RPI Process** та його ім'я **RPI_Process_Bot**. Після реєстрації бота надсилається повідомлення із унікальним token, який необхідний для доступу до API Telegram.

Для підвищення моніторингу процесу якості продукції було створено Telegram-бот в середовищі Node-RED на основі бібліотеки *node-red-contrib-telegrambot* для забезпечення зв'язку із хмарним сервісом Google Sheet, який зберігає поточні параметри процесу. Для запуску бота використовується команда `/start` (рис. 3.12), яка відображає активні команди. Для даного процесу активна команда `/pv` отримання плинних значень. Наступним важливим етапом є зчитування поточних значень із хмарного сервісу Google Sheet за допомогою елементу GSheet-Get. Всі елементи Telegram мають налаштування, що включають: посилання на чат-бот RPI_Process_Bot, підключення до сервісного акаунта на основі згенерованого ключа типу JSON, унікальний ідентифікатор чату ChatId, тип повідомлення, команду, вміст повідомлення. Розроблений потік для чат-бота показано на рис. 3.13.

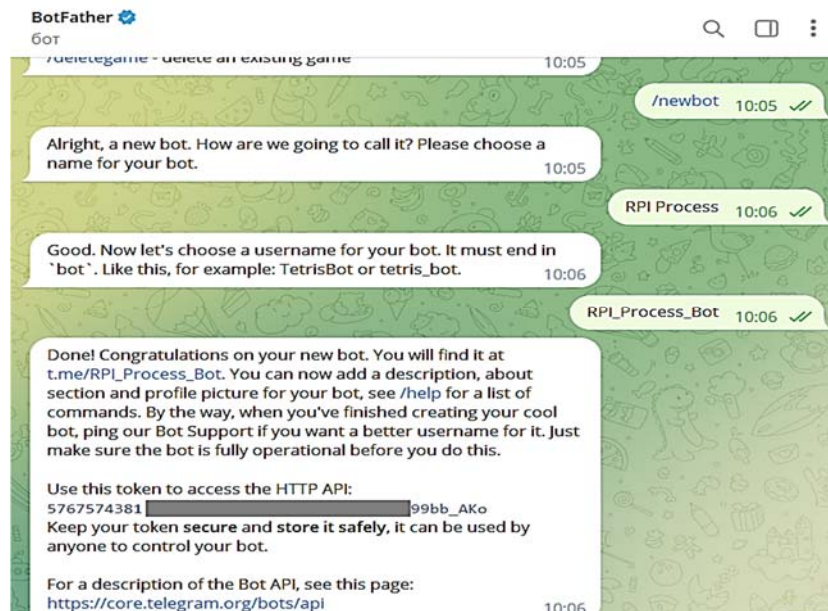


Рисунок 3.11. Вікно створення Telegram- бота

Джерело: створено автором в Telegram (знімок з екрану)

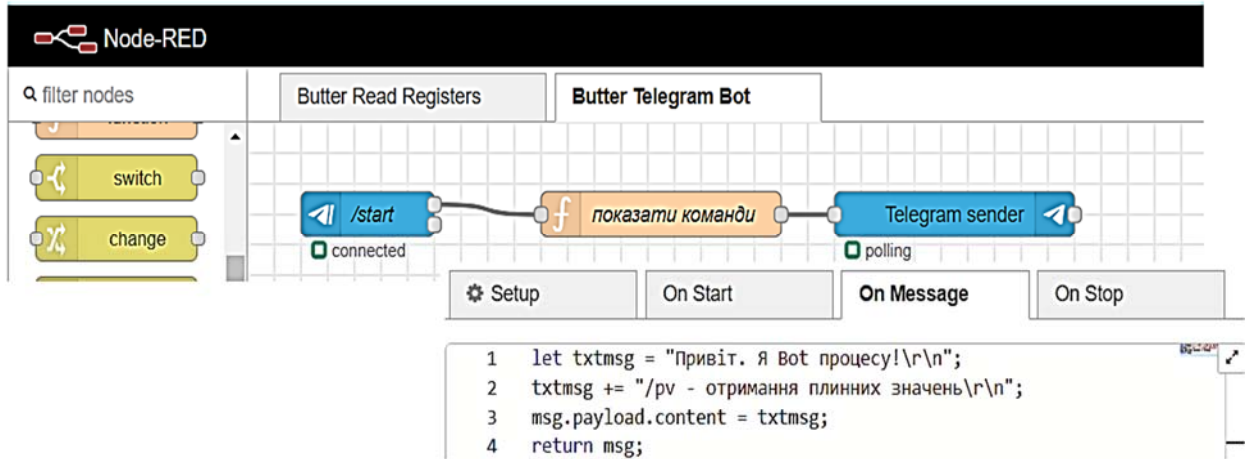


Рисунок 3.12. Вікно команди /start Telegram- бота із налаштуваннями
Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

Елемент функція, наприклад Fv (рис. 3.13), містить скрипт виведення значень із відповідними їхніми назвами. Результат виконання всіх розроблених команд Telegram- бота відображено на рис. 3.14. Як бачимо, розпочинає роботу команда /start, після якої йде привітання від чат-бота та командо /pv отримання плинних значень. Відповіддю виконання даної команди є активні параметри процесу, а саме: температура дозрівання, витрата нормуючого компонента, початкова температура збивання, жирність вершків та частота збивання.

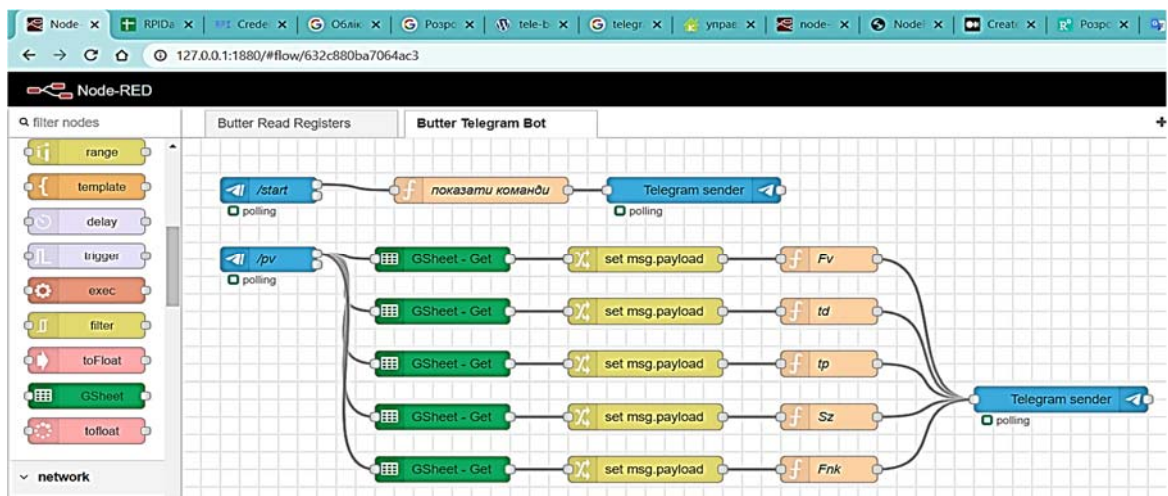


Рисунок 3.13. Основний потік Telegram- бота в середовищі NODE-RED
Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

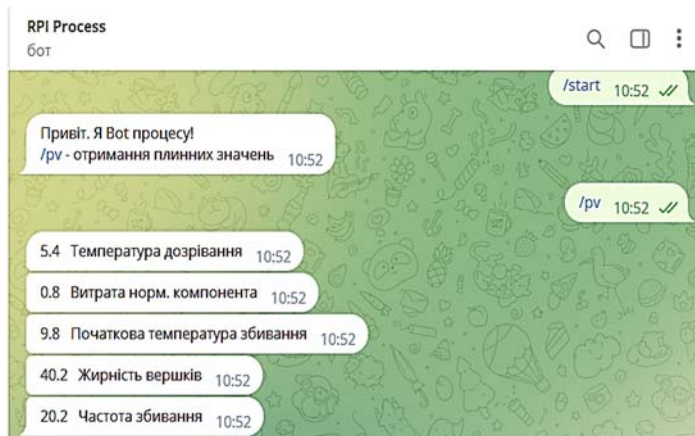


Рисунок 3.14. Вікно чату бота процесу RPI Process

Джерело: створено автором в Telegram- боті (знімок з екрану)

Програний код на мові JSON створення Telegram- бота наведено у Додатку Е.

Отже, середовище Node-RED можна активно використовувати для розробки прототипів IoT для суб'єктів господарювання та має значні переваги у сфері візуалізації даних на базі хмарних сервісів, дозволяє легко створювати бізнес-логіку, яка є набагато економічною, розширювати інтерфейс за запитом, дозволяючи забезпечувати конкурентоспроможність за рахунок оптимізації процесів, що призводить до економії коштів. Ключовим елементом виступає належний та своєчасний аналіз даних за рахунок їх доступності та можливість підключення системи до алгоритмів прогнозування, тим самим максимізуючи продуктивність.

3.3 Інформаційні технології у впровадженні інформаційно-інтелектуальної системи на виробництві

У зв'язку з дедалі більшою глобалізацією світу виробництво веде до стрімкої адаптації та переходу від традиційних підходів до цифровізації та покращення комунікації суб'єкта господарювання задля збільшення контролю за інформаційними потоками. В даний час зростає потреба як в універсальних,

так і в дистанційних системах, які здатні покращувати робочі процеси, підвищувати безпеку, сприяти прискоренню розробки та покращенню продуктивності. Технології з відкритим кодом стають все більш актуальним та широко використовуваними та дозволяють швидко адаптуватися до потреб суб'єкта господарювання та зменшити витрати на програмне забезпечення. Інформаційні панелі моніторингу на основі програмного забезпечення з відкритим кодом дозволяють дистанційно спостерігати за процесом, об'єднувати програмне та апаратне забезпечення задля забезпечення кращого моніторингу, а рішення приймати на основі аналізу даних. Інформаційні панелі використовуються для обробки всіх даних і відображення їх за допомогою створеного інтерфейсу, а також відображення сповіщень про стан користувачу. Це мінімізує час простою, підвищує доступність системи на різних рівнях ієрархії та дозволяє суб'єктам господарювання ухвалювати обґрунтовані рішення з меншими зусиллями. Інформаційні панелі інтуїтивно зрозумілі та прості у використанні для моніторингу, аналітики та оптимізації бізнес-діяльності, дозволяють користувачам на всіх рівнях ієрархії, вдосконалювати свої рішення.

Для розробки інформаційної панелі моніторингу параметрів якості продукції використано платформу NODE-RED із відкритим вихідним кодом. Дана платформа дозволяє створювати кілька вузлів, кожен з яких виконує свою функціональність. Інформаційна панель представлена у вигляді дашборду, що складається з колекцій візуалізації елементів для представлення даних процесу через інтерфейс користувача (UI). Кожна візуалізація являє собою графічне відображення інформації на основі категорій атрибутів та їх типів. Іншими характеристиками візуалізації можуть виступати набори даних, заголовки і необов'язковий опис, елементи взаємодії у вигляді масштабування, деталізації, стилю і семантичної інформації.

WEB-інтерфейс користувача в середовищі Node-RED розробляється на основі модуля *node-red-dashboard*. Створені вузли інтерфейсу користувача доступні за адресою *http://localhost:1880/ui* та показані на рис.3.15. Загальна інформаційна панель має назву *Process Monitoring*, що складається із двох вкладок: *Parameters* та *Charts*.

Вкладка *Parameters* містить елементи візуалізації та текстових полів: поточної дати та часу, віджетів індикаторів параметрів, задання уставок. Вкладка *Charts* містить діаграми відображення значень процесу, на які можна здійснювати безпосередній вплив під час процесу виробництва для контролю та підвищення якості харчової продукції. Індикація якісних параметрів процесу відбувається за допомогою вузла Gauge із назвами відповідних параметрів, таких як: жирності вершків F_v , температури дозрівання вершків t_d , початкової температури збивання вершків t_p , частоти обертів мішалки збивального пристрою S_z та витрати нормалізую чого компонента F_{nk} . Фрагмент потоку показано на рис. 3.16.

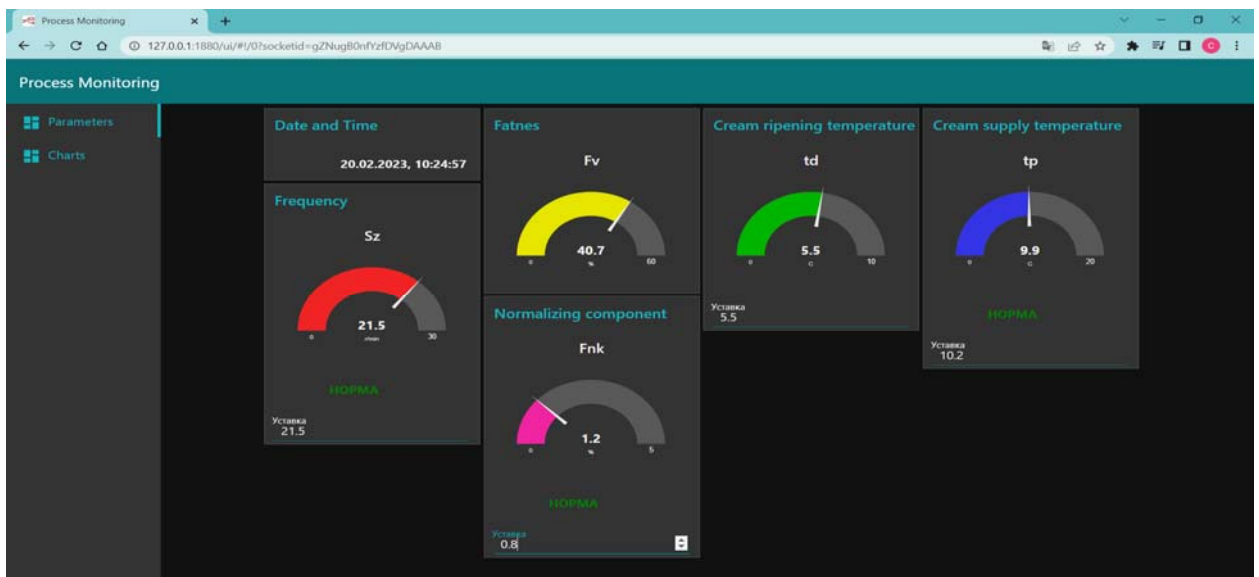


Рисунок 3.15. Інформаційна панель від Node-RED, яка дозволяє контролювати та візуалізувати параметри якості харчової продукції з будь-якого інтелектуального пристрою

Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

Даний віджет перетворює значення параметрів `msg.payload [0]` - `msg.payload [4]` в числове значення, обране відповідно до формату `Value format` та кольору `Colour gradient`, одиниць відображення `Units`. В даному випадку для змінної жирності вершків F_v було обрано жовтий колір, а для температури дозрівання вершків t_d зелений із зазначенням відповідних одиниць вимірювання та діапазону відображення.

Також, інтерфейс користувача доповнено полями для виведення текстової інформації за допомогою вузла `Text` (рис. 3.17) на основі заданого формату значення `Value Format`. Даний віджет застосовано для відображення поточної дати та часу, а також для виведення меж параметрів: норма, нижче норми, вище норми.

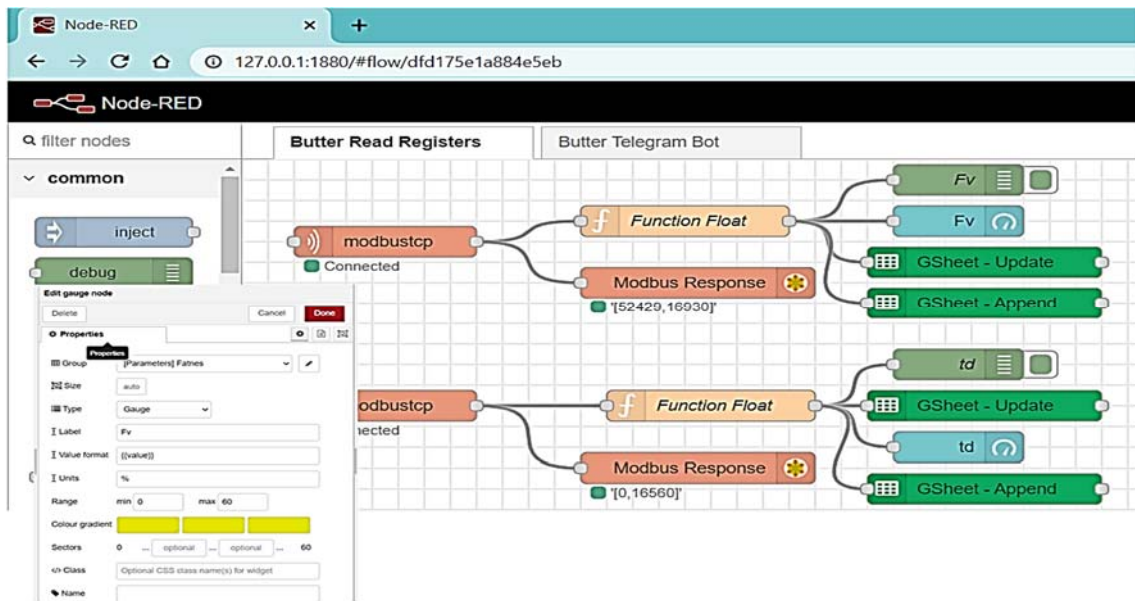


Рисунок 3.16. Фрагмент потоку в середовищі Node-RED для віджета індикації Gauge параметрів якості процесу

Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

В середовищі Node-RED передбачена можливість безпосереднього задання уставок для якісних параметрів процесу та запис їх у відповідні їм регістри по ModBus TCP/IP. Гілка потоку реалізована за допомогою вузла `Text input` та показано на рис. 3.18. Режим введення `Mode – number`. Числове

значення, введене у це поле надсилається як *msg.payload* із затримкою 300 мс у відповідний йому регістр за допомогою елемента *modbuscp* функціонального коду *FC6: Write Single Holding Register*, попередньо відбувається перетворення за допомогою елемента *Function* введеного значення типу *float* до буферу і навпаки на основі коду типу *JavaScript*.

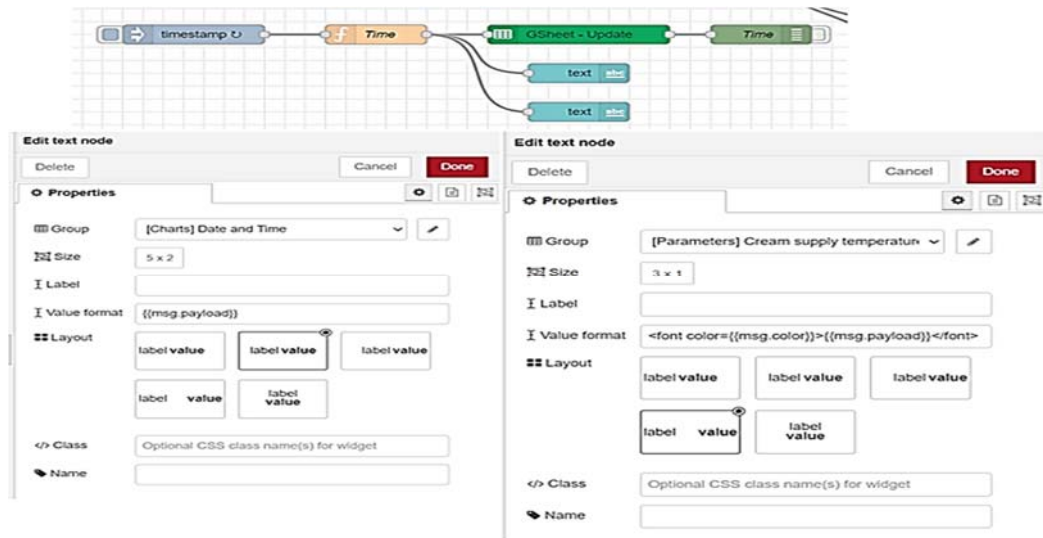


Рисунок 3.17. Фрагмент потоку в середовищі Node-RED для відображення інформації у текстовому вигляді з відповідним йому налаштуваннями
Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

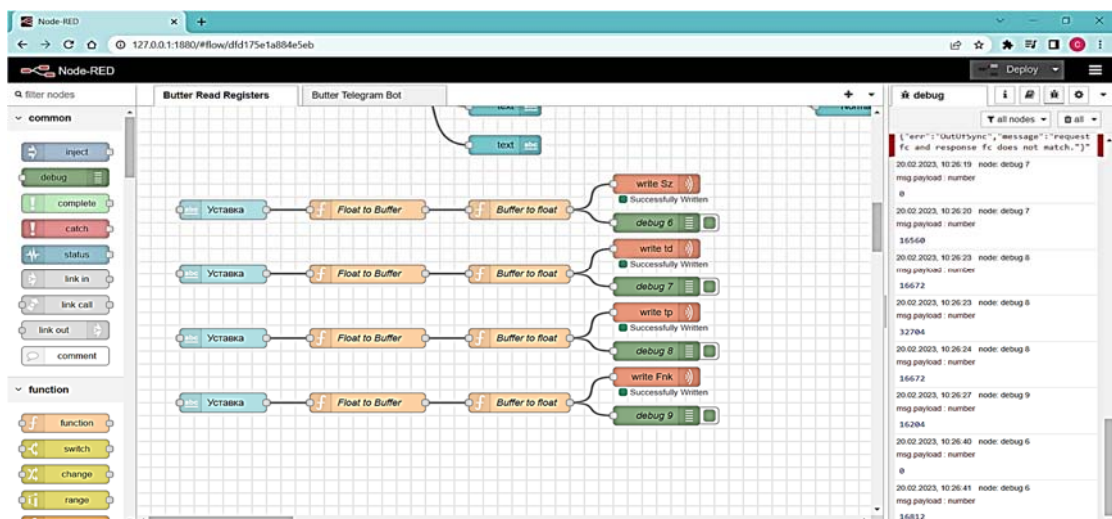


Рисунок 3.18. Фрагмент потоку в середовищі Node-RED для запису уставок якісних параметрів користувачем
Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

Для кращого моніторингу якісних параметрів процесу, відповідно до розроблених контрольних карт Шухарта у розділі 2, інформаційна панель, а саме вкладка *Charts*, містить лінійні діаграми зміни значень початкової температури збивання вершків t_p , частоти обертів мішалки збивального пристрою S_z та витрати нормалізуючого компонента F_{nk} , які реалізовані за допомогою елемента *chart*. Кожен лінійний графік має межі процесу $\pm 2\sigma$, які попереджають про наближення до граничних меж, що може призвести до погіршення процесу і якості кінцевої продукції. Розроблена інформаційна панель представлена на рис. 3.19.

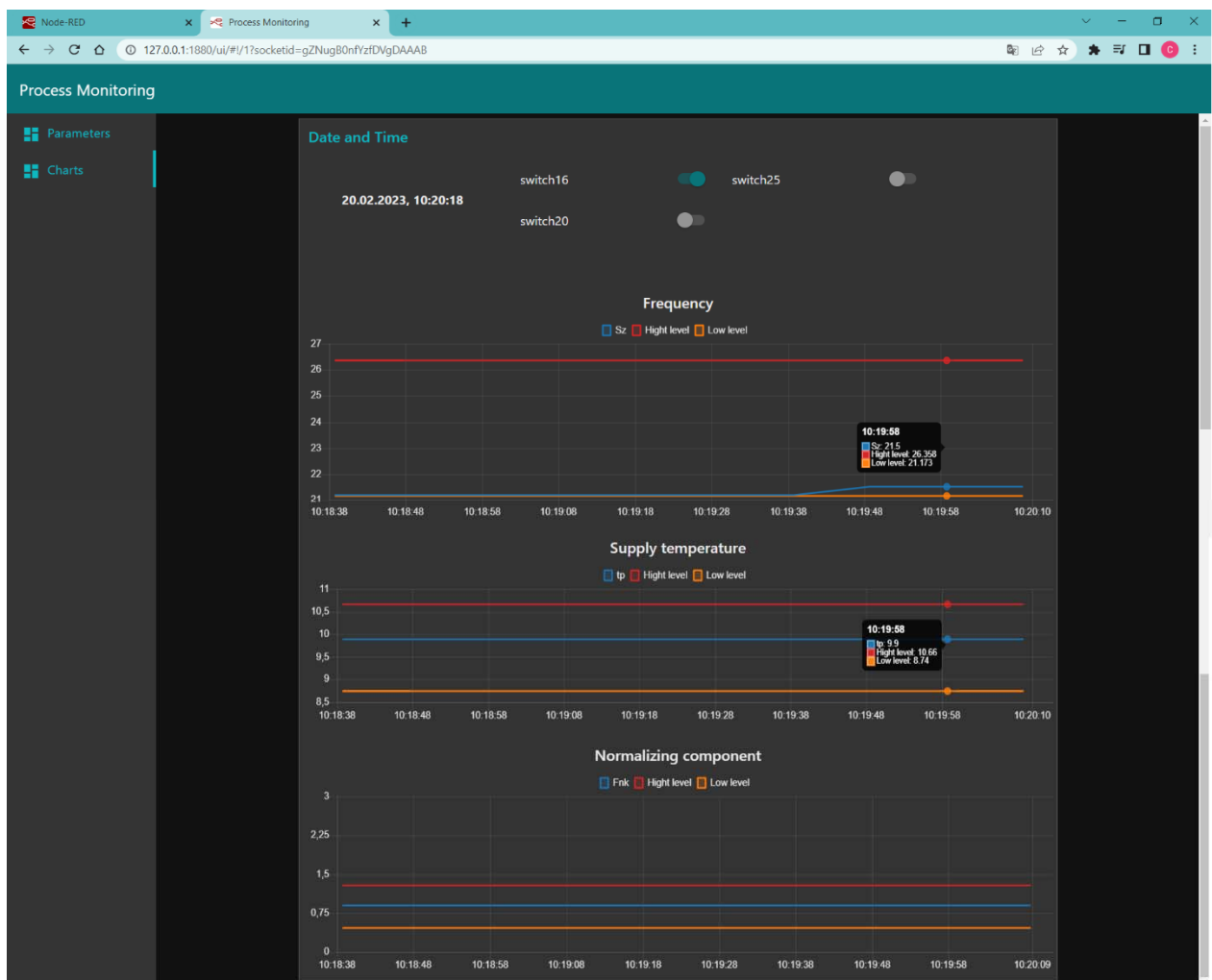


Рисунок 3.19. Інформаційна панель змінних процесу із контрольними межами

Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

Як видно із рис. 3.19, лінійні графіки мають підписи верхньої та нижньої меж, самої змінної, а також перемикачі *switch16*, *switch20*, *switch25*, які відповідають за вміст вологи у кінцевій продукції на рівні 16, 20 та 25 %. Дані перемикачі відповідно до їх змінних комутаторів генерують *msg.payload* із зазначеними значеннями On та Off, які дозволяють змінювати межі $\pm 2\sigma$ відповідно до вибраного процесу та показані на рис. 3.21. Задані межі реалізовано за допомогою елемента *function* – *2 chart16*, *2 chart20*, *2 chart25* на основі функцій коду типу *JavaScript*.

Також, передбачено зміну повідомлень про стан параметру на вкладці інформаційної панелі *Parameters* із приналежністю до меж процесу відповідно до обраного перемикача вмісту вологи у кінцевому продукті. Дана функція реалізована за допомогою елемента *switch*, яка містить визначений йому набір правил, які при відповідності пересилаються у вигляді повідомлень на виходи. Фрагмент реалізації даних функцій показано на рис. 3.20.

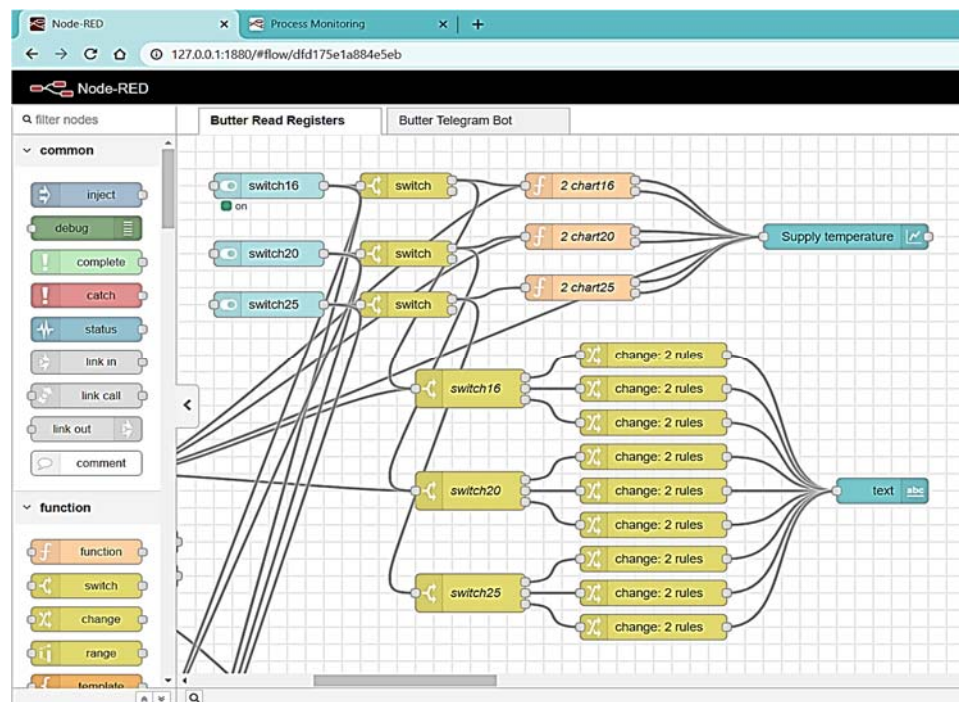


Рисунок 3.20. Фрагмент середовища Node-RED для реалізації елемента перемикання між режимами процесу

Джерело: побудовано автором в середовищі Node-RED (знімок з екрану)

Як видно із рис. 3.20, при ввімкненні перемикача *switch16* оцінюється його значення і при позитивному *On* далі сигнал надходить на вузол встановлення меж процесу, що відповідають вмісту вологості 16 % та на елемент *switch16*, в якому прописані межі для правил норма, нижче норми та вище норми.

Отже, було розроблено інформаційну панель для підвищення процесу формування моніторингу якості продукції з використанням середовища Node-RED на основі технологій із відкритим кодом. Універсальність та легкість використання Node-RED дозволяє створювати різноманітні дашборди для різних користувачів, тим самим забезпечуючи бездоганну інтеграцію між різними обладнанням, які показують кожному користувачу лише ті дані, які мають відношення до них. Було реалізовано систему моніторингу на основі контрольних карт Шухарта із відповідним межами процесу для різного вмісту вологості у маслі, що дозволяє попереджувати можливе погіршення проходження процесу та вносити відповідні коригувальні дії задля підвищення якості кінцевої продукції.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Таким чином у третьому розділі отримані такі основні результати та зроблено такі висновки.

- Розроблена діаграма діяльності для процесу прийняття рішень з використанням об'єктно-орієнтованої мови моделювання UML, що складається із наступних етапів: аналіз ситуації; формулювання цілей і завдань; формування множини рішень; аналіз рішень; формування керуючих дій. На діаграмі відображені активності, взаємодії та послідовності кожного з цих етапів. Кожен етап передбачає взаємодію з відповідними суб'єктами, а також формування інформаційних потоків та даних, необхідних для прийняття оптимального рішення. Ця діаграма дозволяє уявити процес прийняття рішень як послідовний та структурований набір дій та взаємодій між учасниками.

- За допомогою середовища SysML створено діаграму вимог (requirement diagram), що висуваються до майбутньої системи, пов'язаної з оцінкою, моніторингом та прогнозуванням якості продукції в інформаційно-інтелектуальній системі оцінки та прогнозування (ІСОП) якості харчової продукції. Вона включає у себе специфікації вимог, що охоплюють різні аспекти функціональності, продуктивності та безпеки системи. Діаграма є важливим кроком у процесі розробки системи, де вимоги стають основою для подальшого проектування та реалізації системи ІСОП якості харчової продукції.

- За допомогою діаграми послідовності (sequence diagram), відображено послідовні етапи розробки та впровадження ІСОП якості харчової продукції. Ці етапи організовані відповідно до часової послідовності і представлені на двох осях: вертикальна представляє час, а горизонтальна – об'єкти *Проект ІСОП*, *Налаштування системи та регуляторів*, *Розробка ІСОП*, *Запуск ІСОП*, *Робочий цикл ІСОП*. Діаграма надає чітку візуальну

уяву про послідовність кроків, необхідних для створення та оптимального впровадження системи ІСОП якості харчової продукції, що сприяє контролю та підвищенню якості продукції на всіх етапах виробництва.

- Відтворено діаграму послідовності функціонування ІСОП якості харчової продукції, де виділені такі об'єкти, як *РО (регулюючі органи)*, *ВМ (виконавчі механізми)*, *Датчики*, *ПЛК (промисловий логічний контролер)*, *Оператор*, *ІСОП якості харчової продукції*, які взаємодіють на різних рівнях виробничого підприємства. Діаграма відображає послідовність дій, що виникають у зв'язку з надходженням сигналів керуючих дій до регулюючих органів та виконавчих механізмів. Така взаємодія допомагає забезпечити відповідну координацію та оптимальну роботу всіх компонентів системи ІСОП якості харчової продукції для забезпечення якості продукції.

- Розроблено конфігурацію потоків для забезпечення отримання поточних технологічних параметрів процесу збивання вершків у масло по протоколу Modbus TCP/IP в середовищі Node-RED на основі бібліотеки *node-red-contrib-modbustcp*, що дозволяє в реальному часі отримувати та моніторити дані про стан та характеристики процесу збивання вершків. Для забезпечення доступу до Google Cloud та генерації унікального API Key типу JSON, який гарантує автентифікацію запитів і захист від несанкціонованого доступу, було створено сервісний акаунт Google для суб'єкта господарювання – *milkcompanynew@gmail.com*. Цей акаунт також налаштований для з'єднання з Google Sheet API, що надає можливість обміну даними з електронною книгою для внесення та зберігання інформації.

- Спроектвана конфігурація потоку для занесення даних процесу до Google Sheet – хмарного додатку, в якому створена електронна книга з назвою «RPIData». Це виконано в середовищі Node-RED з використанням бібліотеки *node-red-contrib-google-sheets*. Ця налаштована конфігурація дозволяє збирати та записувати інформацію про процес збивання вершків у

масло з метою подальшого аналізу та розробки нових методів для поліпшення якості харчової продукції.

- Підготовлено конфігурацію потоку для інтеграції з Telegram, а саме для використання чат-бота з метою отримання неперервних даних про хід процесу. Цей чат-бот дозволяє підвищити рівень моніторингу, забезпечуючи можливість отримання актуальних значень у режимі віддаленого доступу. Всі необхідні налаштування для цих елементів Telegram ретельно налаштовані і включають наступні параметри: вказання посилання на чат-бота під назвою `RPI_Process_Vot`, встановлення з'єднання з сервісним акаунтом за допомогою унікального ключа у форматі JSON, визначення ідентифікатора чату (`ChatId`), вказування типу повідомлення, команди, а також вмісту повідомлення. Усі ці налаштування виконані в середовищі Node-RED з використанням бібліотеки *node-red-contrib-telegrambot*.

- В середовищі Node-RED розроблено WEB-інтерфейс для користувачів на основі модуля *node-red-dashboard*. Всі створені вузли інтерфейсу доступні за адресою `http://localhost:1880/ui`. Ця загальна інформаційна панель отримала назву «*Process Monitoring*» і складається з двох вкладок: «*Parameters*» та «*Charts*». На вкладці «*Parameters*» розташовані різноманітні елементи візуалізації та текстові поля, які дозволяють відображати поточну дату та час, використовувати віджети для індикації параметрів та задання уставок. А вкладка «*Charts*» містить діаграми, що відображають значення процесу. Ці діаграми можна використовувати для здійснення непрямого впливу під час виробництва, забезпечуючи контроль та підвищення якості продукції.

- З використанням сучасних засобів і хмарних технологій розроблено структуру ІСППР, яка дозволяє забезпечити ефективне збирання, аналіз та обробку даних, а також забезпечує віддалений доступ до

інформаційних ресурсів і підвищує загальний рівень якості та продуктивності бізнес-процесів.

Основні результати розділу висвітлені у науково-дослідній роботі №0121U109155 «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції», (довідка від 23.03.2023 №458/24).

Основні результати розділу опубліковані в наукових працях автора:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

[1], [2], [3], [4], [6], [7], [8].

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35].

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

[36], [37], [38], [39].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Луцька Н. М., Власенко Л. О., Ладанюк А. П. Проєктування інтелектуальних автоматизованих систем керування технологічними процесами харчових виробництв засобами SysML. Частина 1: Огляд діаграм SysML, розробка діаграм вимог. *Наукові праці НУХТ*. 2021. Том 23, №3. С. 15 – 24, <https://nuft.edu.ua/doi/doc/swnuft/2021/3/4>.
2. Korobiichuk I., Ladanyuk A., Vlasenko L., Zaiets N. *Modern Development Technologies and Investigation of Food Production Technological Complex Automated Systems*, Proceedings of 2-nd International Conference on Mechatronics Systems and Control Engineering ICMSCE 2018. Amsterdam, Nitherlands., 2018. P. 52 – 56. doi.org/10.1145/3185066.3185075.
3. Ruan D., Chen G., Kerre E. E., Wets E. *Intelligent data mining: techniques and applications*. 1 ed. Heidelberg: Springer, 2005. 523 p.
4. Yue C., Jing Xu, Yusheng L., Xiaoping Ye, Jianjun Z. Automated generation of control logic from system design based on SysML and the IEC 61499 Function Block. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 2019. Vol. 233(14). P. 2547–2565.
5. Hoffmann H. Harmony SE: a SysML based systems engineering process. *In: Innovation 2008 Telelogic user group conference, Austin, TX, 26–29 October 2008, Malmo*: Telelogic. P. 1–25.
6. Tim W. *Systems engineering with SysML/UML: modeling, analysis, design*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann, 2008. 320 p.
7. Batchkova I, Antonova I. Improving the software development life cycle in process control using UML/SysML. *IFAC Proceedings Volumes*. 2011. Vol. 44(3). P. 14133 – 14138. <https://doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.03190>
8. Barbieri G., Kernschmidt K, Fantuzzi C, Vogel-Heuser B. A SysML based design pattern for the high-level development of mechatronic systems to enhance

reusability. *IFAC Proceedings Volumes*. 2014. Vol. 47(3). P. 3431—3437. doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.00615.

9. Yue Cao, Yusheng Liu, Christiaan J.J. Predis. System-level model integration of design and simulation for mechatronic systems based on SysML. *Mechatronics*. Vol. 21(3). 2011. P. 1063-1075. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2011.05.003>

10. Sakairi T., Palachi E., Cohen C., Hatsutori Y., Shimizu J., Miyashita H. Designing a control system using SysML and Simulink. *2012 Proceedings of SICE Annual Conference (SICE)*, 2012. Akita, Japan. P. 2011-2017.

11. M. Dikaiakos, D. Katsaros, P. Mehra, G. Pallis, and A. Vakali, “Cloud computing: Distributed internet computing for it and scientific research,” *Internet Computing*, IEEE, vol. 13, no. 5, pp. 10–13, September 2009.

12. Y. Jadeja and K. Modi, “Cloud computing - concepts, architecture and challenges,” in *International Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET)*, March 2012.

13. F. Shaikh and S. Haider, “Security threats in cloud computing,” in *International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, December 2011.

14. W. Yu and J. Chen, *Semantic Service in cloud Computing*. Springer, 2011.

15. O. Givehchi, H. Trsek, and J. Jasperneite, “Cloud computing for industrial automation systems a comprehensive overview,” in *18th IEEE Conference on Emerging Technologies Factory Automation (ETF A)*, September 2013.

16. N. Dickey, D. Banks, and S. Sukittanon, “Home automation using cloud network and mobile devices,” in *Proceedings of IEEE Southeastcon*, March 2012.

17. V. Valenzuela, V. Lucena, P. Parvaresh, N. Jazdi, and P. Gohner, “Voiceactivated system to remotely control industrial and building automation systems using cloud computing,” in *18th Conference on Emerging Technologies Factory Automation (ETF A)*, September 2013.

18. M. Chen, X. Bai, Y. Zhu, and H. Wei, "Research on power dispatching automation system based on cloud computing," in *Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, May 2012.

19. H.-Y. Jeong, J. hyuk Park, and J. D. Lee, "The cloud storage model for manufacturing system in global factory automation," in *28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, May 2014.

20. A. Shahzad, S. Musa, A. Aborujilah, and M. Irfan, "A performance approach: Scada system implementation within cloud computing environment," in *International Conference on Advanced Computer Science Applications and Technologies (ACSAT)*, December 2013.

21. O. Givehchi, J. Imtiaz, H. Trsek, and J. Jasperneite, "Control-as-a-service from the cloud: A case study for using virtualized plcs," in *10th IEEE Workshop on Factory Communication Systems (WFCS)*, May 2014.

22. M. Hollender, *Collaborative Process Automation Systems*, I.-I. S. of Automation, Ed. ISA-International Society of Automation, 2010.

23. N. Mahmud, K. Sandström, and A. Vulgarakis, "Evaluating industrial applicability of virtualization on a distributed multicore platform," in *The 19th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, September 2014. [Online]. Available: <http://www.es.mdh.se/publications/3747->

24. B. Rimal, E. Choi, and I. Lumb, "A taxonomy and survey of cloud computing systems," in *Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC*, 2009., Aug 2009, pp. 44–51.

25. G. Heiser, "The role of virtualization in embedded systems," in *IIES '08*. ACM, 2008, pp. 11–16.

26. X. Xu, "From cloud computing to cloud manufacturing," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 28, pp. 75–86, 2012.

27. F. M. Pérez, J. Martínez, D. Jorquera, I. Fonseca, and A. Colmeiro, “A new paradigm: cloud agile manufacturing,” *International Journal of Advanced Science and Technology*, vol. 45, August 2012.

28. V. Gilart-Iglesias, F. Macia-Perez, D. Marcos-Jorquera, and F. Mora-Gimeno, “Industrial machines as a service: Modelling industrial machinery processes,” in *5th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, June 2007.

29. S. Karnouskos, A. Colombo, T. Bangemann, K. Manninen, R. Camp, M. Tilly, P. Stluka, F. Jammes, J. Delsing, and J. Eliasson, “A soa-based architecture for empowering future collaborative cloud-based industrial automation,” in *38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, 2012, pp. 5766–5772.

30. S. Karnouskos and A. Colombo, “Architecting the next generation of service-based scada/dcs system of systems,” in *37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, 2011, pp. 359–364.

31. Inductive Automation, “Cloud-based scada systems: Benefits & risks,” *Tech. Rep.*, 2011.

32. M. Liu, C. Guo, and M. Yuan, “The framework of scada system based on cloud computing,” in *4th International Conference on Cloud Computing (CloudComp)*, 2013.

33. S.Saadaoui, M.Tabaa, M.Chehaitly, F.Monteiro, A.Dandache « *Discrete wavelet packet transform-based industrial digital wireless communication systems* » *Information Journal MDPI*, 10(3):104, March 2019

34. Tabaa, M., Monteiro, F., Bensag, H., & Dandache, A. (2020). Green Industrial Internet of Things from a smart industry perspectives, *Energy Reports*, 6, 430-446.

35. Petrisor, I., & Cozmiuc, D. (2020). Global supply chain management organization at siemens in the advent of industry 4.0. In *Supply Chain and logistics*

management: Concepts, methodologies, tools, and applications (pp. 1095-1114). IGI Global.

36. Morgan, J., Halton, M., Qiao, Y., & Breslin, J. G. (2021). Industry 4.0 smart reconfigurable manufacturing machines. *Journal of Manufacturing Systems*, 59, 481-506.

37. Bahri N., Saadaoui S., Tabaa M., Sadik M., Medromi H. (2021) Wireless Technologies and Applications for Industrial Internet of Things: A Review. In: Saeed F., Al-Hadhrami T., Mohammed F., Mohammed E. (eds) *Advances on Smart and Soft Computing. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1188. Springer, Singapore.

38. S.Saadaoui, M.Tabaa, K.Bousmar F.Monteiro, & A.Dandache. DWPT vs OFDM Under a Noisy Industrial Channel. *Journal of Ubiquitous Systems & Pervasive Networks* Volume 14, No. 1 (2021) pp. 13-17.

39. O.Rholam, M.Tabaa, F.Monteiro, A.Dandache, *Smart Device for Multi-band Industrial IoT Communications*, *Procedia Computer Science*, Volume 155, pages 660-665, 2019

40. M.Tabaa, B.Chouri, S.Saadaoui, K.Alami, *Industrial Communication based on Modbus and Node-RED*, *Procedia Computer Science* Volume 130, 2018, Pages 583-588.

41. Луцька Н.М., Власенко Л.О., Пупена О.М. Технічні аспекти інтеграції відкритих онтологічних баз знань із сучасними автоматизованими системами управління // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 8-21. [<http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/32860>]

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дисертаційного дослідження на тему: «Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції» розв'язано важливу науково-прикладну задачу – впровадження інформаційно-інтелектуальної системи для оцінки та прогнозування якості продукції. В рамках дослідження розроблено моделі та використано методи, як класичного інструментарію, так і передові інтелектуальні системи й хмарні технології, внаслідок чого вдалося вирішити низку важливих питань, пов'язаних із підвищенням якості та контролем якості харчової продукції.

Проаналізувавши наукові дослідження і практичний досвід експертів у галузі концепції управління якістю харчової продукції та тенденцію до впровадження інтелектуальних методів оцінки та прогнозування якості харчової продукції, удосконалено поняття системи управління якістю в розрізі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції для підвищення ефективності контролю якості, що дає можливість забезпечення безпеки та удосконалення всіх аспектів виробництва.

З урахуванням специфіки галузі удосконалено контекстну модель інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції, яка відрізняється від існуючих моделей використанням передових аналітичних методів, можливістю моніторингу та оновлення прогнозів в реальному часі, більшою ефективністю та відповідністю сучасним вимогам управління якістю харчової продукції та проведена декомпозиція інтелектуальної оцінки та прогнозування якості харчової продукції за стандартом IDEF0.

Набула подальшого розвитку модель концепцій управління якістю харчової продукції, оскільки сучасний підхід до управління якістю харчової продукції базується на використанні інформаційних технологій та аналізу даних. За допомогою сучасних інформаційних систем і програмних рішень, підприємства харчової промисловості мають можливість збирати, аналізувати та відстежувати великі обсяги даних, пов'язані з якістю харчової продукції, виробничими процесами і ланцюгом постачання, що дозволяє забезпечити високу якість продукції, виявляти можливі аномалії та вживати негайні заходи щодо виправлення помилок. Розвиток інформаційних технологій також сприяє впровадженню інтелектуального виробництва, використанню сенсорів і IoT-технологій (Internet of Things) для моніторингу умов зберігання та транспортування харчової продукції. Загалом, інформаційні технології, включаючи IoT, відіграють важливу роль у вдосконаленні систем управління якістю харчової продукції, забезпечуючи ефективний контроль, аналіз і оптимізацію всіх аспектів виробництва та постачання харчової продукції.

Проведено аналіз програмних засобів, які використовуються при створенні інформаційно-інтелектуальних систем, ефективним рішенням щодо проектування таких систем обрано поєднання інформаційних та інтелектуальних технологій як потужного інструменту інтелектуального виробництва.

1. Використано метод контрольних карт Шухарта для моніторингу та оцінки якості харчової продукції за вхідними технологічними параметрами із нанесенням контрольних меж, що ставить акценти на виявленні змін та шляхів покращення процесу.

2. Розроблено та впроваджено нейро-нечітку мережу для прогнозування оцінки якості харчової продукції, на прикладі вершкового масла, за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB на основі адаптивної системи виводу ANFIS.

Результати моделювання свідчать, що коефіцієнт кореляції для розроблених нейро-нечітких мереж наближається до значення 1, що підтверджує високу точність відповідності розроблених ANFIS-мереж реальному технологічному процесу. Використання цієї технології дозволило досягти високого рівня точності та автоматизувати процеси аналізу та прогнозування, що сприяє покращенню загальної якості харчової продукції та ефективності виробничого процесу. Ефективність використання такої системи апробовано на Гайсинському молокозаводі в режимі реального часу та дозволило підвищити якість кінцевого продукту на 1,5%.

3. Вперше розроблено та впроваджено сценарно-цільовий підхід щодо моделювання структури інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції, що ґрунтується на методології формально-графічного опису із застосуванням графів та прографів. Побудовані графові та прографові моделі, які допомагають візуалізувати архітектуру та функціональність інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості продукції. Такий підхід в молочній промисловості взагалі не застосовувався.

4. Побудовані А-сценарій та С-сценарій для моделі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості виробництва харчової продукції (на прикладі виробництва масла), що на відміну від раніше запропонованих сценаріїв дозволить проаналізувати та оцінити інформаційні потоки між компонентами моделі та обрати оптимальну структуру для виконання поставлених завдань.

5. Сформовані потоки для запису даних процесу до хмарного застосунка Google Sheet у електронну книгу RPIData та Telegram-бот для отримання інформації щодо показників якості в режимі реального часу.

6. Розроблена інформаційна панель для моніторингу, оцінки та прогнозування якості харчової продукції в середовищі Node-RED якості з

відкритим кодом на основі JavaScript та Node.js у вигляді дашборду з візуалізацією основних параметрів контролю якості харчової продукції.

Практичне значення інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції полягає у наданні науково обґрунтованих пропозицій та розроблених інформаційно-інтелектуальних продуктів, які рекомендовані до використання у діяльності виробничого підприємства. Це сприяє підвищенню якості та ефективності виробничого процесу, зменшенню витрат та ризиків, а також забезпечує відповідність продукції сучасним стандартам та вимогам споживачів. Крім того, інформаційно-інтелектуальні продукти цієї системи можуть використовуватися для прийняття обґрунтованих рішень та для планування стратегічних напрямків розвитку підприємства.

Результати удосконалення інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції апробовані та впроваджені в діяльність наступних підприємств: ТОВ «Гайсинський молокозавод», ТОВ «ТІСЕР», ТОВ «Інженерний виробничо-технічний центр «Техно-Сервіс».

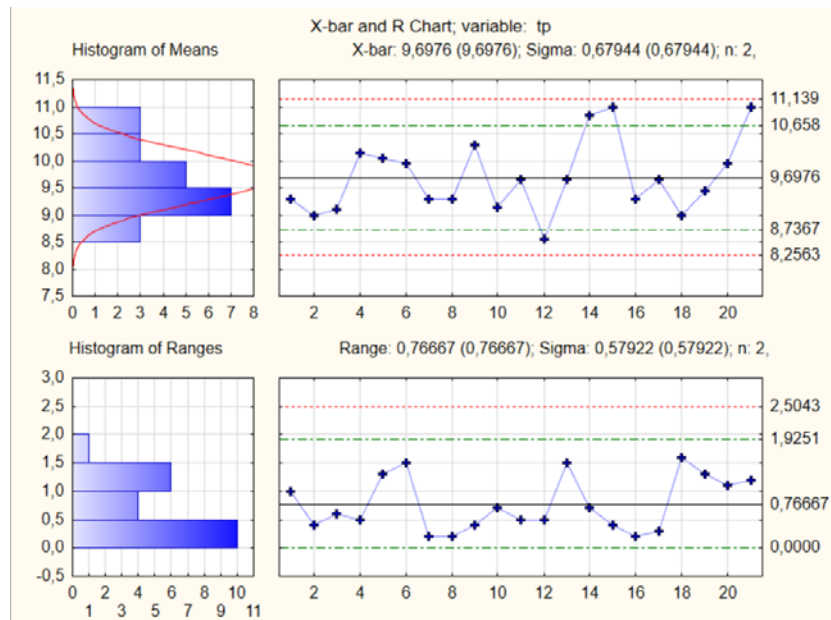
Таким чином, інтеграція інформаційних технологій, штучного інтелекту та комп'ютерних наук в подальших дослідженнях допоможе досягти високого рівня автоматизації, точності та якості виробництва харчової продукції.

Подальші дослідження передбачають розвиток та вдосконалення запропонованої в роботі інформаційно-інтелектуальної системи оцінки та прогнозування якості харчової продукції. В цьому контексті, планується розробка більш ефективних алгоритмів обробки даних та аналізу, спрямованих на підвищення точності та повноти оцінки якості харчової продукції.

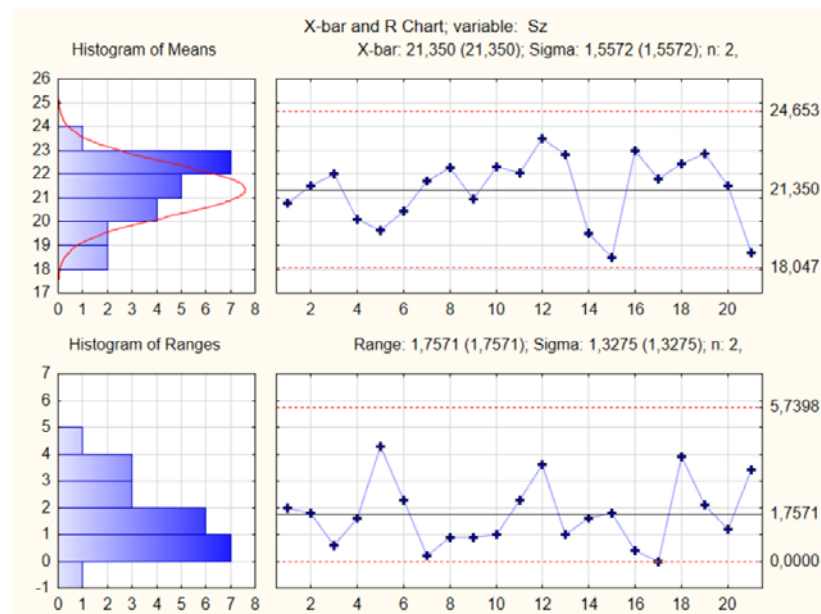
ДОДАТКИ

Додаток А

Контрольні карти технологічних параметрів для вмісту вологи 16 %

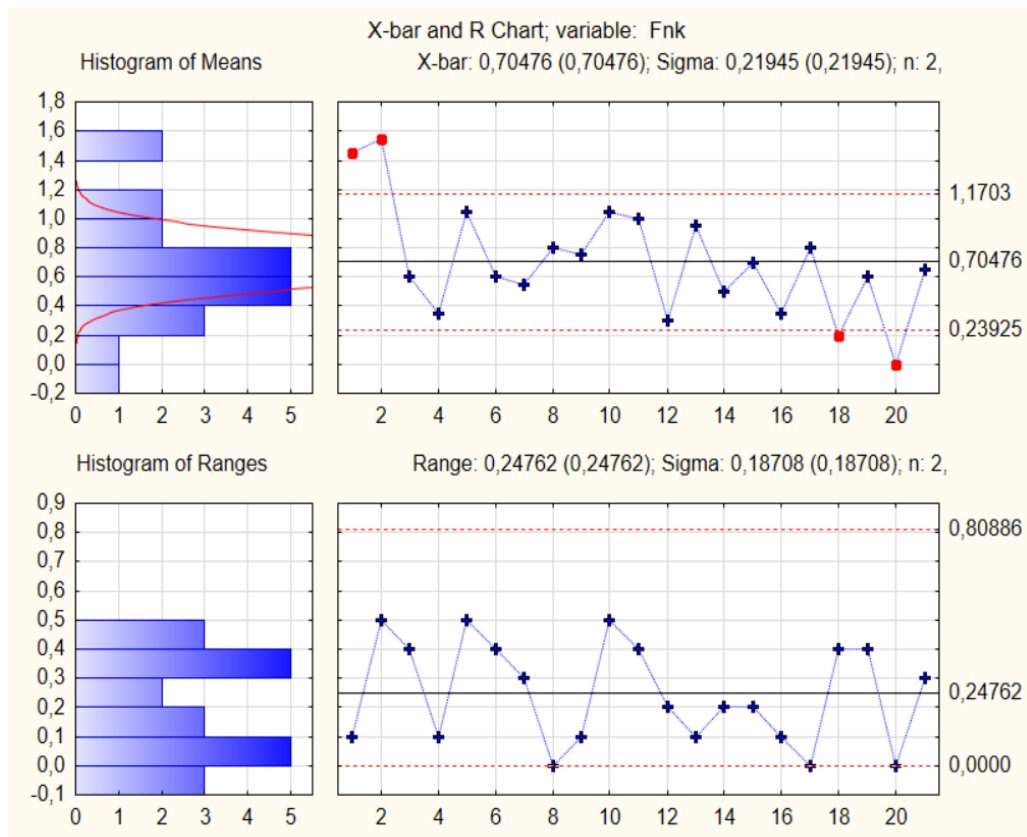


Контрольні карти Шухарта для змінної t_p початкової температури збивання вершків при вологості 16 %



Контрольні карти Шухарта для змінної S_z частоти обертів мішалки збивального пристрою при вологості 16 %

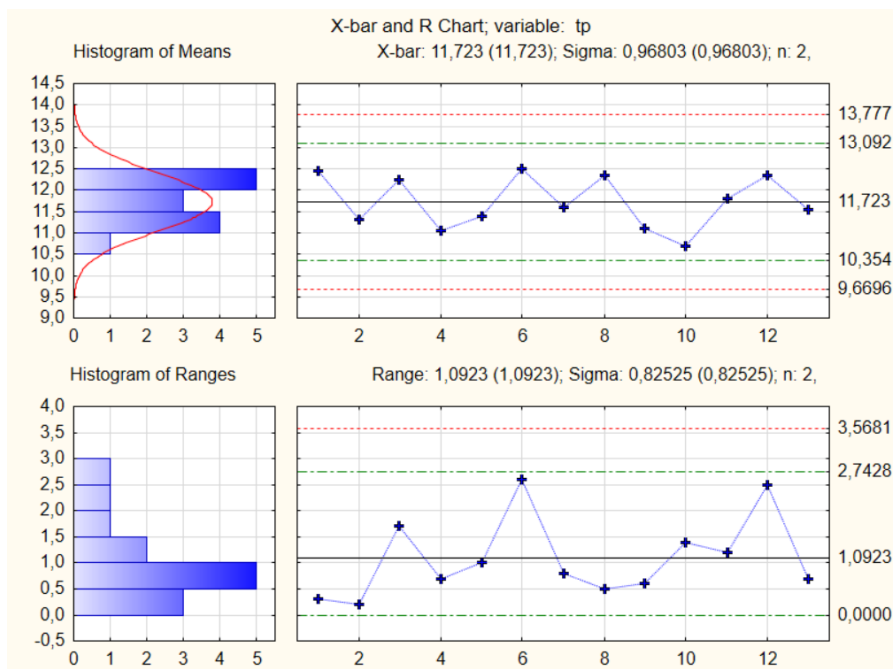
Продовження Додатка А



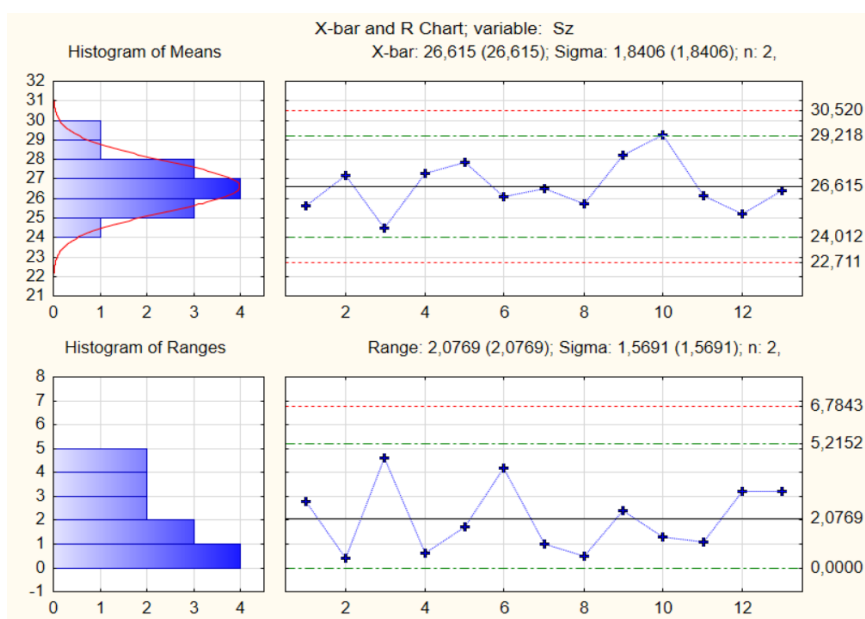
Контрольні карти Шухарта для змінної F_{nk} витрати нормалізуючого компонента при вологості 16 %

Додаток Б

Контрольні карти технологічних параметрів для вмісту вологи 25 %

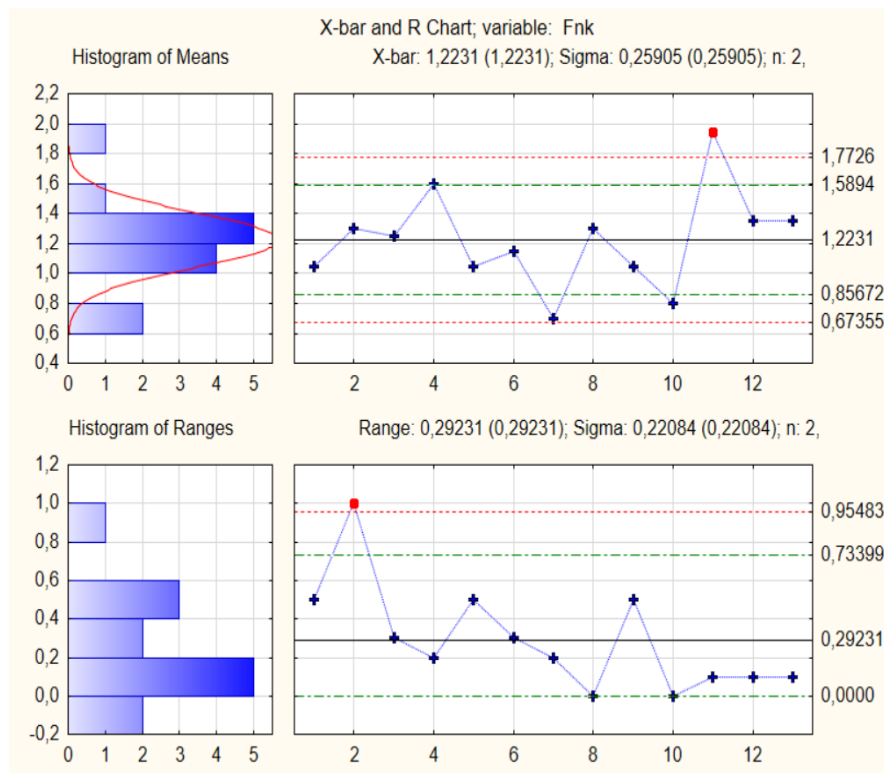


Контрольні карти Шварта для змінної t_p початкової температури збивання вершків при вологості 25 %



Контрольні карти Шухарта для змінної S_z частоти обертів мішалки збивального пристрою при вологості 25 %

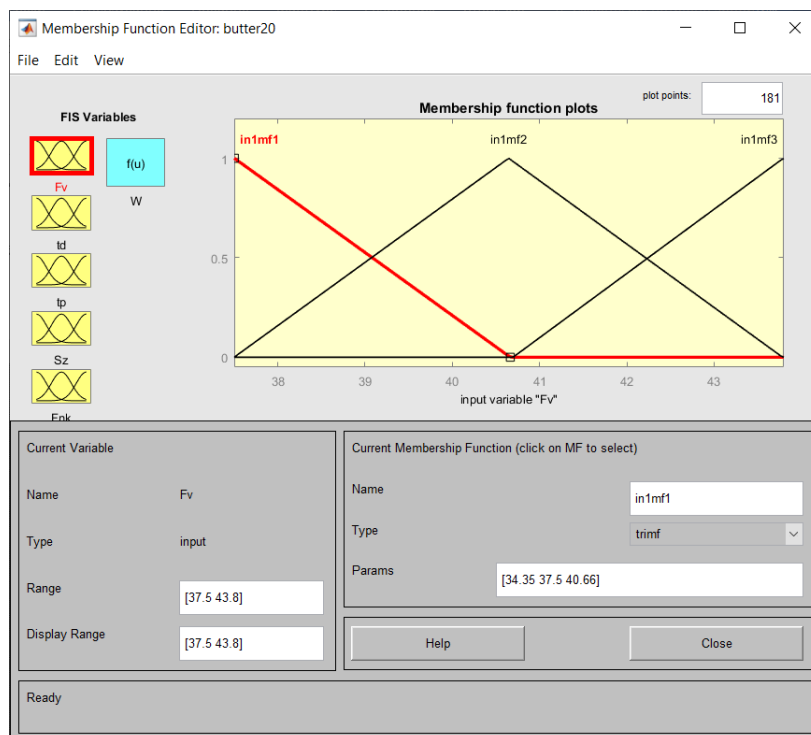
Продовження Додатка Б



Контрольні карти Шухарта для змінної F_{nk} витрати нормалізуючого компонента при вологості 25 %

Додаток В

ANFIS-мережа із вмістом вологи 20 %

Функції належності для змінної F_v жирності вершківФункції належності для змінної t_d температура дозрівання вершків

Продовження Додатка В

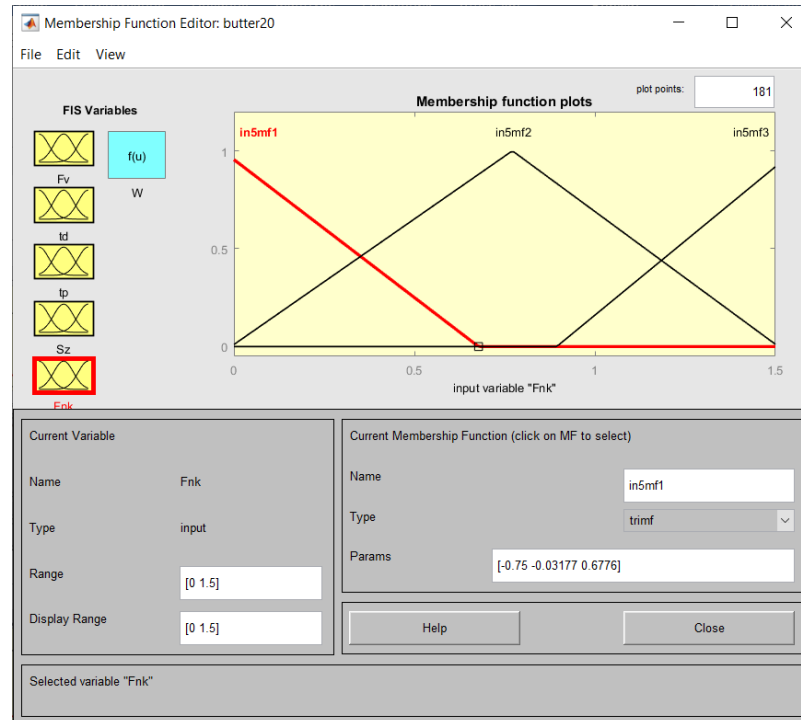


Функції належності для змінної t_p початкова температура збивання вершків

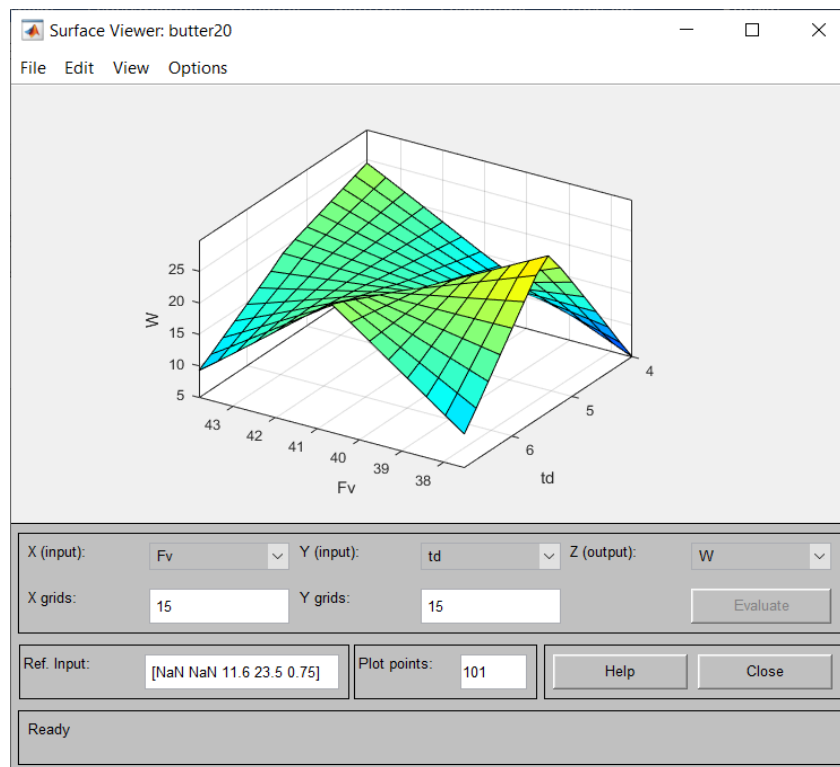


Функції належності для змінної S_z частота обертів мішалки збивального пристрою

Продовження Додатка В

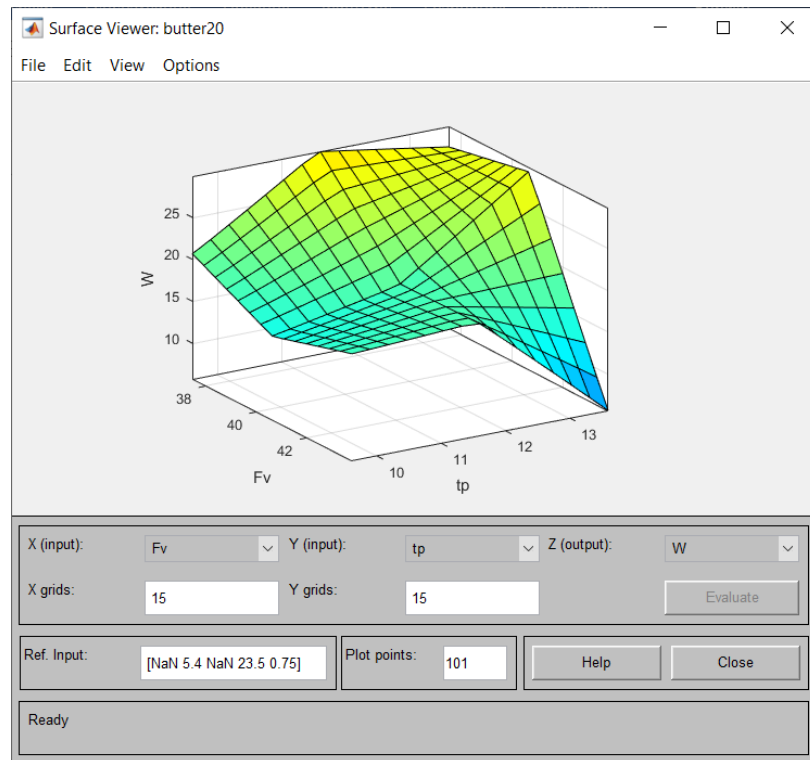


Функції належності для змінної F_{nk} витрата нормалізуючого компонента

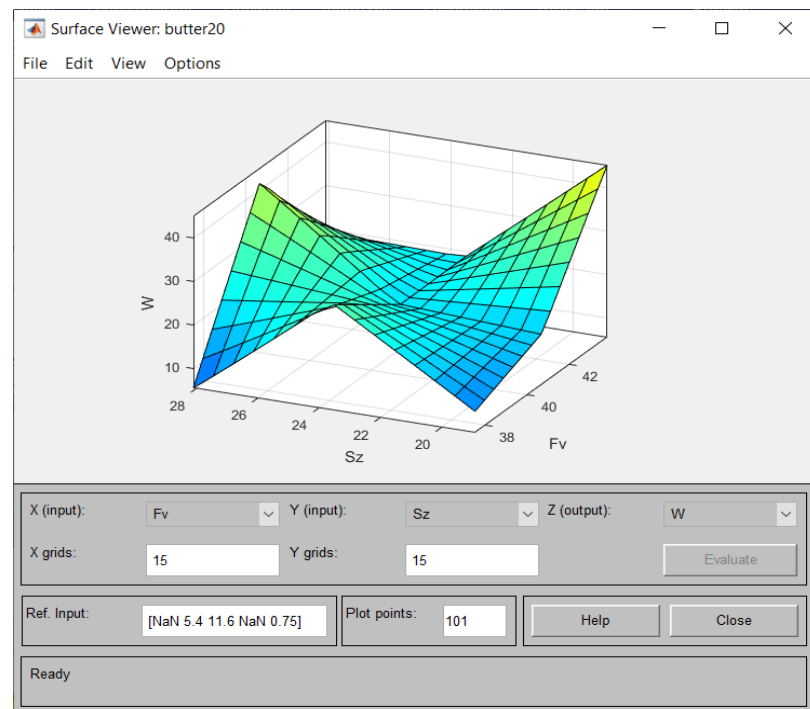


Графік залежності зміни вмісту вологи у маслі від жирності вершків та температури дозрівання

Продовження Додатка В

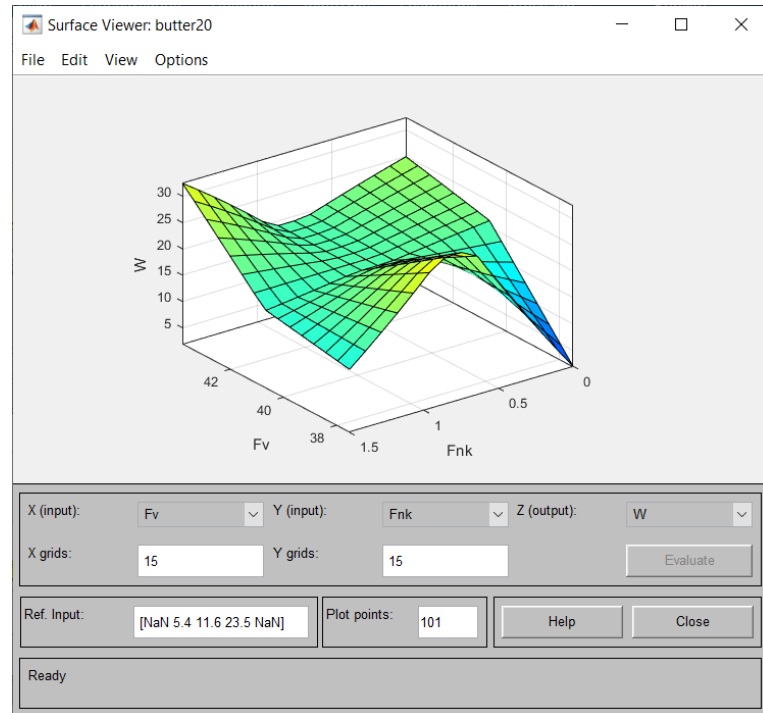


Графік залежності зміни вмісту вологи у маслі від жирності вершків та початкової температури збивання

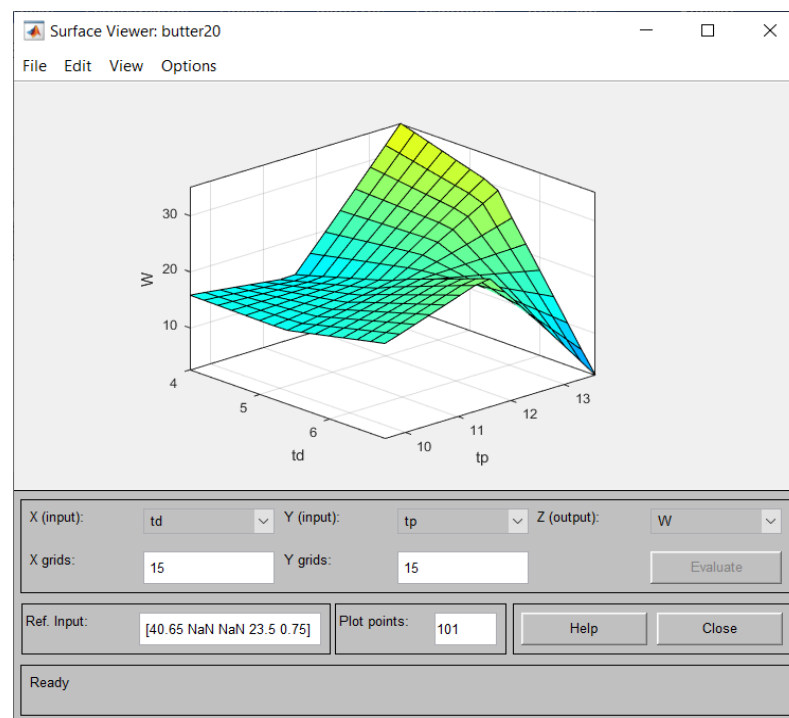


Графік залежності зміни вмісту вологи у маслі від жирності вершків та частоти обертів збивального пристрою

Продовження Додатка В

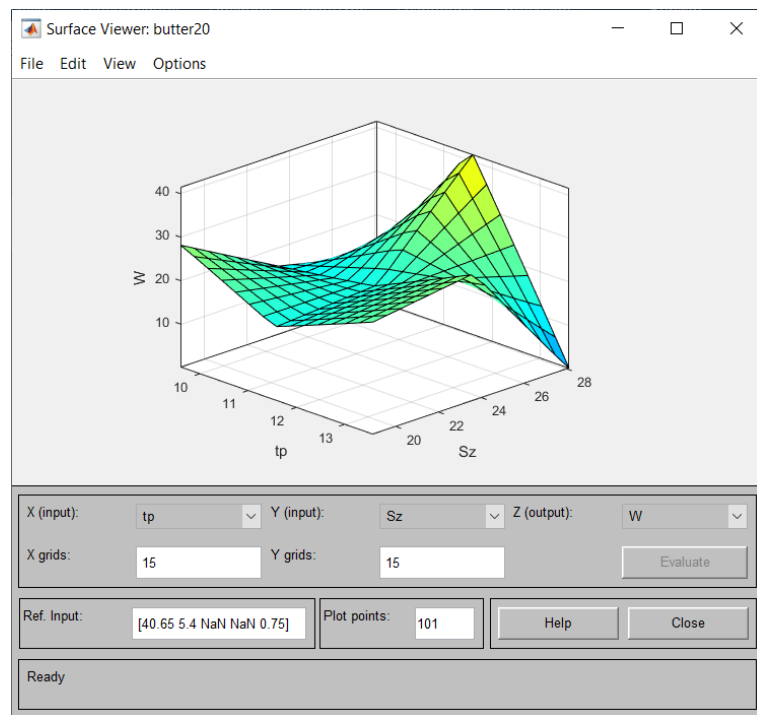


Графік залежності зміни вмісту води у маслі від жирності вершків та витрати нормуючого компонента

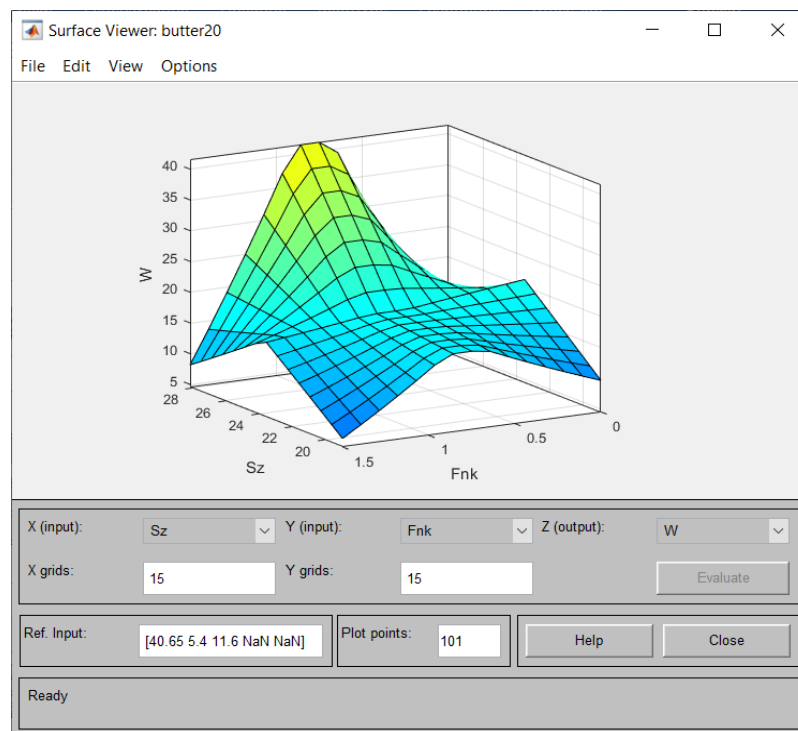


Графік залежності зміни вмісту води у маслі від температури дозрівання та початкової температури збивання

Продовження Додатка В



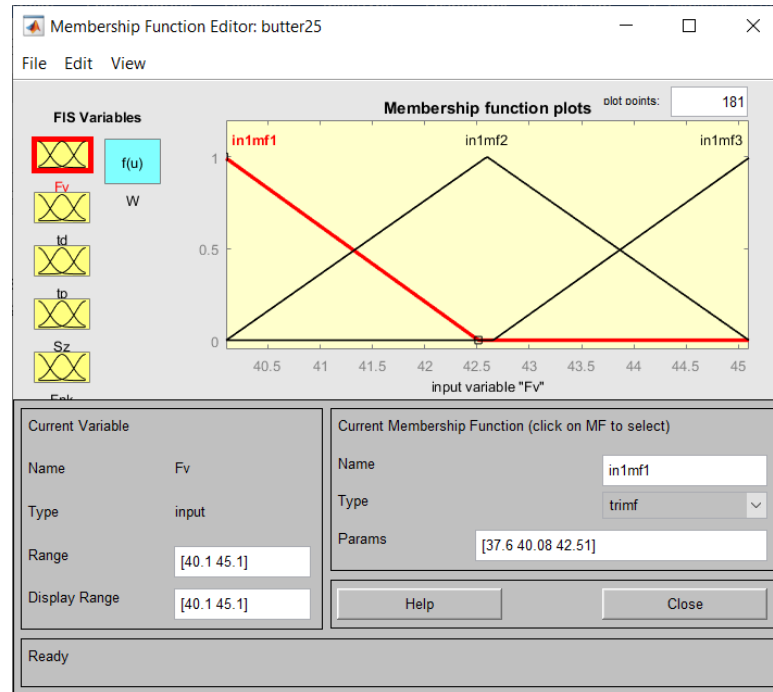
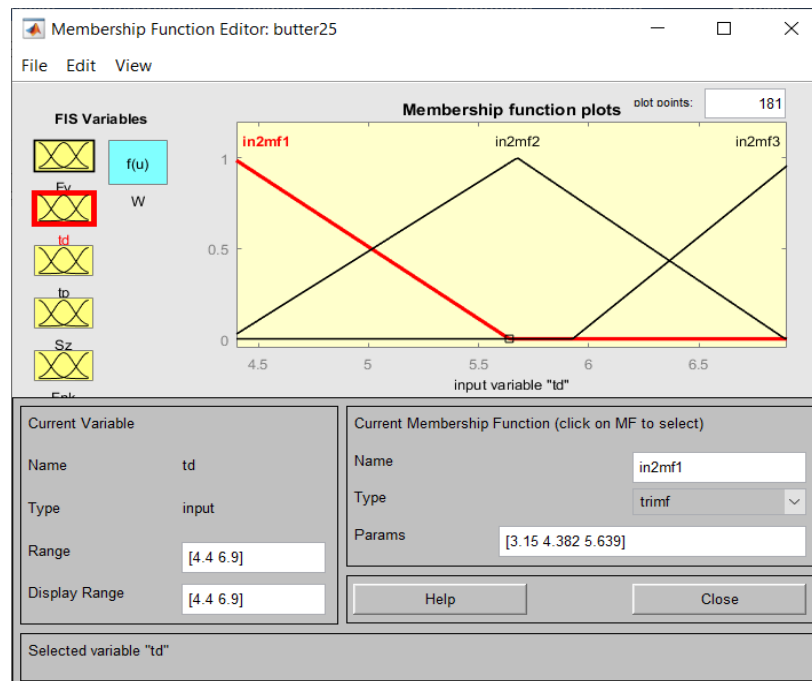
Графік залежності зміни вмісту вологи у маслі від початкової температури збивання та частоти обертів збивального пристрою



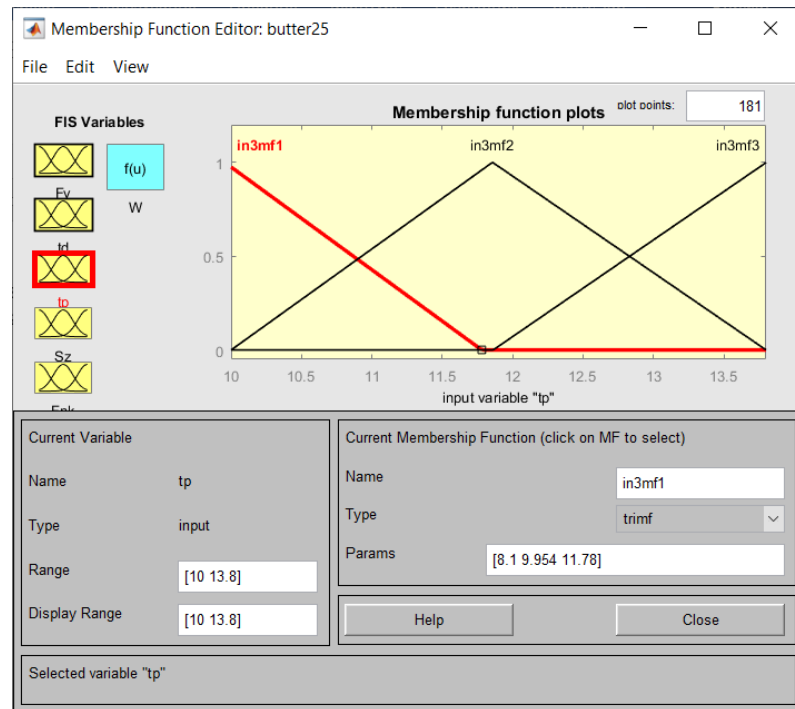
Графік залежності зміни вмісту вологи у маслі від частоти обертів збивального пристрою та витрати нормуючого компонента

Додаток Г

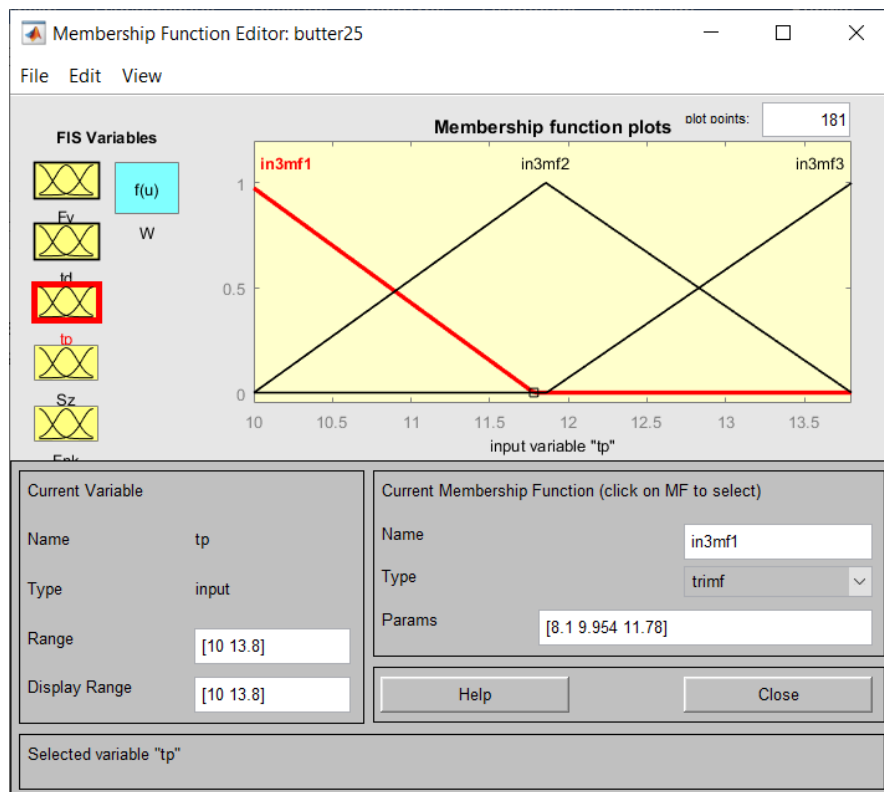
ANFIS-мережа із вмістом вологи 25 %

Функції належності для змінної F_v жирності вершківФункції належності для змінної t_d температура дозрівання вершків

Продовження Додатка Г

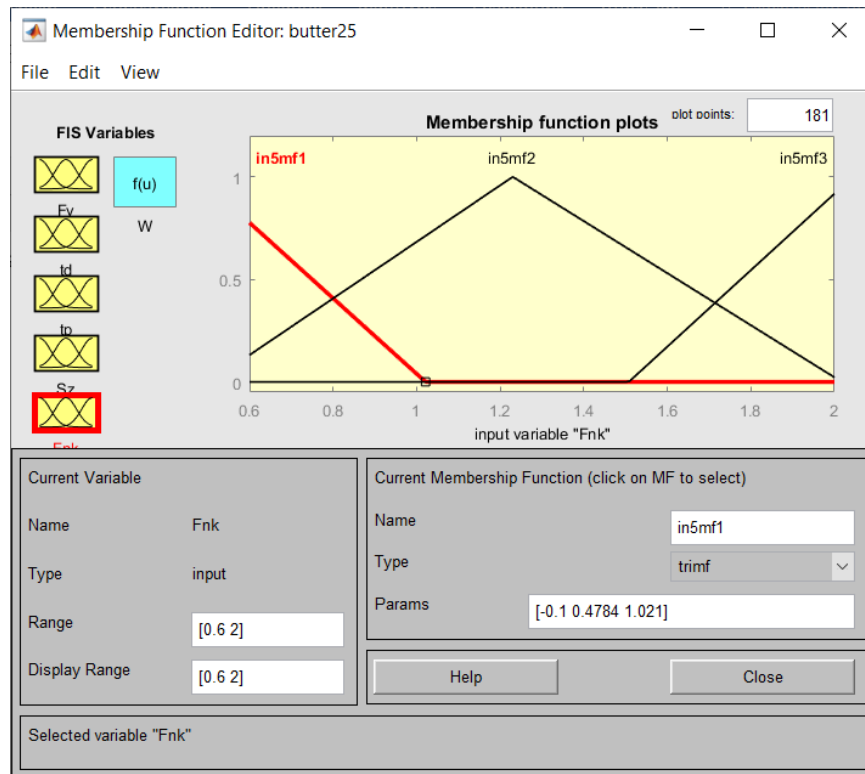


Функції належності для змінної t_p початкова температура збивання вершків

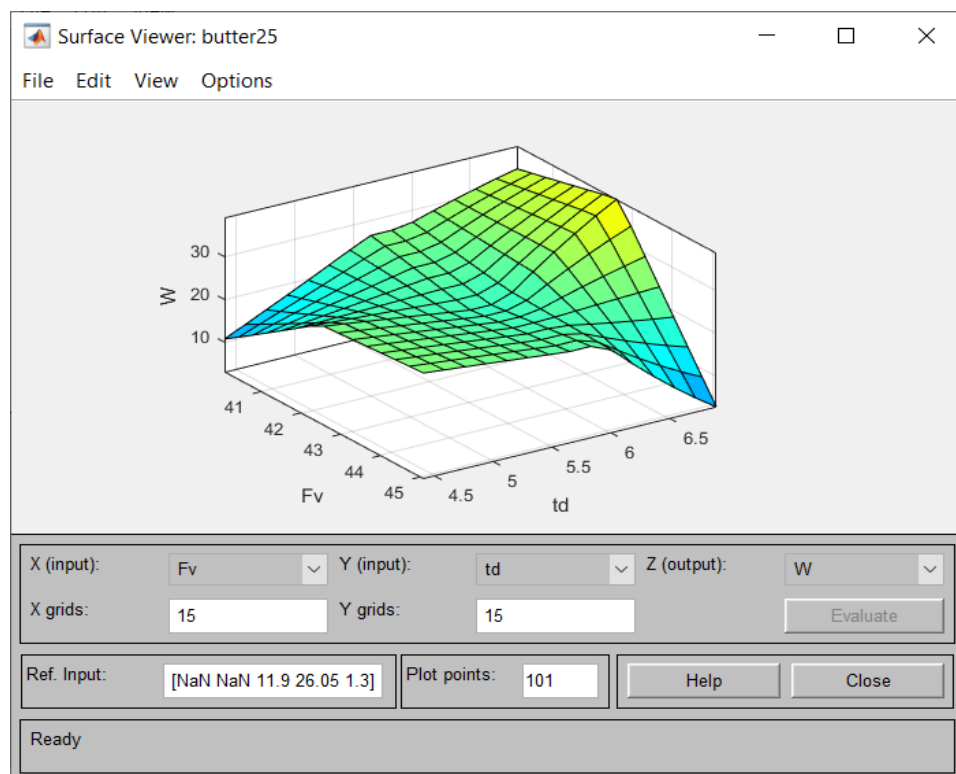


Функції належності для змінної S_z частота обертів мішалки збивального пристрою

Продовження Додатка Г

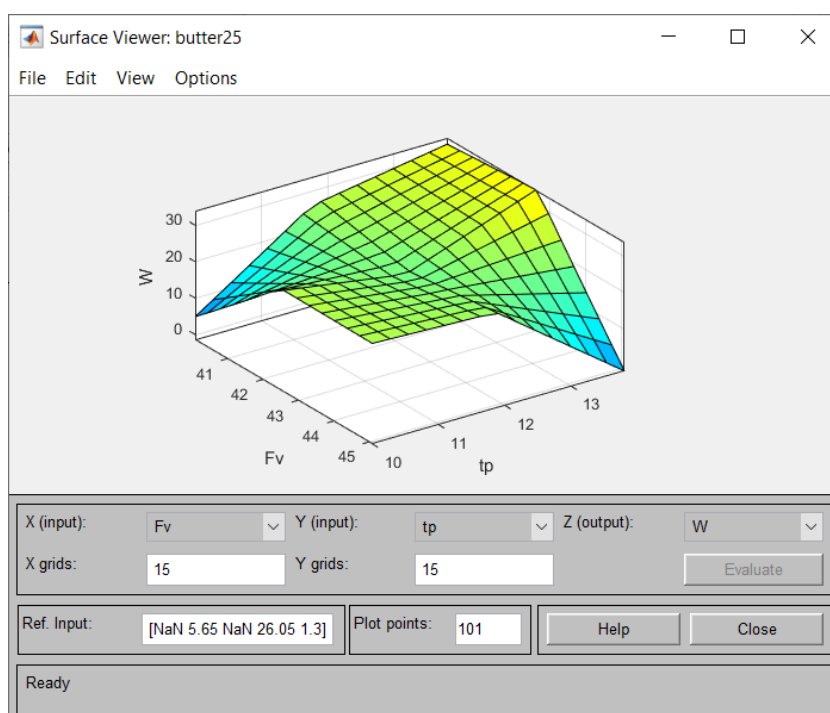


Функції належності для змінної F_{nk} витрата нормалізуючого компонента

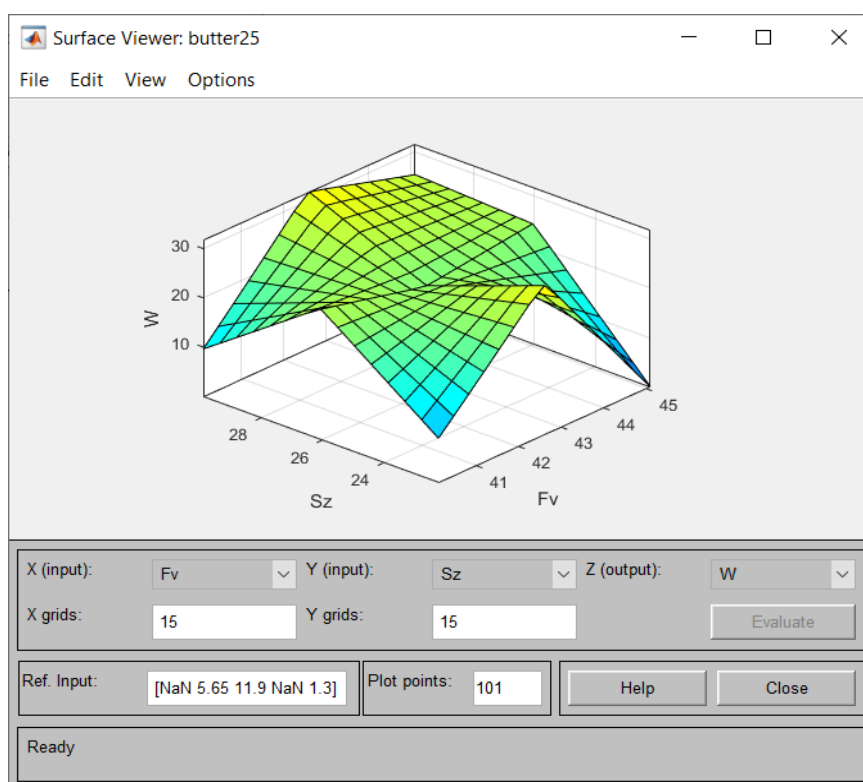


Графік залежності зміни вмісту води у маслі від жирності вершків та температури дозрівання

Продовження Додатка Г

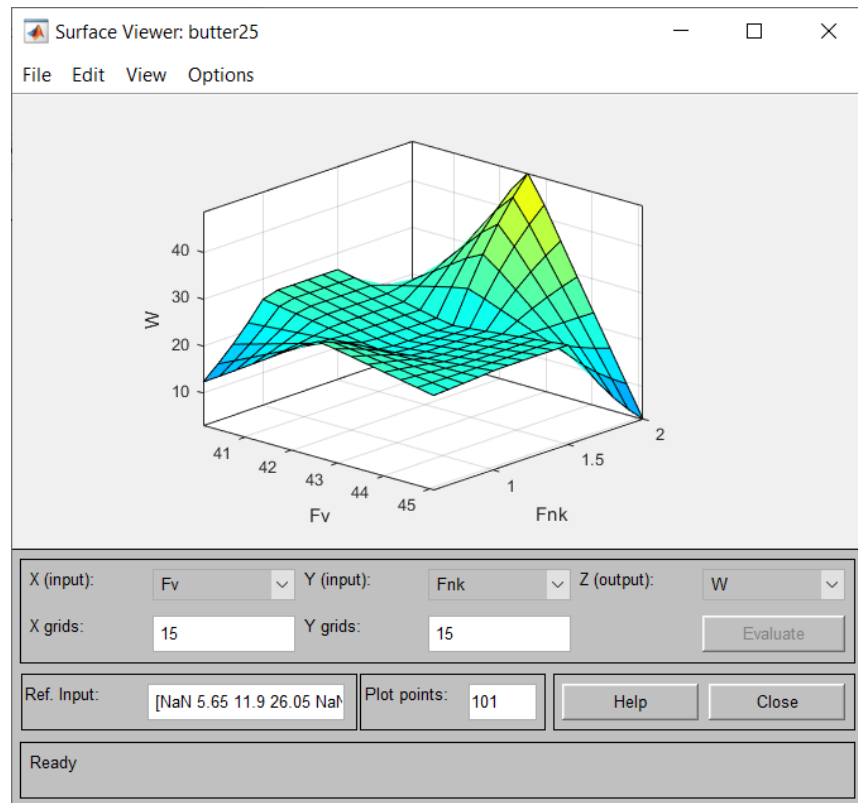


Графік залежності зміни вмісту води у маслі від жирності вершків та початкової температури збивання

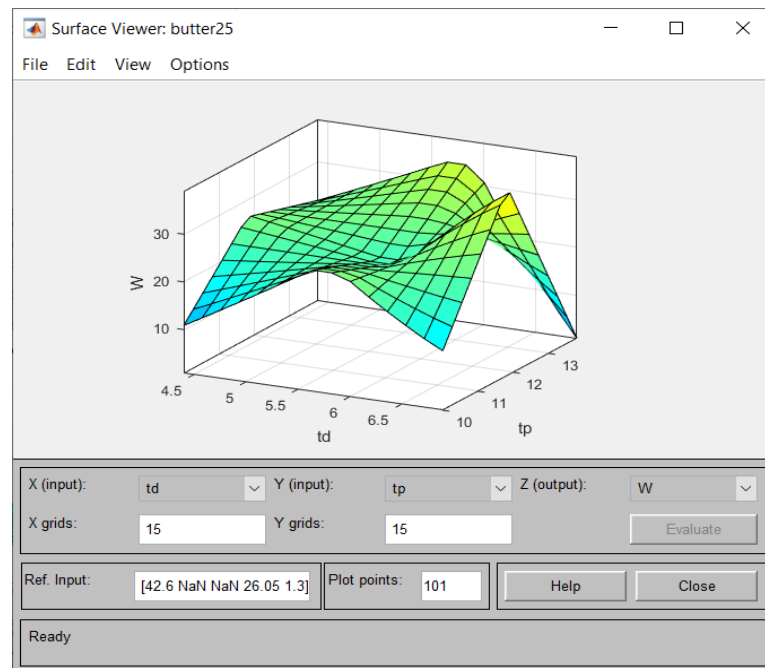


Графік залежності зміни вмісту води у маслі від жирності вершків та частоти обертів збивального пристрою

Продовження Додатка Г

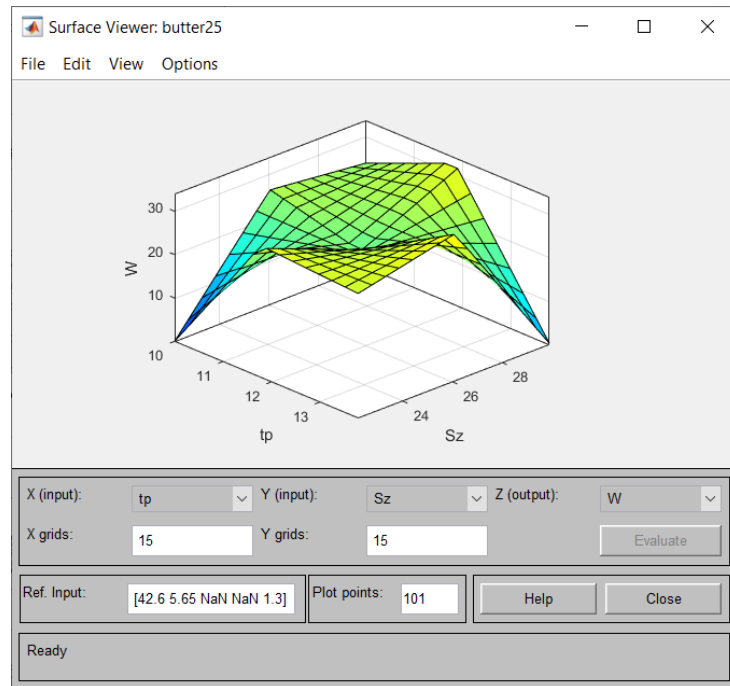


Графік залежності зміни вмісту води у маслі від жирності вершків та витрати нормуючого компонента

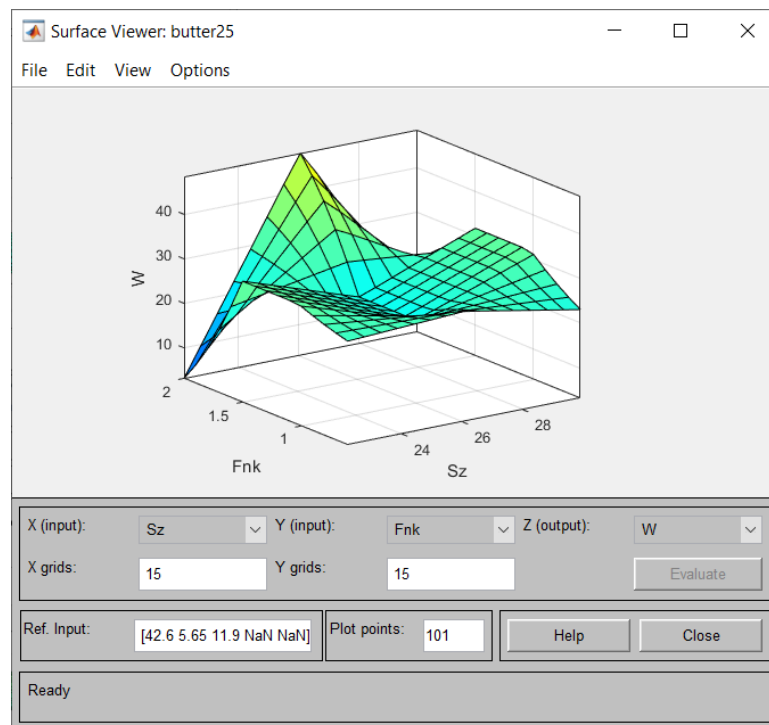


Графік залежності зміни вмісту води у маслі від температури дозрівання та початкової температури збивання

Продовження Додатка Г



Графік залежності зміни вмісту води у маслі від початкової температури збивання та частоти обертів збивального пристрою



Графік залежності зміни вмісту води у маслі від частоти обертів збивального пристрою та витрати нормуючого компонента

Додаток Д

Програмний код на мові JSON підключення до мережі Modbus TCP/IP та з'єднання із хмарним середовищем Google Sheet

```
[
  {
    "id": "dfd175e1a884e5eb",
    "type": "tab",
    "label": "Butter Read Registers",
    "disabled": false,
    "info": "",
    "env": []
  },
  {
    "id": "e8535761f0a1f6fa",
    "type": "modbus-response",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "registerShowMax": 20,
    "x": 350,
    "y": 120,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "e836150505d2f0b9",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Function Float",
    "func": "let pay = msg.payload;\n\nconst buf = Buffer.allocUnsafe(4);\nbuf.writeUInt16BE(pay[0],\n2);\nbuf.writeUInt16BE(pay[1], 0);\n\nmsg.payload = buf.readFloatBE(0).toFixed(1);\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 340,
    "y": 60,
    "wires": [
      [
        "a17ae3c112d53a93",
        "b3748d8ee95ce486",
        "9a51a792436e9b03",
        "1aceac13ffd2140e"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "6c8a75715877a271",
    "type": "modbustcp-read",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "topic": ""
  }
]
```

```

    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "0",
    "quantity": "2",
    "rate": "10",
    "rateUnit": "s",
    "server": "a1af16481b727939",
    "ieeeType": "off",
    "ieeeBE": true,
    "x": 110,
    "y": 80,
    "wires": [
      [
        "e836150505d2f0b9",
        "e8535761f0a1f6fa"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "a17ae3c112d53a93",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Fv",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "payload",
    "targetType": "msg",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 550,
    "y": 20,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "ebb1ad7d34e60ce3",
    "type": "modbustcp-read",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "topic": "",
    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "2",
    "quantity": "2",
    "rate": "10",
    "rateUnit": "s",
    "server": "a1af16481b727939",
    "ieeeType": "off",
    "ieeeBE": true,
    "x": 110,
    "y": 240,
    "wires": [
      [
        "74d09f439c541a6d",
        "98a35ab8575ce43f"
      ]
    ]
  }
],
{
  "id": "74d09f439c541a6d",

```

```

    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Function Float",
    "func": "let pay = msg.payload;\n\nconst buf = Buffer.allocUnsafe(4);\nbuf.writeUInt16BE(pay[0],\n2);\nbuf.writeUInt16BE(pay[1], 0);\n\nmsg.payload = buf.readFloatBE(0).toFixed(1);\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 360,
    "y": 240,
    "wires": [
      [
        "e20ae0cb0fb34d52",
        "158d9cc2d5f6e603",
        "8677c86336b4de6e",
        "58bed8c40ebece4e"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "e20ae0cb0fb34d52",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "td",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "payload",
    "targetType": "msg",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 550,
    "y": 200,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "98a35ab8575ce43f",
    "type": "modbus-response",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "registerShowMax": 20,
    "x": 350,
    "y": 300,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "7bce35057601db33",
    "type": "modbustcp-read",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "topic": "",
    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "4",
    "quantity": "2",
    "rate": "10",
    "rateUnit": "s",

```

```

    "server": "a1af16481b727939",
    "ieeeType": "off",
    "ieeeBE": true,
    "x": 110,
    "y": 420,
    "wires": [
      [
        "aa118ab28e21ebbd",
        "c4595b99f9f00c2c"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "aa118ab28e21ebbd",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Function Float",
    "func": "let pay = msg.payload;\n\nconst buf = Buffer.allocUnsafe(4);\nbuf.writeUInt16BE(pay[0],\n2);\nbuf.writeUInt16BE(pay[1], 0);\n\nmsg.payload = buf.readFloatBE(0).toFixed(1);\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 360,
    "y": 420,
    "wires": [
      [
        "4c7d7520d983dcb6",
        "65fb3126305e01b5",
        "d2c386bb68baa846",
        "c046509ac43024dc",
        "a5b01d067e93fb9e"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "4c7d7520d983dcb6",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "tp",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "payload",
    "targetType": "msg",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 550,
    "y": 360,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "c4595b99f9f00c2c",
    "type": "modbus-response",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "registerShowMax": 20,

```

```

    "x": 350,
    "y": 480,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "3c565163a5564b9b",
    "type": "modbustcp-read",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "topic": "",
    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "6",
    "quantity": "2",
    "rate": "10",
    "rateUnit": "s",
    "server": "a1af16481b727939",
    "ieeeType": "off",
    "ieeeBE": true,
    "x": 90,
    "y": 640,
    "wires": [
      [
        "103ac6a4e8894548",
        "1c522b9a120e37a8"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "103ac6a4e8894548",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Function Float",
    "func": "let pay = msg.payload;\n\nconst buf = Buffer.allocUnsafe(4);\nbuf.writeUInt16BE(pay[0],\n2);\nbuf.writeUInt16BE(pay[1], 0);\n\nmsg.payload = buf.readFloatBE(0).toFixed(1);\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 340,
    "y": 640,
    "wires": [
      [
        "041405faa15d844f",
        "ce695c41a2d4ca36",
        "584141a5e9db87e6",
        "ac11b4f585c0169a",
        "812fd5303ea97dd8"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "041405faa15d844f",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Sz",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,

```

```

    "tostatus": false,
    "complete": "payload",
    "targetType": "msg",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 570,
    "y": 600,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "1c522b9a120e37a8",
    "type": "modbus-response",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "registerShowMax": 20,
    "x": 330,
    "y": 700,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "5ad4ce95776879e5",
    "type": "modbustcp-read",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "topic": "",
    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "8",
    "quantity": "2",
    "rate": "10",
    "rateUnit": "s",
    "server": "a1af16481b727939",
    "ieeeType": "off",
    "ieeeBE": true,
    "x": 110,
    "y": 840,
    "wires": [
      [
        "b5f8e238fa601fcf",
        "620a4828b38ac41d"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "b5f8e238fa601fcf",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Function Float",
    "func": "let pay = msg.payload;\n\nconst buf = Buffer.allocUnsafe(4);\nbuf.writeUInt16BE(pay[0],\n2);\nbuf.writeUInt16BE(pay[1], 0);\n\nmsg.payload = buf.readFloatBE(0).toFixed(1);\n\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 340,
    "y": 840,
    "wires": [
      [
        "e856ac2b97a4b5df",

```



```

        "942f2eb84ffac244",
        "8253601eef365e30",
        "ac6f5c22d766b7f7",
        "a845d766b0ee7553",
        "e6bb6ea925e8be80"
    ]
}
]
},
{
    "id": "e856ac2b97a4b5df",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Fnk",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "payload",
    "targetType": "msg",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 570,
    "y": 800,
    "wires": []
},
{
    "id": "620a4828b38ac41d",
    "type": "modbus-response",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "registerShowMax": 20,
    "x": 330,
    "y": 900,
    "wires": []
},
{
    "id": "b3748d8ee95ce486",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "update",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sheet1!A2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 570,
    "y": 100,
    "wires": [
        []
    ]
},
{
    "id": "158d9cc2d5f6e603",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "update",
    "action": "",

```

```

    "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sheet1!B2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 570,
    "y": 240,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "65fb3126305e01b5",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "update",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sheet1!C2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 590,
    "y": 480,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "ce695c41a2d4ca36",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "update",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sheet1!D2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 570,
    "y": 680,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "942f2eb84ffac244",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "update",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sheet1!E2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 590,
    "y": 880,
    "wires": [
      []
    ]
  }
}

```

```

    ]
  },
  {
    "id": "ea853ae011862dc7",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "update",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMwThkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sheet3!A2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 510,
    "y": 1040,
    "wires": [
      [
        "d893b1d917e2cd82"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "d893b1d917e2cd82",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Time",
    "active": false,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "payload",
    "targetType": "msg",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 690,
    "y": 1040,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "78e0e4177650b487",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Time",
    "func": "var date1 = new Date(msg.payload);\nmsg.payload = date1.toLocaleString();\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 310,
    "y": 1040,
    "wires": [
      [
        "ea853ae011862dc7",
        "0d1aaa7b56acb76f",
        "cb35dd3ac40cc60d"
      ]
    ]
  }
],
},

```

```

{
  "id": "0e0efd5a0d6d02f4",
  "type": "inject",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "",
  "props": [
    {
      "p": "payload"
    },
    {
      "p": "topic",
      "vt": "str"
    }
  ],
  "repeat": "10",
  "crontab": "",
  "once": false,
  "onceDelay": 0.1,
  "topic": "",
  "payload": "",
  "payloadType": "date",
  "x": 130,
  "y": 1040,
  "wires": [
    [
      "78e0e4177650b487"
    ]
  ]
},
{
  "id": "1aceac13ffd2140e",
  "type": "GSheet",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "creds": "351eb83acc7c5bcb",
  "method": "append",
  "action": "",
  "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
  "cells": "Fv!A2",
  "flatten": false,
  "name": "",
  "x": 570,
  "y": 140,
  "wires": [
    []
  ]
},
{
  "id": "58bed8c40ebece4e",
  "type": "GSheet",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "creds": "351eb83acc7c5bcb",
  "method": "append",
  "action": "",
  "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
  "cells": "td!A2",
  "flatten": false,
  "name": "",
  "x": 570,
  "y": 320,

```

```

    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "a5b01d067e93fb9e",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "append",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMwIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "tp!A2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 590,
    "y": 520,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "aacac39e5b6aa11a",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "append",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMwIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sz!A2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 570,
    "y": 720,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "ec9ebb7c133a6259",
    "type": "GSheet",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "append",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMwIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Fnk!A2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 590,
    "y": 920,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "0d1aaa7b56acb76f",
    "type": "ui_text",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",

```

```

    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 1,
    "width": 5,
    "height": 2,
    "name": "",
    "label": "",
    "format": "{{msg.payload}}",
    "layout": "row-center",
    "className": "",
    "x": 510,
    "y": 1100,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "8677c86336b4de6e",
    "type": "ui_gauge",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "group": "50129d4e51b57635",
    "order": 1,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "gtype": "gage",
    "title": "td",
    "label": "C",
    "format": "{{value}}",
    "min": 0,
    "max": 10,
    "colors": [
      "#00b500",
      "#00b500",
      "#00b500"
    ],
    "seg1": "",
    "seg2": "",
    "className": "",
    "x": 550,
    "y": 280,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "d2c386bb68baa846",
    "type": "ui_gauge",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "group": "6c2dade0737c94a0",
    "order": 1,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "gtype": "gage",
    "title": "tp",
    "label": "C",
    "format": "{{value}}",
    "min": 0,
    "max": "20",
    "colors": [
      "#3434e6",
      "#3434e6",
      "#3434e6"
    ]
  }

```

```

    ],
    "seg1": "",
    "seg2": "",
    "className": "",
    "x": 550,
    "y": 440,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "584141a5e9db87e6",
    "type": "ui_gauge",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "group": "ad3e1f299dbd1225",
    "order": 1,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "gtype": "gage",
    "title": "Sz",
    "label": "r/min",
    "format": "{{value}}",
    "min": 0,
    "max": "30",
    "colors": [
      "#f02424",
      "#f02424",
      "#f02424"
    ],
    "seg1": "",
    "seg2": "",
    "className": "",
    "x": 610,
    "y": 760,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "a845d766b0ee7553",
    "type": "ui_gauge",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "group": "94879de26c6dcb14",
    "order": 1,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "gtype": "gage",
    "title": "Fnk",
    "label": "%",
    "format": "{{value}}",
    "min": 0,
    "max": "5",
    "colors": [
      "#f024a5",
      "#f0249b",
      "#f0249b"
    ],
    "seg1": "",
    "seg2": "",
    "className": "",
    "x": 590,

```

```

    "y": 840,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "742678ebc0a49ba5",
    "type": "ui_chart",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 9,
    "width": 18,
    "height": 5,
    "label": "Supply temperature",
    "chartType": "line",
    "legend": "true",
    "xformat": "HH:mm:ss",
    "interpolate": "linear",
    "nodata": "",
    "dot": false,
    "ymin": "",
    "ymax": "",
    "removeOlder": "4",
    "removeOlderPoints": "",
    "removeOlderUnit": "3600",
    "cutout": 0,
    "useOneColor": false,
    "useUTC": false,
    "colors": [
      "#1f77b4",
      "#d62728",
      "#ff7f0e",
      "#1d9f1d",
      "#98df8a",
      "#d62728",
      "#ff9896",
      "#9467bd",
      "#c5b0d5"
    ],
    "outputs": 1,
    "useDifferentColor": false,
    "className": "",
    "x": 1410,
    "y": 120,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "e8d084e28defaf79",
    "type": "ui_chart",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Sz",
    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 8,
    "width": 18,
    "height": 6,
    "label": "Frequency",
    "chartType": "line",
    "legend": "true",

```



```

    "xformat": "HH:mm:ss",
    "interpolate": "linear",
    "nodata": "",
    "dot": false,
    "ymin": "",
    "ymax": "",
    "removeOlder": "4",
    "removeOlderPoints": "",
    "removeOlderUnit": "3600",
    "cutout": 0,
    "useOneColor": false,
    "useUTC": false,
    "colors": [
      "#1f77b4",
      "#d62728",
      "#ff7f0e",
      "#2ca02c",
      "#98df8a",
      "#d62728",
      "#ff9896",
      "#9467bd",
      "#c5b0d5"
    ],
    "outputs": 1,
    "useDifferentColor": false,
    "className": "",
    "x": 890,
    "y": 620,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "c67981f1e2bf3124",
    "type": "ui_chart",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 10,
    "width": 18,
    "height": 6,
    "label": "Normalizing component ",
    "chartType": "line",
    "legend": "true",
    "xformat": "HH:mm:ss",
    "interpolate": "linear",
    "nodata": "",
    "dot": false,
    "ymin": "0",
    "ymax": "3",
    "removeOlder": "4",
    "removeOlderPoints": "",
    "removeOlderUnit": "3600",
    "cutout": 0,
    "useOneColor": false,
    "useUTC": false,
    "colors": [
      "#1f77b4",
      "#d62728",

```

```

        "#ff7f0e",
        "#2ca02c",
        "#98df8a",
        "#d62728",
        "#ff9896",
        "#9467bd",
        "#c5b0d5"
    ],
    "outputs": 1,
    "useDifferentColor": false,
    "className": "",
    "x": 1050,
    "y": 1100,
    "wires": [
        []
    ]
    },
    {
        "id": "cb35dd3ac40cc60d",
        "type": "ui_text",
        "z": "dfd175e1a884e5eb",
        "group": "744ee07a6b336556",
        "order": 1,
        "width": 0,
        "height": 0,
        "name": "",
        "label": "",
        "format": "{{msg.payload}}",
        "layout": "row-spread",
        "className": "",
        "x": 510,
        "y": 1160,
        "wires": []
    },
    {
        "id": "9a51a792436e9b03",
        "type": "ui_gauge",
        "z": "dfd175e1a884e5eb",
        "name": "",
        "group": "9aea76ee5afeccad",
        "order": 1,
        "width": 0,
        "height": 0,
        "gtype": "gage",
        "title": "Fv",
        "label": "%",
        "format": "{{value}}",
        "min": 0,
        "max": "60",
        "colors": [
            "#e6e600",
            "#e6e600",
            "#e6e600"
        ],
        "seg1": "",
        "seg2": "",
        "className": "",
        "x": 550,
        "y": 60,
    }

```

```

    "wires": []
  },
  {
    "id": "51b5dcf967b24191",
    "type": "ui_text_input",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "label": "Уставка ",
    "tooltip": "",
    "group": "ad3e1f299dbd1225",
    "order": 4,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "passthru": true,
    "mode": "number",
    "delay": 300,
    "topic": "topic",
    "sendOnBlur": true,
    "className": "",
    "topicType": "msg",
    "x": 120,
    "y": 1260,
    "wires": [
      [
        "9a79c8e95f7d92d0"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "251cefdcb8a74b1f",
    "type": "modbus tcp-write",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "write Sz",
    "topic": "",
    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "21",
    "server": "a1af16481b727939",
    "x": 720,
    "y": 1220,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "b404762ee0765486",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "debug 6",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "false",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 720,
    "y": 1280,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "9a79c8e95f7d92d0",

```

```

    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Float to Buffer",
    "func": "var payload = msg.payload;\nvar buf = Buffer.alloc(4);\nbuf.writeFloatBE(payload).toFixed(1);\nmsg.payload = buf;\nreturn msg;";
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 320,
    "y": 1260,
    "wires": [
      [
        "f7e0b1c8c16ca4c0"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "f7e0b1c8c16ca4c0",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Buffer to float",
    "func": "const buf = msg.payload;\nconst value = buf.readUInt16BE(0);\nmsg.payload = value; \nreturn msg;";
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 530,
    "y": 1260,
    "wires": [
      [
        "b404762ee0765486",
        "251cefdcb8a74b1f"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "0712b937fc57c59e",
    "type": "ui_text_input",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "label": "Уставка",
    "tooltip": "",
    "group": "50129d4e51b57635",
    "order": 2,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "passthru": true,
    "mode": "number",
    "delay": 300,
    "topic": "topic",
    "sendOnBlur": true,
    "className": "",
    "topicType": "msg",
    "x": 120,
    "y": 1360,

```

```

    "wires": [
      [
        "e67e7839e9186549"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "2bb0bc0e2afb5127",
    "type": "modbus tcp-write",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "write td",
    "topic": "",
    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "23",
    "server": "a1af16481b727939",
    "x": 720,
    "y": 1320,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "d527280e7b6827e9",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "debug 7",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "false",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 720,
    "y": 1380,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "e67e7839e9186549",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Float to Buffer",
    "func": "var payload = msg.payload;\nvar buf = Buffer.alloc(4);\nbuf.writeFloatBE(payload).toFixed(1);\nmsg.payload = buf;\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 320,
    "y": 1360,
    "wires": [
      [
        "8254fd70e318d42e"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "8254fd70e318d42e",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",

```

```

    "name": "Buffer to float",
    "func": "const buf = msg.payload;\nconst value = buf.readUInt16BE(0);\nmsg.payload = value;\nreturn
msg;";
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 530,
    "y": 1360,
    "wires": [
      [
        "d527280e7b6827e9",
        "2bb0bc0e2afb5127"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "36fd11198f0df6c4",
    "type": "ui_text_input",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "label": "Уставка",
    "tooltip": "",
    "group": "6c2dade0737c94a0",
    "order": 4,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "passthru": true,
    "mode": "number",
    "delay": 300,
    "topic": "topic",
    "sendOnBlur": true,
    "className": "",
    "topicType": "msg",
    "x": 120,
    "y": 1460,
    "wires": [
      [
        "2454a9b2044c5752"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "8fdb7bc7a59e60a5",
    "type": "modbustcp-write",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "write tp",
    "topic": "",
    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "25",
    "server": "a1af16481b727939",
    "x": 720,
    "y": 1420,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "a9b886f3f2f877e4",
    "type": "debug",

```

```

    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "debug 8",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "false",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 720,
    "y": 1480,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "2454a9b2044c5752",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Float to Buffer",
    "func": "var payload = msg.payload;\nvar buf = Buffer.alloc(4);\nbuf.writeFloatBE(payload).toFixed(1);\nmsg.payload = buf;\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 320,
    "y": 1460,
    "wires": [
      [
        "106e7f556e2cc3b4"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "106e7f556e2cc3b4",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Buffer to float",
    "func": "const buf = msg.payload;\nconst value = buf.readUInt16BE(0);\nmsg.payload = value; \nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 530,
    "y": 1460,
    "wires": [
      [
        "a9b886f3f2f877e4",
        "8fdb7bc7a59e60a5"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "fc0e8ced50ce3d2e",
    "type": "ui_text_input",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",

```

```

    "label": "Уставка",
    "tooltip": "",
    "group": "94879de26c6dcb14",
    "order": 4,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "passthru": true,
    "mode": "number",
    "delay": 300,
    "topic": "topic",
    "sendOnBlur": true,
    "className": "",
    "topicType": "msg",
    "x": 120,
    "y": 1560,
    "wires": [
      [
        "5ac73b2c97f8a52a"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "6f22917ac80bcfc3",
    "type": "modbustcp-write",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "write Fnk",
    "topic": "",
    "dataType": "HoldingRegister",
    "adr": "27",
    "server": "a1af16481b727939",
    "x": 720,
    "y": 1520,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "840e01ffeeec737a",
    "type": "debug",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "debug 9",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "false",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 720,
    "y": 1580,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "5ac73b2c97f8a52a",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Float to Buffer",
    "func": "var payload = msg.payload;\nvar buf = Buffer.alloc(4);\nbuf.writeFloatBE(payload).toFixed(1);\nmsg.payload = buf;\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,

```



```

    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 320,
    "y": 1560,
    "wires": [
      [
        "503a9ffaa7e5f1c2"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "503a9ffaa7e5f1c2",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "Buffer to float",
    "func": "const buf = msg.payload;\nconst value = buf.readUInt16BE(0);\nmsg.payload = value; \nreturn
msg;\"",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 530,
    "y": 1560,
    "wires": [
      [
        "840e01ffeeee737a",
        "6f22917ac80bcfc3"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "3f9527f4759987e8",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "2 chart",
    "func": "var msg2 = {};\nvar msg3 = {};\n\nmsg2.payload = 26.358;\nmsg2.topic = 'High
level';\n\nmsg3.payload = 21.173;\nmsg3.topic = 'Low level';\n\nreturn [msg2, msg3];\"",
    "outputs": 2,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 730,
    "y": 680,
    "wires": [
      [
        "e8d084e28defaf79"
      ],
      [
        "e8d084e28defaf79"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "ac11b4f585c0169a",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",

```

```

    "name": "Sz",
    "func": "msg.topic = 'Sz'\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 570,
    "y": 560,
    "wires": [
      [
        "e8d084e28defaf79",
        "3f9527f4759987e8"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "812fd5303ea97dd8",
    "type": "switch",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "property": "payload",
    "propertyType": "msg",
    "rules": [
      {
        "t": "btwn",
        "v": "21.173",
        "vt": "num",
        "v2": "26.358",
        "v2t": "num"
      },
      {
        "t": "gte",
        "v": "26.358",
        "vt": "num"
      },
      {
        "t": "lte",
        "v": "21.173",
        "vt": "num"
      }
    ],
    "checkall": "true",
    "repair": false,
    "outputs": 3,
    "x": 750,
    "y": 740,
    "wires": [
      [
        "ca8b7a148e7321bb"
      ],
      [
        "fbddf53349db09c4"
      ],
      [
        "66541ddc6ce93d49"
      ]
    ]
  },
},

```

```

{
  "id": "ca8b7a148e7321bb",
  "type": "change",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "",
  "rules": [
    {
      "t": "set",
      "p": "payload",
      "pt": "msg",
      "to": "HOPMA",
      "tot": "str"
    },
    {
      "t": "set",
      "p": "color",
      "pt": "msg",
      "to": "GREEN",
      "tot": "str"
    }
  ],
  "action": "",
  "property": "",
  "from": "",
  "to": "",
  "reg": false,
  "x": 940,
  "y": 740,
  "wires": [
    [
      "5ee8779bc85c1e7d"
    ]
  ]
},
{
  "id": "5ee8779bc85c1e7d",
  "type": "ui_text",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "group": "ad3e1f299dbd1225",
  "order": 2,
  "width": 3,
  "height": 1,
  "name": "",
  "label": "",
  "format": "<font color={{msg.color}}>{{msg.payload}}</font>",
  "layout": "row-spread",
  "className": "",
  "x": 1170,
  "y": 800,
  "wires": []
},
{
  "id": "fbddf53349db09c4",
  "type": "change",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "",
  "rules": [
    {
      "t": "set",

```

```

        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "ВИЩЕ НОРМИ",
        "tot": "str"
    },
    {
        "t": "set",
        "p": "color",
        "pt": "msg",
        "to": "RED",
        "tot": "str"
    }
],
"action": "",
"property": "",
"from": "",
"to": "",
"reg": false,
"x": 940,
"y": 780,
"wires": [
    [
        "5ee8779bc85c1e7d"
    ]
]
},
{
    "id": "66541ddc6ce93d49",
    "type": "change",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "rules": [
        {
            "t": "set",
            "p": "payload",
            "pt": "msg",
            "to": "НИЖЧЕ НОРМИ",
            "tot": "str"
        },
        {
            "t": "set",
            "p": "color",
            "pt": "msg",
            "to": "RED",
            "tot": "str"
        }
    ]
},
"action": "",
"property": "",
"from": "",
"to": "",
"reg": false,
"x": 940,
"y": 820,
"wires": [
    [
        "5ee8779bc85c1e7d"
    ]
]
]

```

```

    },
    {
      "id": "8253601eef365e30",
      "type": "function",
      "z": "dfd175e1a884e5eb",
      "name": "Fnk",
      "func": "msg.topic = 'Fnk'\nreturn msg;",
      "outputs": 1,
      "noerr": 0,
      "initialize": "",
      "finalize": "",
      "libs": [],
      "x": 590,
      "y": 960,
      "wires": [
        [
          "c67981f1e2bf3124"
        ]
      ]
    },
    {
      "id": "e6bb6ea925e8be80",
      "type": "function",
      "z": "dfd175e1a884e5eb",
      "name": "2 chart",
      "func": "var msg4 = {};\nvar msg5 = {};\n\nmsg4.payload = 1.2823;\nmsg4.topic = 'High\nlevel';\n\nmsg5.payload = 0.468;\nmsg5.topic = 'Low level';\n\nreturn [msg4, msg5];",
      "outputs": 2,
      "noerr": 0,
      "initialize": "",
      "finalize": "",
      "libs": [],
      "x": 870,
      "y": 1020,
      "wires": [
        [
          "c67981f1e2bf3124"
        ],
        [
          "c67981f1e2bf3124"
        ]
      ]
    },
    {
      "id": "ac6f5c22d766b7f7",
      "type": "switch",
      "z": "dfd175e1a884e5eb",
      "name": "",
      "property": "payload",
      "propertyType": "msg",
      "rules": [
        {
          "t": "btwn",
          "v": "0.468",
          "vt": "num",
          "v2": "1.2823",
          "v2t": "num"
        }
      ]
    }
  ],
  {

```

```

        "t": "gt",
        "v": "1.2823",
        "vt": "num"
    },
    {
        "t": "lt",
        "v": "0.468",
        "vt": "num"
    }
],
"checkall": "true",
"repair": false,
"outputs": 3,
"x": 770,
"y": 900,
"wires": [
    [
        "d5c312275573016f"
    ],
    [
        "506bf728be52d64c"
    ],
    [
        "b258087d579d2ac6"
    ]
]
},
{
    "id": "d5c312275573016f",
    "type": "change",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "rules": [
        {
            "t": "set",
            "p": "payload",
            "pt": "msg",
            "to": "HOPMA",
            "tot": "str"
        },
        {
            "t": "set",
            "p": "color",
            "pt": "msg",
            "to": "GREEN",
            "tot": "str"
        }
    ],
    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 960,
    "y": 880,
    "wires": [
        [
            "2759f2e0a30589ed"
        ]
    ]
}

```

```

]
},
{
  "id": "2759f2e0a30589ed",
  "type": "ui_text",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "group": "94879de26c6dcb14",
  "order": 2,
  "width": 3,
  "height": 1,
  "name": "",
  "label": "",
  "format": "<font color={{msg.color}}>{{msg.payload}}</font>",
  "layout": "row-spread",
  "className": "",
  "x": 1170,
  "y": 900,
  "wires": []
},
{
  "id": "506bf728be52d64c",
  "type": "change",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "",
  "rules": [
    {
      "t": "set",
      "p": "payload",
      "pt": "msg",
      "to": "ВИЩЕ НОРМИ",
      "tot": "str"
    },
    {
      "t": "set",
      "p": "color",
      "pt": "msg",
      "to": "RED",
      "tot": "str"
    }
  ],
  "action": "",
  "property": "",
  "from": "",
  "to": "",
  "reg": false,
  "x": 960,
  "y": 920,
  "wires": [
    [
      "2759f2e0a30589ed"
    ]
  ]
},
{
  "id": "b258087d579d2ac6",
  "type": "change",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "",
  "rules": [

```

```

    {
      "t": "set",
      "p": "payload",
      "pt": "msg",
      "to": "НИЖЧЕ НОРМИ",
      "tot": "str"
    },
    {
      "t": "set",
      "p": "color",
      "pt": "msg",
      "to": "RED",
      "tot": "str"
    }
  ],
  "action": "",
  "property": "",
  "from": "",
  "to": "",
  "reg": false,
  "x": 960,
  "y": 960,
  "wires": [
    [
      "2759f2e0a30589ed"
    ]
  ]
},
{
  "id": "c046509ac43024dc",
  "type": "function",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "tp",
  "func": "msg.topic = 'tp'\nreturn msg;",
  "outputs": 1,
  "noerr": 0,
  "initialize": "",
  "finalize": "",
  "libs": [],
  "x": 570,
  "y": 400,
  "wires": [
    [
      "d11ff859d448c95",
      "4275546a8d103a01",
      "f0a85f9d76a3c425",
      "742678ebc0a49ba5",
      "f09c5111697f83b6",
      "d9ba7e7a2f32c5dd"
    ]
  ]
},
{
  "id": "f09c5111697f83b6",
  "type": "switch",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "switch20",
  "property": "payload",
  "propertyType": "msg",

```



```

“rules”: [
  {
    “t”: “btwn”,
    “v”: “10.0”,
    “vt”: “num”,
    “v2”: “12.27”,
    “v2t”: “num”
  },
  {
    “t”: “gt”,
    “v”: “12.57”,
    “vt”: “num”
  },
  {
    “t”: “lt”,
    “v”: “10.0”,
    “vt”: “num”
  }
],
“checkall”: “true”,
“repair”: false,
“outputs”: 3,
“x”: 980,
“y”: 420,
“wires”: [
  [
    “8d6fbbb3509ff8b3”
  ],
  [
    “4272b2cfe9f51b3a”
  ],
  [
    “ef79df18a567f4ea”
  ]
]
},
{
  “id”: “8d6fbbb3509ff8b3”,
  “type”: “change”,
  “z”: “dfd175e1a884e5eb”,
  “name”: “”,
  “rules”: [
    {
      “t”: “set”,
      “p”: “payload”,
      “pt”: “msg”,
      “to”: “HOPMA”,
      “tot”: “str”
    },
    {
      “t”: “set”,
      “p”: “color”,
      “pt”: “msg”,
      “to”: “GREEN”,
      “tot”: “str”
    }
  ],
  “action”: “”,
  “property”: “”,

```

```

    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 1200,
    "y": 380,
    "wires": [
      [
        "471023019100fed4"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "4272b2cfe9f51b3a",
    "type": "change",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "rules": [
      {
        "t": "set",
        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "ВИЩЕ НОРМИ",
        "tot": "str"
      },
      {
        "t": "set",
        "p": "color",
        "pt": "msg",
        "to": "RED",
        "tot": "str"
      }
    ],
    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 1200,
    "y": 420,
    "wires": [
      [
        "471023019100fed4"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "ef79df18a567f4ea",
    "type": "change",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "rules": [
      {
        "t": "set",
        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "НИЖЧЕ НОРМИ",
        "tot": "str"
      }
    ],
    {

```

```

        "t": "set",
        "p": "color",
        "pt": "msg",
        "to": "RED",
        "tot": "str"
    }
],
"action": "",
"property": "",
"from": "",
"to": "",
"reg": false,
"x": 1200,
"y": 460,
"wires": [
    [
        "471023019100fed4"
    ]
]
},
{
    "id": "471023019100fed4",
    "type": "ui_text",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "group": "6c2dade0737c94a0",
    "order": 2,
    "width": 3,
    "height": 1,
    "name": "",
    "label": "",
    "format": "<font color={{msg.color}}>{{msg.payload}}</font>",
    "layout": "row-spread",
    "className": "",
    "x": 1450,
    "y": 420,
    "wires": []
},
{
    "id": "d11fff859d448c95",
    "type": "function",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "2 chart20",
    "func": "var msg6 = {};\nvar msg7 = {};\n\nmsg6.payload = 12.57;\nmsg6.topic = 'High\nlevel';\n\nmsg7.payload = 10;\nmsg7.topic = 'Low level';\n\nreturn [msg6, msg7];\n",
    "outputs": 2,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 1120,
    "y": 120,
    "wires": [
        [],
        []
    ]
},
{
    "id": "4275546a8d103a01",
    "type": "function",

```

```

    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "2 chart16",
    "func": "var msg11 = {}; \nvar msg12 = {}; \n\nmsg11.payload = 10.66; \nmsg11.topic = 'High
level'; \n\nmsg12.payload = 8.74; \nmsg12.topic = 'Low level'; \n\nreturn [msg11, msg12];",
    "outputs": 2,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 1120,
    "y": 60,
    "wires": [
      [
        "742678ebc0a49ba5"
      ],
      [
        "742678ebc0a49ba5"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "f0a85f9d76a3c425",
    "type": "switch",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "switch16",
    "property": "payload",
    "propertyType": "msg",
    "rules": [
      {
        "t": "btwn",
        "v": "8.74",
        "vt": "num",
        "v2": "10.66",
        "v2t": "num"
      },
      {
        "t": "gt",
        "v": "10.66",
        "vt": "num"
      },
      {
        "t": "lt",
        "v": "8.74",
        "vt": "num"
      }
    ]
  },
  "checkall": "true",
  "repair": false,
  "outputs": 3,
  "x": 980,
  "y": 320,
  "wires": [
    [
      "70ad9de4d61e0058"
    ],
    [
      "66d840f1125bf9dd"
    ],
    [

```

```

        "42e4545ba095e694"
    ]
}
{
    "id": "70ad9de4d61e0058",
    "type": "change",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "rules": [
        {
            "t": "set",
            "p": "payload",
            "pt": "msg",
            "to": "НОРМА",
            "tot": "str"
        },
        {
            "t": "set",
            "p": "color",
            "pt": "msg",
            "to": "GREEN",
            "tot": "str"
        }
    ],
    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 1200,
    "y": 260,
    "wires": [
        [
            "471023019100fed4"
        ]
    ]
},
{
    "id": "66d840f1125bf9dd",
    "type": "change",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "rules": [
        {
            "t": "set",
            "p": "payload",
            "pt": "msg",
            "to": "ВИЩЕ НОРМИ",
            "tot": "str"
        },
        {
            "t": "set",
            "p": "color",
            "pt": "msg",
            "to": "RED",
            "tot": "str"
        }
    ],
}

```

```

    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 1200,
    "y": 300,
    "wires": [
      [
        "471023019100fed4"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "42e4545ba095e694",
    "type": "change",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "rules": [
      {
        "t": "set",
        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "НИЖЧЕ НОРМИ",
        "tot": "str"
      },
      {
        "t": "set",
        "p": "color",
        "pt": "msg",
        "to": "RED",
        "tot": "str"
      }
    ]
  },
  "action": "",
  "property": "",
  "from": "",
  "to": "",
  "reg": false,
  "x": 1200,
  "y": 340,
  "wires": [
    [
      "471023019100fed4"
    ]
  ]
},
{
  "id": "be0da323edba0c54",
  "type": "ui_switch",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "",
  "label": "switch16",
  "tooltip": "",
  "group": "1fd75939935c5d57",
  "order": 2,
  "width": 5,
  "height": 1,
  "passthru": true,

```

```

    "decouple": "false",
    "topic": "topic16",
    "topicType": "msg",
    "style": "",
    "onvalue": "true",
    "onvalueType": "bool",
    "onicon": "",
    "oncolor": "",
    "offvalue": "false",
    "offvalueType": "bool",
    "officon": "",
    "offcolor": "",
    "animate": false,
    "className": "",
    "x": 780,
    "y": 60,
    "wires": [
      [
        "22c504906dd3c4b2",
        "812fd5303ea97dd8",
        "ac6f5c22d766b7f7"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "fa2716f588ce4718",
    "type": "ui_switch",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "label": "switch20",
    "tooltip": "",
    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 5,
    "width": 5,
    "height": 1,
    "passthru": true,
    "decouple": "false",
    "topic": "topic20",
    "topicType": "msg",
    "style": "",
    "onvalue": "1",
    "onvalueType": "str",
    "onicon": "",
    "oncolor": "",
    "offvalue": "0",
    "offvalueType": "str",
    "officon": "",
    "offcolor": "",
    "animate": false,
    "className": "",
    "x": 780,
    "y": 140,
    "wires": [
      [
        "9535634e4ed88e93",
        "812fd5303ea97dd8",
        "ac6f5c22d766b7f7"
      ]
    ]
  }
]

```

```

    },
    {
      "id": "9535634e4ed88e93",
      "type": "switch",
      "z": "dfd175e1a884e5eb",
      "name": "",
      "property": "payload",
      "propertyType": "msg",
      "rules": [
        {
          "t": "eq",
          "v": "1",
          "vt": "str"
        },
        {
          "t": "eq",
          "v": "0",
          "vt": "str"
        }
      ],
      "checkall": "true",
      "repair": false,
      "outputs": 2,
      "x": 930,
      "y": 140,
      "wires": [
        [],
        []
      ]
    },
    {
      "id": "22c504906dd3c4b2",
      "type": "switch",
      "z": "dfd175e1a884e5eb",
      "name": "",
      "property": "payload",
      "propertyType": "msg",
      "rules": [
        {
          "t": "true"
        },
        {
          "t": "false"
        }
      ],
      "checkall": "true",
      "repair": false,
      "outputs": 2,
      "x": 930,
      "y": 60,
      "wires": [
        [],
        []
      ]
    },
    {
      "id": "681642c4d48445ae",
      "type": "function",
      "z": "dfd175e1a884e5eb",

```



```

    "name": "2 chart25",
    "func": "var msg16 = {}; \nvar msg17 = {}; \n\nmsg16.payload = 13.01; \nmsg16.topic = 'High
level'; \n\nmsg17.payload = 10.4; \nmsg17.topic = 'Low level'; \n\nreturn [msg16, msg17]; \n",
    "outputs": 2,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 1120,
    "y": 180,
    "wires": [
      [],
      []
    ]
  },
  {
    "id": "287bfc88e1c7fb83",
    "type": "ui_switch",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "label": "switch25",
    "tooltip": "",
    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 3,
    "width": 5,
    "height": 1,
    "passthru": true,
    "decouple": "false",
    "topic": "topic20",
    "topicType": "msg",
    "style": "",
    "onvalue": "true",
    "onvalueType": "bool",
    "onicon": "",
    "oncolor": "",
    "offvalue": "false",
    "offvalueType": "bool",
    "officon": "",
    "offcolor": "",
    "animate": false,
    "className": "",
    "x": 780,
    "y": 200,
    "wires": [
      [
        "3fa4925432ee87b3",
        "ac6f5c22d766b7f7"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "3fa4925432ee87b3",
    "type": "switch",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "property": "payload",
    "propertyType": "msg",
    "rules": [
      {

```

```

        "t": "true"
      },
      {
        "t": "false"
      }
    ],
    "checkall": "true",
    "repair": false,
    "outputs": 2,
    "x": 930,
    "y": 200,
    "wires": [
      [
        "681642c4d48445ae"
      ],
      []
    ]
  },
  {
    "id": "d9ba7e7a2f32c5dd",
    "type": "switch",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "switch25",
    "property": "payload",
    "propertyType": "msg",
    "rules": [
      {
        "t": "btwn",
        "v": "10.4",
        "vt": "num",
        "v2": "13.1",
        "v2t": "num"
      },
      {
        "t": "gt",
        "v": "13.1",
        "vt": "num"
      },
      {
        "t": "lt",
        "v": "10.4",
        "vt": "num"
      }
    ],
    "checkall": "true",
    "repair": false,
    "outputs": 3,
    "x": 980,
    "y": 500,
    "wires": [
      [
        "6f4df631409c5314"
      ],
      [
        "9cfa293022b3497a"
      ],
      [
        "e524fcb464b089ab"
      ]
    ]
  }
}

```

```

]
},
{
  "id": "6f4df631409c5314",
  "type": "change",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "",
  "rules": [
    {
      "t": "set",
      "p": "payload",
      "pt": "msg",
      "to": "HOPMA",
      "tot": "str"
    },
    {
      "t": "set",
      "p": "color",
      "pt": "msg",
      "to": "GREEN",
      "tot": "str"
    }
  ],
  "action": "",
  "property": "",
  "from": "",
  "to": "",
  "reg": false,
  "x": 1200,
  "y": 500,
  "wires": [
    [
      "471023019100fed4"
    ]
  ]
},
{
  "id": "9cfa293022b3497a",
  "type": "change",
  "z": "dfd175e1a884e5eb",
  "name": "",
  "rules": [
    {
      "t": "set",
      "p": "payload",
      "pt": "msg",
      "to": "ВИЩЕ НОРМИ",
      "tot": "str"
    },
    {
      "t": "set",
      "p": "color",
      "pt": "msg",
      "to": "RED",
      "tot": "str"
    }
  ],
  "action": "",
  "property": "",

```

```

    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 1200,
    "y": 540,
    "wires": [
      [
        "471023019100fed4"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "c524fcb464b089ab",
    "type": "change",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "",
    "rules": [
      {
        "t": "set",
        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "НИЖЧЕ НОРМИ",
        "tot": "str"
      },
      {
        "t": "set",
        "p": "color",
        "pt": "msg",
        "to": "RED",
        "tot": "str"
      }
    ],
    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 1200,
    "y": 580,
    "wires": [
      [
        "471023019100fed4"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "6a7de1bd5e8cc0c9",
    "type": "ui_spacer",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "spacer",
    "group": "b770603dba1c57c4",
    "order": 2,
    "width": 1,
    "height": 1
  },
  {
    "id": "a9ba3f213eafb28c",
    "type": "ui_spacer",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
  }

```

```

    "name": "spacer",
    "group": "6c2dade0737c94a0",
    "order": 3,
    "width": 2,
    "height": 1
  },
  {
    "id": "76cbdd4b39214f24",
    "type": "ui_spacer",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "spacer",
    "group": "ad3e1f299dbd1225",
    "order": 3,
    "width": 2,
    "height": 1
  },
  {
    "id": "085db69b69f95d7a",
    "type": "ui_spacer",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "spacer",
    "group": "94879de26c6dcb14",
    "order": 3,
    "width": 2,
    "height": 1
  },
  {
    "id": "c3d5254424fd9338",
    "type": "ui_spacer",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "spacer",
    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 4,
    "width": 3,
    "height": 1
  },
  {
    "id": "8b74f3eb101443b4",
    "type": "ui_spacer",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "spacer",
    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 6,
    "width": 8,
    "height": 1
  },
  {
    "id": "67669fe8d0fed476",
    "type": "ui_spacer",
    "z": "dfd175e1a884e5eb",
    "name": "spacer",
    "group": "1fd75939935c5d57",
    "order": 7,
    "width": 18,
    "height": 1
  },
  {
    "id": "a1af16481b727939",
    "type": "modbustcp-server",

```

```

    "name": "PLC",
    "host": "127.0.0.1",
    "port": "502",
    "unit_id": "1",
    "reconnecttimeout": ""
  },
  {
    "id": "351eb83acc7c5bcb",
    "type": "gauth",
    "name": "rpi-ser-butter@rpibutter.iam.gserviceaccount.com"
  },
  {
    "id": "1fd75939935c5d57",
    "type": "ui_group",
    "name": "Date and Time",
    "tab": "1e6edeea7d92beb0",
    "order": 1,
    "disp": true,
    "width": 18,
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "50129d4e51b57635",
    "type": "ui_group",
    "name": "Cream ripening temperature",
    "tab": "b67309ab848e3b41",
    "order": 3,
    "disp": true,
    "width": 5,
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "6c2dade0737c94a0",
    "type": "ui_group",
    "name": "Cream supply temperature",
    "tab": "b67309ab848e3b41",
    "order": 4,
    "disp": true,
    "width": 5,
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "ad3e1f299dbd1225",
    "type": "ui_group",
    "name": "Frequency",
    "tab": "b67309ab848e3b41",
    "order": 5,
    "disp": true,
    "width": 5,
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "94879de26c6dcb14",
    "type": "ui_group",
    "name": "Normalizing component ",

```

```

    "tab": "b67309ab848e3b41",
    "order": 6,
    "disp": true,
    "width": 5,
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "744ee07a6b336556",
    "type": "ui_group",
    "name": "Date and Time",
    "tab": "b67309ab848e3b41",
    "order": 1,
    "disp": true,
    "width": 5,
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "9aea76ee5afeccad",
    "type": "ui_group",
    "name": "Fatnes",
    "tab": "b67309ab848e3b41",
    "order": 2,
    "disp": true,
    "width": 5,
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "1e6edeea7d92beb0",
    "type": "ui_tab",
    "name": "Charts",
    "icon": "dashboard",
    "order": 2,
    "disabled": false,
    "hidden": false
  },
  {
    "id": "b67309ab848e3b41",
    "type": "ui_tab",
    "name": "Parameters",
    "icon": "dashboard",
    "order": 1,
    "disabled": false,
    "hidden": false
  }
}

```

]

Додаток Е

Програмний код на мові JSON
створення Telegram-бота процесу

```
[
  {
    "id": "632c880ba7064ac3",
    "type": "tab",
    "label": "Butter Telegram Bot",
    "disabled": false,
    "info": "",
    "env": []
  },
  {
    "id": "7a27d84974453ab8",
    "type": "function",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "показати команди",
    "func": "let txtmsg = `Привіт. Я Bot процесу!\\r\\n`;\\ntxtmsg += `\\r\\n` - отримання плинних значень\\r\\n`;\\nmsg.payload.content = txtmsg;\\nreturn msg;\\n",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 310,
    "y": 60,
    "wires": [
      [
        "ec8ddba4a13260be"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "ec8ddba4a13260be",
    "type": "telegram sender",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "",
    "bot": "c21983512f7947aa",
    "haserroroutput": false,
    "outputs": 1,
    "x": 530,
    "y": 60,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "508a19fb81d7a16f",
    "type": "telegram command",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "/pv",
    "command": "/pv",
    "description": "",
    "registercommand": false,
  }
]
```



```

    "language": "",
    "scope": "default",
    "bot": "c21983512f7947aa",
    "strict": false,
    "hasresponse": true,
    "userregex": false,
    "removeregecommand": false,
    "outputs": 2,
    "x": 90,
    "y": 140,
    "wires": [
      [
        "8c6ddf4a78e09927",
        "2c439915e9bd6548",
        "beaf5d7015dc842",
        "f042da015bd8eed9",
        "e88b1efd816b02a8"
      ],
      []
    ]
  },
  {
    "id": "d850bdb1706d8a3",
    "type": "change",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "",
    "rules": [
      {
        "t": "set",
        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "payload",
        "tot": "msg"
      }
    ],
    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 480,
    "y": 140,
    "wires": [
      [
        "b8c549d20486b296"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "ce325a3a5eb926f9",
    "type": "telegram sender",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "",
    "bot": "c21983512f7947aa",
    "haserroroutput": false,
    "outputs": 1,
    "x": 910,
    "y": 300,
    "wires": [

```

```

    []
  ]
},
{
  "id": "b8c549d20486b296",
  "type": "function",
  "z": "632c880ba7064ac3",
  "name": "Fv",
  "func": "msg.payload= {\n chatId: '885360091',\n type: 'message',\n content: msg.payload + \"
Жирність вершків\"\n}\nreturn msg;",
  "outputs": 1,
  "noerr": 0,
  "initialize": "",
  "finalize": "",
  "libs": [],
  "x": 670,
  "y": 140,
  "wires": [
    [
      "ce325a3a5eb926f9"
    ]
  ]
},
{
  "id": "99dd2017b1368524",
  "type": "change",
  "z": "632c880ba7064ac3",
  "name": "",
  "rules": [
    {
      "t": "set",
      "p": "payload",
      "pt": "msg",
      "to": "payload",
      "tot": "msg"
    }
  ],
  "action": "",
  "property": "",
  "from": "",
  "to": "",
  "reg": false,
  "x": 480,
  "y": 200,
  "wires": [
    [
      "13208dacad6cb157"
    ]
  ]
},
{
  "id": "13208dacad6cb157",
  "type": "function",
  "z": "632c880ba7064ac3",
  "name": "td",
  "func": "msg.payload= {\n chatId: '885360091',\n type: 'message',\n content: msg.payload + \"
Температура дозрівання\"\n}\nreturn msg;",
  "outputs": 1,
  "noerr": 0,

```

```

    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 670,
    "y": 200,
    "wires": [
      [
        "ce325a3a5eb926f9"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "5e536747ace38d39",
    "type": "change",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "",
    "rules": [
      {
        "t": "set",
        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "payload",
        "tot": "msg"
      }
    ],
    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 480,
    "y": 260,
    "wires": [
      [
        "8c28da8a2b053548"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "7453a7a92779fda6",
    "type": "change",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "",
    "rules": [
      {
        "t": "set",
        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "payload",
        "tot": "msg"
      }
    ],
    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 480,
    "y": 320,

```

```

    "wires": [
      [
        "8bca9dd5f0c9a1e8"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "bbf73137c7a4d905",
    "type": "change",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "",
    "rules": [
      {
        "t": "set",
        "p": "payload",
        "pt": "msg",
        "to": "payload",
        "tot": "msg"
      }
    ],
    "action": "",
    "property": "",
    "from": "",
    "to": "",
    "reg": false,
    "x": 480,
    "y": 380,
    "wires": [
      [
        "7a30c230dfcd71ea"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "8c28da8a2b053548",
    "type": "function",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "tp",
    "func": "msg.payload= {\n  chatId: '885360091',\n  type: 'message',\n  content: msg.payload + '\n\nПочаткова температура збивання'\n}\nreturn msg;",
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 670,
    "y": 260,
    "wires": [
      [
        "ce325a3a5eb926f9"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "8bca9dd5f0c9a1e8",
    "type": "function",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "Sz",

```

```

    "func": "msg.payload= {\n  chatId: '885360091',\n  type: 'message',\n  content: msg.payload + \"\n\nЧастота збивання\"\n}\nreturn msg;";
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 670,
    "y": 320,
    "wires": [
      [
        "ce325a3a5eb926f9"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "7a30c230dfcd71ea",
    "type": "function",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "Fnk",
    "func": "msg.payload= {\n  chatId: '885360091',\n  type: 'message',\n  content: msg.payload + \"\n\nВитрата норм. компонента\"\n}\nreturn msg;";
    "outputs": 1,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 670,
    "y": 380,
    "wires": [
      [
        "ce325a3a5eb926f9"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "2c03ab1ea39f44c6",
    "type": "telegram command",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "name": "/start",
    "command": "/start",
    "description": "",
    "registercommand": false,
    "language": "",
    "scope": "default",
    "bot": "c21983512f7947aa",
    "strict": false,
    "hasresponse": true,
    "userregex": false,
    "removeregecommand": false,
    "outputs": 2,
    "x": 90,
    "y": 60,
    "wires": [
      [
        "7a27d84974453ab8"
      ],
      []
    ]
  }
]

```

```

    },
    {
      "id": "8c6ddf4a78e09927",
      "type": "GSheet",
      "z": "632c880ba7064ac3",
      "creds": "351eb83acc7c5bcb",
      "method": "get",
      "action": "",
      "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
      "cells": "Sheet1!A2",
      "flatten": false,
      "name": "",
      "x": 290,
      "y": 140,
      "wires": [
        [
          "d850bdbc1706d8a3"
        ]
      ]
    },
    {
      "id": "2c439915e9bd6548",
      "type": "GSheet",
      "z": "632c880ba7064ac3",
      "creds": "351eb83acc7c5bcb",
      "method": "get",
      "action": "",
      "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
      "cells": "Sheet1!B2",
      "flatten": false,
      "name": "",
      "x": 290,
      "y": 200,
      "wires": [
        [
          "99dd2017b1368524"
        ]
      ]
    },
    {
      "id": "beaaf5d7015dc842",
      "type": "GSheet",
      "z": "632c880ba7064ac3",
      "creds": "351eb83acc7c5bcb",
      "method": "get",
      "action": "",
      "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
      "cells": "Sheet1!C2",
      "flatten": false,
      "name": "",
      "x": 290,
      "y": 260,
      "wires": [
        [
          "5e536747aee38d39"
        ]
      ]
    }
  ],
  {

```

```

    "id": "f042da015bd8eed9",
    "type": "GSheet",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "get",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sheet1!D2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 290,
    "y": 320,
    "wires": [
      [
        "7453a7a92779fda6"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "e88b1efd816b02a8",
    "type": "GSheet",
    "z": "632c880ba7064ac3",
    "creds": "351eb83acc7c5bcb",
    "method": "get",
    "action": "",
    "sheet": "12Ap8z3drMWIhkZQ791UkKlZ_dj9H_4dZcNZrSma-vwg",
    "cells": "Sheet1!E2",
    "flatten": false,
    "name": "",
    "x": 290,
    "y": 380,
    "wires": [
      [
        "bbf73137c7a4d905"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "c21983512f7947aa",
    "type": "telegram bot",
    "botname": "http://t.me/RPI_Process_Bot",
    "usernames": "{global.get(\"usernames\")}",
    "chatids": "885360091",
    "baseapiurl": "",
    "updatemode": "polling",
    "pollinterval": "300",
    "usesocks": false,
    "sockshost": "",
    "socksprotocol": "socks5",
    "socksport": "6667",
    "socksusername": "anonymous",
    "sockspassword": "",
    "bothost": "",
    "botpath": "",
    "localbotport": "8443",
    "publicbotport": "8443",
    "privatekey": "",
    "certificate": "",
    "useselfsignedcertificate": false,

```

```
    "sslterminated": false,  
    "verboselogging": false  
  },  
  {  
    "id": "351eb83acc7c5bcb",  
    "type": "gauth",  
    "name": "rpi-ser-butter@rpibutter.iam.gserviceaccount.com"  
  }  
]
```


Додаток Ж

Акт впровадження результатів
дисертаційного дослідження на ТОВ
«ТІСЕР»



Вул. Горлівська, 200, м.Київ, Україна, 02091
(+380 44) 545-62-80, 545-62-81
www.tiser.co, e-mail: net@tiser.kiev.ua

29.12.2022р.

АКТ
про впровадження результатів дисертаційного дослідження
на здобуття наукового ступеня «доктор філософії»
Костюк Юлії Володимирівни
на тему «Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування
якості харчової продукції»

Цей акт підтверджує, що теоретичні та науково-прикладні розробки Костюк Юлії Володимирівни, що стосуються підсистеми моніторингу на основі статистичного контролю із застосуванням одномірних карт Шухарта, використовуються ТОВ «ТІСЕР» при впровадженні сучасних систем керування технологічними процесами виробництва вершкового масла методом збивання.

Доповнення інформаційно-інтелектуальних систем контролю якості продукції методами статистичного аналізу дозволяють попередити можливі відхилень у технологічному процесі на ранніх стадіях та підвищити контрольованість самого технологічного процесу та зменшити появу дефектів продукції.

Даний акт не є основою для фінансових розрахунків.






Директор ТОВ «ТІСЕР»



П.А. Дмитрук

Додаток К

Акт впровадження результатів дисертаційного дослідження на ТОВ «Гайсинський МОЛОКОЗАВОД»

 		
ТОВ «ГАЙСИНЬСЬКИЙ МОЛОКОЗАВОД»		
<p>м.Гайсин Вінницька область вул.Заводська, 45 23700</p>	<p>Тел./факс: +38 (0) 4334-22246    web: haisynmilk.com e-mail: haisynmilk@gmail.com</p>	<p>Р/р UA713209840000026008210394766 АТ «Прокредит Банк» МФО 320984 ЄДРПОУ 34309918</p>

Вих. №
Від 02.03.2023р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження здобувача вищої освіти третього освітнього рівня «доктор філософії» (PhD)

Костюк Юлії Володимирівни

на тему «Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції»

Результати наукових досліджень, що були отримані Костюк Ю.В. при написанні дисертаційного дослідження на тему «Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції», стосуються створення та впровадження інтелектуальної системи прогнозування якості продукції на основі нейро-нечітких мереж були використані на Гайсинському молокозаводі. Застосування системи прогнозування дозволило встановити оптимальні значення для керуючих параметрів процесу та мінімізувати відхилення якості продукції.

Даний акт не є основою для фінансових розрахунків.

Генеральний директор
ТОВ «Гайсинський молокозавод»




Г.В. Осадчий

Додаток Л

Акт впровадження результатів дисертаційного дослідження на ТОВ «Інженерний виробничо-технічний центр Техно-Сервіс»



Товариство з обмеженою відповідальністю
 «Інженерний виробничо-технічний центр Техно-Сервіс»
 Ідентифікаційний код 31628446
 04073, м. Київ, вул. Сирецька, 5, корпус 2, оф.318
 Тел.: 467-56-41; тел. 531-40-64
 E-mail: 7karter@gmail.com



23.03.2023

м. Київ

**Акт про впровадження результатів дисертаційного дослідження
 Костюк Юлії Володимирівни**
 на тему «Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції»

Цей акт підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Костюк Юлії Володимирівни на тему «Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції» використовується у ТОВ «ІВТЦ Техно-Сервіс» для вдосконалення інформаційно-інтелектуальної системи підприємства.

Дослідження в дисертаційній роботі Костюк Ю.В. ґрунтуються на сучасних принципах та стандартах побудови інформаційно-інтелектуальної системи із застосуванням сучасних загально-наукових та спеціальних методів досліджень. Розроблена структура інформаційно-інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень із використанням сучасних засобів у парі із хмарними технологіями дозволяє попереджувати можливе погіршення проходження процесу та вносити відповідні коригувальні дії задля підвищення якості кінцевої продукції.

Розроблені пропозиції були прийняті для впровадження в роботі ТОВ «ІВТЦ Техно-Сервіс».

Даний акт не є основою для фінансових розрахунків.

Директор ТОВ «ІВТЦ Техно-Сервіс»

Давло ВОЙЦЕХІВСЬКИЙ



Додаток М

Довідка про участь у виконанні науково-дослідної роботи



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, тел. +38 (044) 531 47 41, e-mail: knute@knute.edu.ua, код ЄДРПОУ 44470624

Зв.Ов.ДОВЗ № 458/24

На № _____

ДОВІДКА

Видана Костюк Юлії Володимирівні, аспіранту кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки Державного торговельно-економічного університету, про те, що вона дійсно з I кв. 2021 р. бере участь у виконанні науково-дослідної роботи «Моделювання інформаційно-аналітичної системи контролю якості процесу виробництва продукції» (термін виконання теми: I кв. 2021 р. – IV кв. 2024 р.).

Державний торговельно-економічний університет є правонаступником Київського національного торговельно-економічного університету.

Номер державної реєстрації НДР 0121U109155.

Особистий внесок Костюк Юлії Володимирівни:

- розроблено інформаційну підсистему контролю якості продукції з використанням карт Шухарта;
- створено нейро-нечітку мережу прогнозування вмісту вологості у вершковому маслі за допомогою пакета Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB на основі адаптивної системи виводу ANFIS;
- досліджено концептуальну модель інформаційної системи управління якістю вершкового масла, методологію інтелектуальної підтримки прийняття рішень на основі нечітких когнітивних карт;
- розроблено моделі для інформаційно-інтелектуальної системи формування та прогнозування якості продукції у вигляді діаграм функцій користувача, діяльності, вимог із застосуванням об'єктно-орієнтованого підходу змішаної методології моделювання SysML;
- запропоновано використання спеціалізованих моделей для проєктування, розробки та реалізації інформаційних систем, а також використання нейромережних моделей прогнозування якості харчової продукції.

**Проректор
з науково-педагогічної роботи
та міжнародних зв'язків**



Анжеліка ГЕРАСИМЕНКО

Фокіна Марина (044) 531 49 73

Додаток Н

Довідка про впровадження в освітній процес ДТЕУ окремих положень, висновків та пропозицій, що містяться в дисертаційному дослідженні



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, тел. +38 (044) 531 47 41, e-mail: knute@knute.edu.ua, код СДРПОУ 44470624

28.03.2023 № 490/22

На № _____

ДОВІДКА

Видана Костюк Юлії Володимирівні, аспіранту кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки Державного торговельно-економічного університету, про те, що окремі положення, висновки та пропозиції, що містяться в дисертаційному дослідженні на тему «Інформаційно-інтелектуальна система оцінки та прогнозування якості харчової продукції», застосовуються в освітньому процесі ДТЕУ при викладанні дисциплін, що закріплені за кафедрою інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки.

Костюк Юлією Володимирівною розроблено (у співавторстві) та впроваджено в освітній процес:

1. «Безпека інформаційних систем». Навчальний посібник (В. І. Пашорін, Ю. В. Костюк. – Київ : Держ. торг.-екон. ун-т, 2022. – 376 с.). Особистий внесок: автор розділів: «Кіберпростір та кібербезпека: ключові питання та визначення», «Порушники кібербезпеки», «Шкідливе програмне забезпечення та захист від руйнівних дій», «Вразливості та загрози функціонування ІТС».
2. «Інформаційні технології в юридичній практиці». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 081 «Право» та 293 «Міжнародне право».
3. «Організація комп'ютерних мереж». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».
4. «Методи і засоби передачі даних». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».
5. «Комп'ютерні мережі». Програма (ДТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 053 «Психологія».
6. «Соціотехнічна кібербезпека». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
7. «Основи кібербезпеки». Програма та робоча програма (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «магістр» спеціальності 051 «Економіка», 035 «Філологія».

Продовження Додатка Н

8. «Технології безпеки безпроводових та мобільних мереж». Програма (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «магістр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
9. «Організація комп'ютерних мереж». Опорний конспект лекцій (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти галузі знань ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
10. «Методи і засоби передачі даних». Опорний конспект лекцій (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».
11. «Організація комп'ютерних мереж». Збірник тестових завдань (КНТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».
12. «Основи кібербезпеки». Збірник тестових завдань (КНТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
13. «Функціональне та логічне програмування». Збірник тестових завдань (КНТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «магістр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки».
14. «Методи і засоби передачі даних». Збірник тестових завдань (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».
15. «Організація комп'ютерних мереж». Методичні рекомендації до самостійної роботи (КНТЕУ-2021). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 125 «Кібербезпека».
16. «Безпека інформаційних систем та мереж». Методичні рекомендації до виконання курсової роботи (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
17. «Організація комп'ютерних мереж». Методичні рекомендації до виконання курсової роботи (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
18. Програма кваліфікаційного екзамену для студентів освітнього ступеня «бакалавр» (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
19. Наскрізна програма практичної підготовки (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
20. Робоча програма з практичної підготовки 1 (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».
21. Робоча програма з практичної підготовки 2 (ДТЕУ-2022). Для здобувачів вищої освіти ОС «бакалавр» спеціальності 125 «Кібербезпека».

Довідку видано для подання до спеціалізованої вченої ради

**Проректор
з науково-педагогічної роботи
та міжнародних зв'язків**

Тетяна Божко (044) 531 77 33



Анжеліка ГЕРАСИМЕНКО

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Цюцюра М. І. Ідентифікація нестационарних динамічних процесів виробництва молочної продукції. Управління розвитком складних систем. Київ, 2021. № 48. С. 177 – 183, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.177-183](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.177-183) (*Особистий внесок*: проведено аналіз сучасних методів ідентифікації складних нестационарних динамічних систем).
2. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Інформаційна підсистема контролю якості продукції з використанням карт Шухарта. Управління розвитком складних систем. Київ, 2021. № 47. С. 190 – 195. [Doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.190-195](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.190-195). (*Особистий внесок*: побудовані контрольні карти Шухарта для діагностики та прогнозування якості вершкового масла, а саме вологості готової продукції).
3. Криворучко О., Костюк, Ю., Самойленко Ю. (2021). Сценарно-цільовий аналіз процесу виробництва вершкового масла. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (6), 66-76. [Doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.9](https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.9) (*Особистий внесок*: побудовані графи та програми процесу виробництва вершкового масла на основі сценарно-цільового аналізу).
4. Криворучко О., Костюк Ю. Структурно-функціональне моделювання процесу виробництва вершкового масла. Інформаційні технології та суспільство. 2022. Вип. 1 (3). С. 38–44. [Doi.org/10.32689/maup.it.2022.1.5](https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.1.5) (*Особистий внесок*: побудовано структурно-функціональні моделі процесу виробництва вершкового масла з точки зору інформаційних потоків).

5. Криворучко, О., Костюк, Ю. (2022). Розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішень на базі SYSML. Інформаційні технології та суспільство, (Випуск 2 (4), 58-64. Doi.org/10.32689/maur.it.2022.2.8. (*Особистий внесок*: застосовано методологію SysML для проектування інформаційної системи підтримки прийняття рішень якістю продукції, а саме процесу виробництва вершкового масла).

6. Yuliia Kostiuk, Olena Kryvoruchko, Mykola Tsiutsiura, Andrii Yerukaiev, Nadiia Rusan Research of Methods of Control and Management of the Quality of Butter on the Basis of the Neural Network // 2022 Smart Information Systems and Technologies (SIST) 28-30 April, 2022, Nur-Sultan, Kazakhstan. P. 106–110. URL: www.scopus.com. Doi.org/ 10.1109/SIST54437.2022.9945764. Scopus Indexed. (*Особистий внесок*: проаналізовано методи, які дозволять прогнозувати якість готового продукту при зміні технологічних параметрів, завдяки здатності нейромережових моделей до самонавчання).

7. Yaroslav Smitiukh, Yuliia Samoilenko, Yuliia Kostiuk, Olena Kryvoruchko and Kateryna Stepashkina: Development of a prototype of an intelligent system for predicting the quality of dairy manufacture// IEEE Intelligent Systems 2022, October 12-14, 2022, Warsaw, Poland. URL: www.scopus.com. Doi.org/ 10.1109/IS57118.2022.10019699. Scopus Indexed. (*Особистий внесок*: створено нейро-нечітку мережу прогнозування вмісту вологи у вершковому маслі).

8. Yuliia Kostiuk, Olena Kryvoruchko, Alona Desyatko, Yuliia Samoilenko, Kateryna Stepashkina, Rostislav Zakharov. Information and Intelligent Forecasting Systems Based on the Methods of Neural Network Theory // 2023 Smart Information Systems and Technologies (SIST) 04-06 May, 2023, Nur-Sultan, Kazakhstan. P. 168–173. URL: www.scopus.com. Doi.org/ 10.1109/SIST58284.2023.10223499. Scopus Indexed. (*Особистий внесок*: досліджено інформаційні та інтелектуальні системи прогнозування, які

вирішують завдання регресійного аналізу з використанням елементів теорії нейронних мереж).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Костюк, Ю.В, Криворучко, О.В, Костюк, І.В. Інформаційні інтелектуальні системи контролю якості продукції. International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»: Conference proceedings, September 25–26, 2020. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», P. 41–43. (*Особистий внесок*: досліджено структуру інформаційної інтелектуальної системи якості продукції, прогнозування процесів виробництва).

10. Костюк Ю.В., Криворучко О.В., Самойленко Ю.О. Інформаційна система формування якості продукції виробничого підприємства: матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», Київ, 26 листопада 2020 р. С. 240. (*Особистий внесок*: визначено, що моделювання системи прогнозування якості проводиться шляхом підбору архітектури нейронної мережі та алгоритму навчання).

11. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Формування підсистеми підтримки прийняття рішень процесом виробництва вершкового масла. Specialized and multidisciplinary scientific researches: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Vol. 2), December 11, 2020. Amsterdam, The Netherland: European Scientific Platform, P. 125–126. (*Особистий внесок*: визначено, що одним із ефективних шляхів удосконалення автоматизованої системи

керування технологічними процесами молокозаводу є розробка та впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень).

12. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Моделювання процесу виробництва вершкового масла. Wissenschaftliche Ergebnisse und Errungenschaften: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz (B. 1), 25 Dezember, 2020. München, Deutschland: Europäische Wissenschaftsplattform. P. 135–137. (*Особистий внесок*: на основі графа побудовано базовий програф, для побудови його проведено ретельний аналіз технологічної лінії, а результатом такого моделювання є табличні прографи та можливість визначення оптимального сценарію розвитку ситуації).

13. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. А. Система підтримки прийняття рішень з управління якістю. The driving force of science and trends in its development: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 3), January 29, 2021. Coventry, United Kingdom: European Scientific Platform. P. 22–23. (*Особистий внесок*: визначено, що контрольні карти Шухарта застосовуються для моніторингу та аналізу проходження процесу по окремих незалежних технологічних параметрів вибірок, які відповідають нормальному закону розподілу).

14. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. А., Костюк І. В. Сервіс «Інформаційна система інформаційно-технологічного супроводу». Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Нові інформаційні технології управління бізнесом». – Київ: Спілка автоматизаторів бізнесу, 2021. С. 233–236. (*Особистий внесок*: визначено оптимальне доповнення до вже наявних ліцензійних програм для автоматизації бізнес-процесів підприємства).

15. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю.О. Статистичні методи контролю якості молочної продукції. International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»: Conference proceedings, March 12–13, 2021. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2021. С.33–35. (*Особистий внесок*: доведено застосування статистичних принципів, методів і прийомів на всіх стадіях виробництва, яке направлене на своєчасне виявлення порушень процесу до того часу, коли може виникнути дефект продукції).

16. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Ефективність використання нейромережних моделей прогнозування якості харчової продукції: матеріали VIII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2021. – К: НУХТ, 2021. С. 99–100. (*Особистий внесок*: визначено, що для аналізу даних найбільш ефективним засобом є використання комбінації статистичних та нейромережних методів).

17. Криворучко О. В., Костюк Ю. В. Нейромережеве моделювання в процесах прогнозування якості харчової продукції: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Комп'ютерні технології обробки даних, 10 грудня, 2021, Вінниця. С. 75–77. (*Особистий внесок*: визначено, що різноманітність умов та вимог прогнозування зумовлюють необхідність використання методу нелінійних штучних нейронних мереж, який може використовуватись для моделювання і прогнозування показників ефективності управління прогнозуванням якості харчової продукції).

18. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Інформаційна безпека економічних систем. Глобалізаційні виклики розвитку національних економік : тези доповідей II Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 19 жовтня 2021 р.) / відп. ред. А. А. Мазаракі. – Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2021. С. 275–

278. (*Особистий внесок*: визначено, що стабільне функціонування, зростання економічного потенціалу будь-якого підприємства залежить від надійної системи економічної безпеки).

19. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Регресійна модель якості процесу виробництва харчової продукції. Безперервна освіта як пріоритетний напрямок підвищення професійної компетентності фахівців (м. Тернопіль, Україна, 16 грудня 2021 року): науковий, методичний, інформаційний збірник Тернопільського обласного комунального інституту післядипломної педагогічної освіти /Редколегія: О. М. Петровський, В. С. Мисик, І. М. Вітенко, О. І. Когут, Ю. Ч. Шайнюк, Т. В. Магера, А. Janowski, Ф. І. Полянський, Г. І. Герасимчук, Н. Б. Стрийвус. Тернопіль: ТОКІППО, 2021. С. 222–227. (*Особистий внесок*: доведено, що регресійний аналіз вважається основним статистичним методом побудови математичних моделей об'єктів або явищ за експериментальними даними при розв'язанні задачі визначення якості процесу виробництва харчової продукції).

20. Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О., Костюк І.В. Критерії оцінювання захищеності інформаційних систем та мереж. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2021): матеріали тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2021 р.): у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. Т. 2. С. 162. (*Особистий внесок*: доведено, що для здійснення оцінки захищеності інформаційних систем складають список загроз, визначають ймовірності виникнення загроз, вводять обмеження на вартість системи захисту інформації, проводиться оцінка загального рівня захисту за допомогою математичних формул).

21. Криворучко О. В., Костюк Ю. В. Математичне моделювання якості харчової продукції з метою прийняття рішень: збірник тез V

Всеукраїнської науково-практичної конференції “Нові інформаційні технології управління бізнесом”. – Київ: Спілка автоматизаторів бізнесу, 2022. С. 153–156. (*Особистий внесок*: визначено, що підвищення ефективності управління складними організаційно-технічними і економічними системами на основі ситуаційних моделей можливе за допомогою аналізу сучасного стану системи підтримки прийняття рішень, аналізу підходів і методів математичного моделювання).

22. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Компоненти системи підтримки прийняття рішень на основі ситуаційної моделі. Digital Transformations of Modernity: Proceedings of the Multidisciplinary International Scientific-Practical Conference (January 24, 2022. Coimbra, Portugal). Chernigiv: REICST, 2022. С. 96–98. (*Особистий внесок*: визначено, що самоорганізуючі карти Кохонена використовуються для вирішення задач моделювання, прогнозування, пошуку закономірностей у великих масивах даних, виявлення наборів незалежних ознак).

23. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Методологія інтелектуальної підтримки прийняття рішень на основі нечітких когнітивних карт. Сучасні тенденції розвитку науки та освіти в умовах євроінтеграції: Міжнародна науково-практична конференція, м. Вінниця, 29-30 березня 2022 р.: тези та статті / ред.кол.: Драбовський А.Г., Дибчук Л.В. та ін. – Вінниця: Вінницький кооперативний інститут, 2022. С. 43–45. (*Особистий внесок*: розроблено узагальнену форму методів нечіткого когнітивного аналізу з урахуванням реляційного представлення нечітких зв’язків, яка використовує представлення нечітких реляційних когнітивних карт у якості узагальнення відомих типів чітких карт на основі нечіткої логіки).

24. Криворучко О.В., Костюк Ю.В. Підвищення якості прогнозування випадкових процесів на базі нейронних мереж. Економіко – правові дискусії: матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції

студентів, аспірантів та науковців, 30 квітня 2022 р. Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. С. 207–210. (*Особистий внесок*: визначено перевагу нейромережних методів в тому, що вони дають змогу відтворювати складні нелінійні залежності й виконувати прогноз управління процесами з високою ймовірністю результатів).

25. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Алгоритми формування нейронних мереж для вирішення задач моделювання та прогнозування якості. Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей дев'ятнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців, 29 квітня 2022 р. Одеса, 2022. С. 10–12. (*Особистий внесок*: визначено, що алгоритми та методи формування колективів нейронних мереж ефективно вирішують задачі моделювання та прогнозування, підвищують ефективність рішення практичних задач).

26. Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О., Костюк І.В. Особливості захисту конфіденційної інформації в професійному інформаційному середовищі. Інформація та документ у сучасному науковому дискурсі: матеріали VII Всеукраїнської дистанційної науково-практичної конференції. (Івано-Франківськ, 20 травня 2022 р.). Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2022. С. 59–63. (*Особистий внесок*: визначено, що з процесами глобалізації, розвитку електронної комерції та пов'язаних з ними можливостями для конкурентної розвідки, захист конфіденційної інформації вимагає збільшеної уваги).

27. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Костюк І.В., Повна Н.І. Застосування штучних нейронних мереж в інформаційно-інтелектуальних системах. Шості Геретівські читання: наукові статті, тези доповідей та інші матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Тернопіль, Україна, 03 червня 2022 року): науковий, методичний, інформаційний збірник Тернопільського обласного комунального інституту післядипломної педагогічної освіти / Редколегія: О. М. Петровський, В. С. Мисик, І. М.

Вітенко, О. І. Когут, Ю. Ч. Шайнюк, Т. В. Магера, А. Janowski, Ф. І. Полянський, Н. Б. Стрийвус, Г. І. Герасимчук. Тернопіль: ТОКІППО, 2022. С.152–156. (*Особистий внесок*: визначено, що інтелектуальні системи, побудовані на основі штучних нейронних мереж, дозволяють успішно вирішувати завдання розпізнавання образів, виконання прогнозів, оптимізації та управління).

28. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Оцінка якості вершкового масла на основі карт Кохонена. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС - 2022): матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. Т. 2. С. 184. (*Особистий внесок*: визначено, що для інтелектуального аналізу технологічного параметру якості вершкового масла, використаний метод карт Кохонена, які є різновидом нейронних мереж, що використовують для навчання метод без учителя).

29. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Застосування інтелектуальних інформаційних систем контролю якості вершкового масла. Матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті”, квітень – травень 2022 р. – К.: НУХТ, 2022 р. Ч.2. С. 283. (*Особистий внесок*: визначено, що апарат нейро-нечітких мереж дозволяє встановлювати багатофакторну залежність між вхідними та вихідним параметрами процесу та допомагає у прийнятті рішень щодо можливих сценаріїв керування задля підвищенням якості готового продукту).

30. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Степашкіна К. В. Покращення робочих характеристик нейромережних моделей методами структурної оптимізації. Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні

аспекти становлення (випуск 70): матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 22-23 вересня 2022 р.) / [редкол. : О. Патряк та ін.] ; ГО “Наукова спільнота”; WSSG w Przeworsku. – Тернопіль: ФО-П Шпак В.Б. С. 39–42. (*Особистий внесок*: визначено, що для підвищення якості прогнозування випадкових процесів на базі нейронних мереж важливо те, що до складу системи входять прогнозуюча нейронна мережа, блок попередньої обробки інформації, який включає ефективні алгоритми попередньої обробки інформації, що підвищують точність прогнозування з точки зору точності однофакторного та багатофакторного нейромережевого прогнозування).

31. Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Спеціалізовані моделі для проектування, розробки та реалізації інформаційних систем. Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 25 листопада 2022 [Електронний ресурс]. – К: НУХТ, 2022. С. 206–207. (*Особистий внесок*: визначено, що спеціалізоване інтегроване середовище розробки інформаційних систем на основі поєднання засобів опису діаграм UML з формальним апаратом теорії CSP-OZ використовується для побудови моделей інформаційних систем з подальшою реалізацією цих моделей на основі засобів системи управління базами даних SQL).

32. Костюк Ю.В. Розробка інтелектуальних компонентів інформаційних систем // Виклики та проблеми сучасної науки [Електронний ресурс] : зб. наук. пр. – Дніпро: [б. в.], 2023. – Т. 1. – с. 337-342. Doi.org/10.6084/m9.figshare.22886720. (*Особистий внесок*: застосовано інтеграцію інтелектуальних компонентів у сучасні інформаційні системи як стратегічний крок до підвищення їх ефективності та адаптивності).

33. Костюк Ю.В. Використання об'єктно-орієнтованої мови моделювання UML для опису процесу прийняття рішень // «Світ наукових досліджень. Випуск 20»: матеріали Міжнародної мультидисциплінарної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 20-21 червня 2023 р.) / [редкол. : О. Патряк та ін.] ; ГО “Наукова спільнота”; WSSG w Przeworsku. – Тернопіль: ФО-П Шпак В.Б. – с.232-233. (*Особистий внесок*: застосовано методології використання UML-діаграм для зручного відображення інформаційних потоків, учасників та етапів прийняття рішень).

34. Костюк Ю.В. Використання діаграми діяльності для моделювання та аналізу процесу прийняття рішень // Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 78): матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 8-9 червня 2023 р.) / [редкол. : О. Патряк та ін.] ; ГО “Наукова спільнота”; WSSG w Przeworsku. – Тернопіль : ФО-П Шпак В.Б. – с. 60-62. (*Особистий внесок*: визначено, що використання діаграм діяльності та UML, що допомагає покращити процес аналізу, проектування та розробку інформаційних систем).

35. Костюк Ю. В. Методологія проектування організаційних підсистем на основі оптимальних модульних структур на підприємстві: збірник тез VI Всеукраїнської науково-практичної конференції "Нові інформаційні технології управління бізнесом". – Київ: Спілка автоматизаторів бізнесу, 2023. С. 75–77. (*Особистий внесок*: визначено, що використання інтегрованих підходів до проектування, які об'єднують підсистеми та спрощують управління ними. Це дозволяє підприємству досягати більшої ефективності та знижувати витрати).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

36. Криворучко, О., Ю. Костюк, Ю. Самойленко, і О. Савчук. «Дослідження інформаційно-технологічної моделі виробничого процесу». *ГРААЛЬ НАУКИ*, вип. 2-3, Квітень 2021, с. 324-8. Doi.org/10.36074/grail-of-science.02.04.2021.066. (Особистий внесок: застосовано методології формально-графічного опису та моделювання сценаріїв аналізу складних систем).

37. Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О., Савчук О.В. Сучасні комп'ютерні технології для статистичних методів управління якістю // *Sciences of Europe (Praha, Czech Republic)*. VOL 1, N68. – (2021) –с. 51-55 (Редакция: Křižíkova 384/101 Karlín, 186 00 Praha). Doi.org/10.24412/3162-2364-2021-68-1-51-55. (Особистий внесок: проаналізовано інформаційні технології, які використовуються у задачах оцінки якості продукції).

38. Криворучко , О., Ю. Костюк, і Ю. Самойленко. «Концептуальна модель інформаційної системи управління якістю вершкового масла». *ГРААЛЬ НАУКИ*, вип. 1, Лютий 2021, с. 255-258. Doi.org/10.36074/grail-of-science.19.02.2021.052. (Особистий внесок: побудована діаграма послідовності етапів створення інформаційної системи контролю якості продукції).

39. Olena Kryvoruchko, Yuliia Kostiuk, Tetyana Savchenko, and Dmytro Hnatchenko. Implementation of Procedure for the Identification of Dynamic Systems Based on Neural Networks. // *Challenges and Reality of the IT-space: Software Engineering and Cybersecurity*. International Conference SECS-2022 October 25–26th, 2022. – Copyright by Institute of Bioorganic Chemistry PAS Poznań 2023. – С. 46-58. ISBN 978-83-7712-049-1 (Особистий внесок: досліджено інформаційно-інтелектуальні системи прогнозування, які вирішують задачі регресійного аналізу за допомогою елементів теорії нейронних мереж).